

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

CARRERA: INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

**TEMA:** “DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RÍO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015”.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERAS EN MEDIO AMBIENTE.

### **AUTORAS:**

Pacheco Fassler Gabriela Alejandra  
Toapanta Aviles Mery Alexandra.

### **DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. Mg. Renán Lara Landázuri

### **FECHA:**

Latacunga, Julio 2015.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, **PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA** y **TOAPANTA AVILES MERY ALEXANDRA**, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedemos nuestro derecho de propiedad intelectual correspondientes a lo desarrollado en este trabajo, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su reglamento y normativa institucional vigente.

### POSTULANTES:

.....  
Pacheco Fassler Gabriela Alejandra

C.C. 0503062119

.....  
Toapanta Aviles Mery Alexandra

C.C. 0503589657

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Yo, **Ing. Mg. RENÁN ARTURO LARA LANDÁZURI**, Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi y director de la presente tesis de grado: **“DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RÍO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015”**, de autoría de las postulantes **PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA** con C.C. 0503062119, **TOAPANTA AVILES MERY ALEXANDRA** con C.C. 0503589657, de la especialidad de Ingeniería de Medio Ambiente. **CERTIFICO:** que ha sido prolijamente revisada. Por tanto, autorizo la presentación; la misma que está de acuerdo a las normas establecidas en el **REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, vigente.

Por lo expuesto, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a su estudio, aprobación y presentación pública.

**Atentamente,**

  
.....  
**Ing. Mg. RENÁN LARA LANDÁZURI**  
DOCENTE – TUTOR DE TESIS

## CERTIFICACIÓN TRIBUNAL

En nuestra calidad de miembros del tribunal de la defensa de tesis titulada:

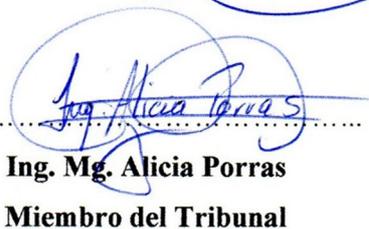
**“DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RÍO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015”** de las postulantes **PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA** con C.C. 0503062119, **TOAPANTA AVILES MERY ALEXANDRA** con C.C. 0503589657 de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la **UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES** de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**.

**CERTIFICAMOS** que se puede continuar con el trámite correspondiente. Es todo en cuanto podemos certificar en honor a la verdad.

**Atentamente,**



.....  
**MSc. Patricio Clavijo**  
**Presidente del Tribunal**



.....  
**Ing. Mg. Alicia Porras**  
**Miembro del Tribunal**



.....  
**Ing. Mg. José Andrade**  
**Opositor del Tribunal**

# CERTIFICACIÓN CENTRO DE IDIOMAS



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA Y TOAPANTA AVILÉS MERY ALEXANDRA**, cuyo título versa **“DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RIO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 - 2015”**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Junio del 2015.

Atentamente,

.....  
Lic. Verónica Alexandra Rosales Pijal  
**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**  
**C.C 100310698-4**

[www.utc.edu.ec](http://www.utc.edu.ec)

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido /San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los docentes que han sabido compartir sus conocimientos para una eficiente formación profesional y de manera especial al Ingeniero Renán Lara Landázuri. Por su acertada dirección en el proceso de este trabajo de investigación.

Queremos resaltar nuestro más sincero agradecimiento a las Ingenieras Ruth Pérez y Alicia Porras por brindarnos la guía necesaria para culminar con éxito el desarrollo de nuestro trabajo de investigación

**Gabriela Alejandra Pacheco Fassler**  
**Mery Alexandra Toapanta Aviles**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo plasmado en este documento lo dedico a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres César Pacheco y María Fassler por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

**Gabriela Alejandra Pacheco Fassler**

## **DEDICATORIA**

Con amor dedico a dios por brindarme la oportunidad de vivir cada día de mi vida, a mis padres María Avilés y Luis Toapanta que son el pilar fundamental en mis logros, por su apoyo incondicional en mis decisiones, por sus consejos y valores que me ayudaron a no rendirme y luchar por mis sueños, a mi hermano Luis Rene que desde el cielo se sentirá muy feliz por este logro alcanzado y a mis hermanos Orlando, Bolívar y Wilson por su apoyo incondicional.

**Mery Alexandra Toapanta Aviles**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
CERTIFICACIÓN TRIBUNAL.....	iv
CERTIFICACIÓN CENTRO DE IDIOMAS .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
RESUMEN.....	xv
TOPIC OF THESIS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	xviii
JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN .....	xx
OBJETIVOS.....	xxii
OBJETIVO GENERAL.....	xxii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	xxii
ANTECEDENTES .....	xxiii
CAPÍTULO I.....	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	1
1.1 Marco Teórico.....	1
1.1.1 El Agua.....	1
1.1.1.1 Definición .....	1
1.1.1.2 Importancia del Agua .....	2
1.1.1.3 Usos del Agua .....	2
1.1.2 Contaminación del Agua .....	3
1.1.2.1 Definición .....	3
1.1.2.2 Tipos de Contaminación del Agua .....	4
1.1.3 Bioindicadores .....	7
1.1.3.1 Definición .....	7
1.1.3.2 Tipos de Bioindicadores .....	8
1.1.3.3 Ventajas de los Bioindicadores .....	10
1.1.3.4 Utilidad de los Bioindicadores.....	11

1.1.3.5 Organismos Bioindicadores .....	12
1.1.4 Macroinvertebrados.....	12
1.1.4.1 Definición .....	12
1.1.4.2 Índices Biológicos de Calidad del Agua .....	15
1.1.4.3 Método de Recolección .....	17
1.1.5 Normativa Legal .....	19
1.1.5.1 Constitución del Ecuador.....	19
1.1.5.2 Ley de Gestión Ambiental.....	19
1.1.5.3 Tratados Internacionales.....	20
1.1.5.4 Leyes Orgánicas .....	21
1.1.5.5 Ley de Aguas .....	22
1.1.5.6 Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas .....	23
1.1.5.7 Reglamento para la (LPCCA) en lo Relativo al Recurso Agua.....	24
1.1.5.8 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental .....	24
1.1.6 Marco Conceptual.....	26
CAPÍTULO II.....	30
2. DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ..	30
2.1 Diseño Metodológico .....	30
2.1.1 Tipos de Investigación.....	30
2.1.1.1 Investigación Bibliográfica.....	30
2.1.1.2 Investigación de Campo .....	31
2.1.1.3 Investigación Descriptiva .....	31
2.1.2 Métodos y Técnicas.....	31
2.1.2.1 Métodos .....	31
2.1.2.2 Técnicas .....	33
2.1.3 Metodología.....	35
2.1.3.1 Metodología de la Investigación .....	35
2.1.3.2. Método de Estudio .....	37
2.1.4 Descripción del Área de Estudio.....	39
2.1.4.1 Línea Base.....	39
2.2 Interpretación de Resultados .....	54
2.2.1 Índice BMWP .....	54
2.2.2 Abundancia de Especies por Puntos .....	56
2.2.3 Resultados de la Identificación de Macroinvertebrados por Puntos de Muestreo.....	61
2.2.3.1 Punto 1. Ojo de Agua .....	61

2.2.3.2 Punto 2. Carrizal.....	62
2.2.3.3 Punto 3. CEC .....	63
2.2.3.4 Punto 4. Urbanización .....	64
2.2.3.5 Punto 5. Trajano Naranjo.....	65
2.2.3.6 Punto 6. Ignacio Flores.....	66
2.2.3.7 Punto 7. La Laguna .....	67
2.2.3.8 Punto 8. Once de Noviembre .....	68
2.2.3.9 Punto 9. Roosevelt.....	69
2.2.3.10 Punto 10. Ramón Barba Naranjo .....	70
2.2.3.11 Punto 11. Molinos Poultry .....	71
2.2.3.12 Punto 12. Desembocadura Río Cutuchi.....	72
2.2.4. Resumen de los Resultados .....	73
CAPÍTULO III .....	75
3. PROPUESTA DE DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL UBICADO EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNUYACU.....	75
3.1 Introducción.....	75
3.2 Objetivos .....	76
3.2.1 Objetivo General.....	76
3.2.2 Objetivos Específicos .....	76
3.3 Justificación .....	77
3.4 Alcance de la Propuesta .....	77
3.4.1 Delimitación del Contenido.....	77
3.4.2 Delimitación Espacial.....	77
3.5 Diseño del Humedal.....	78
3.5.1 Marco Teórico.....	78
3.5.1.1 Humedal Artificial.....	78
3.5.1.2 Componentes de un Humedal Artificial de Flujo Superficial.....	79
3.5.1.3 Mecanismos de Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales.....	84
3.5.2 Tipo de Humedal Artificial a Diseñar .....	85
3.5.2.1 Humedal Artificial Superficial.....	85
3.5.2.2 Vegetación del humedal artificial .....	86
3.5.2.3 Operación y Mantenimiento .....	89
3.5.3 Cálculos de Diseño .....	90
3.5.3.1 Cálculo del Caudal .....	90
3.5.3.2 Cálculo del Canal de Evacuación y Mantenimiento .....	92
3.5.3.3 Cálculo del Humedal Artificial.....	94

3.5.3.4 Cálculo del Volumen de Excavación, Paredes y Solera.....	95
3.5.4 Materiales Necesarios.....	99
3.5.5 Diseño del Prototipo del Humedal Artificial .....	100
3.5.5.1 Prototipo del Humedal Artificial en AutoCAD 2D.....	101
3.5.5.2 Prototipo del Humedal Artificial en AutoCAD 3D.....	102
3.5.6 Presupuesto .....	103
4. CONCLUSIONES .....	107
5. RECOMENDACIONES .....	108
6. BIBLIOGRAFÍA .....	109
Bibliografía Citada.....	109
Bibliografía Consultada .....	110
Linkografías.....	111
Bibliografía de la Línea Base .....	112
ANEXOS.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICE EPT .....	15
TABLA N° 2. LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE LA BUENA CALIDAD DEL AGUA.....	16
TABLA N° 3. VALORES DE REFERENCIA DEL ÍNDICE BMWP/COL .....	17
TABLA N° 4. PUNTOS DE MUESTREO.....	37
TABLA N° 5. COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM DEL RÍO .....	40
TABLA N° 6. UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA AEROPUERTO – LATACUNGA .....	40
TABLA N° 7. TEMPERATURA.....	41
TABLA N° 8. HUMEDAD RELATIVA.....	42
TABLA N° 9. PRECIPITACIÓN.....	43
TABLA N° 10. VELOCIDAD DEL VIENTO .....	44
TABLA N° 11. DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	44
TABLA N° 12. USO DE SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO.....	45
TABLA N° 13. TOPOGRAFÍA DEL AREA DE ESTUDIO.....	46
TABLA N° 14. CATEGORÍAS DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETA.....	47
TABLA N° 15. REGISTRO TAXONÓMICO DE ESPECIES VEGETALES DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....	50

TABLA N° 16. REGISTRO TAXONÓMICO DE ESPECIES EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN .....	53
TABLA N° 17. ÍNDICE BMWP.....	54
TABLA N° 18. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ÍNDICE BMWP .....	55
TABLA N° 19. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA).....	57
TABLA N° 20. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA) .....	58
TABLA N° 21. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA) .....	59
TABLA N° 22. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA) .....	60
TABLA N° 23. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	61
TABLA N° 24. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	62
TABLA N° 25. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	63
TABLA N° 26. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	64
TABLA N° 27. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	65
TABLA N° 28. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	66
TABLA N° 29. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	67
TABLA N° 30. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	68
TABLA N° 31. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	69
TABLA N° 32. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	70
TABLA N° 33. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	71
TABLA N° 34. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS .....	72
TABLA N° 35. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUNUYACU. 2015.....	74
TABLA N° 36. FUNCIONES DE LAS PLANTAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO ACUÁTICO.....	83
TABLA N° 37. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS MEDIOS PARA HUMEDALES.....	84
TABLA N° 38. MECANISMOS DE DEPURACIÓN PREDOMINANTES EN LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.....	85
TABLA N° 39. AFORO EN EL RÍO CUNUYACU .....	90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1. TEMPERATURA .....	41
GRÁFICO N° 2. HUMEDAD RELATIVA .....	42
GRÁFICO N° 3. PRECIPITACIÓN .....	43
GRÁFICO N° 4. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUPERFICIAL (HAFS)	78
GRÁFICO N° 5. ESQUEMA DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE LA RIZOSFERA DE LAS MACROFITAS EMERGENTES DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES .....	81
GRÁFICO N° 6. PLANTAS ACUÁTICAS UTILIZADAS PARA LA REDEMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS .....	82
GRÁFICO N° 7. AFORO DEL RÍO CUNUYACU .....	90

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N° 1. VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	49
FOTOGRAFÍA N° 2. ( <i>Cortaderia nitida</i> ) (Sigse) .....	51
FOTOGRAFÍA N° 3. ( <i>Connaceae</i> ) (Pino) .....	51
FOTOGRAFÍA N° 4. ( <i>Furcraea sp.</i> ) (Cabuya Blanca) .....	51
FOTOGRAFÍA N° 5. ( <i>Prunus serotina</i> ) (Capulí) .....	51
FOTOGRAFÍA N° 6. ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) (Eucalipto) .....	51
FOTOGRAFÍA N° 7. CARRIZO ( <i>Phragmites australis</i> ) .....	87
FOTOGRAFÍA N° 8. TOTORA ( <i>Schoenoplectus californicus</i> ) .....	88
FOTOGRAFÍA N° 9. LECHUGIN ( <i>Eichornia crassipes</i> ) .....	89

## **TEMA DE TESIS**

**“DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RIO CUNUYACU, CANTON LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014-2015”.**

**AUTORAS:** PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA  
TOAPANTA AVILES MERY ALEXANDRA  
**DIRECTOR:** ING. Mg. RENÁN LARA LANDÁZURI.

## **RESUMEN**

El área de estudio se ubica entre las coordenadas ojo de agua (Norte 9897583- Este 0768323) y su desembocadura río Cutuchi (Norte 9896032 - Este 0765436); con una altitud de 2780 msnm en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. El objetivo planteado en la investigación fue el diseño de medidas de mitigación mediante la determinación de la calidad del agua utilizando la identificación de bioindicadores del río Cunuyacu; se inició con el diagnóstico del agua del recurso hídrico en estudio, mediante la observación de campo y la utilización de la matriz de caracterización, se determinó 12 puntos tomando en consideración la accesibilidad. Realizando 3 muestreos con un intervalo de tiempo de 15 días, recolectando todos los macroinvertebrados visibles para su posterior identificación con el estereoscopio y la guía taxonómica de macroinvertebrados de ROLDAN. Determinando la calidad del agua mediante los índices BMWP y EPT. Siendo los resultados en el punto 1 según el índice BMWP la calidad del agua es aceptable y según el índice EPT es muy buena; los puntos 2, 3 y 4 según el índice BMWP el agua es dudosa y según el índice EPT son aguas buenas; en los puntos 5 hasta el 12 según el índice BMWP el agua es muy crítica mientras que según el índice EPT son aguas de mala calidad. Finalmente se diseñó un humedal artificial superficial con especies de (carrizo, totora, lechugin) para mejorar la calidad del agua del río Cunuyacu.

Ing. Mg. Renán Lara Landázuri  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **TOPIC OF THESIS**

**“DESIGN MITIGATION MEASURES THROUGH THE DETERMINATION OF WATER QUALITY USING BIO-INDICATORS OF THE CUNUYACU RIVER, LATACUNGA, COTOPAXI PROVINCE, DURING 2014-2015.”**

**AUTHORS:** PACHECO FASSLER GABRIELA ALEJANDRA.

TOAPANTA AVILES MERY ALEXANDRA.

**DIRECTOR:** ING. Mg. RENÁN LARA LANDÁZURI.

### **ABSTRACT**

The study area is located between the coordinates as a drainage water (North 9897583- East 0768323) and its flow into Cutuchi river (North 9896032 - East 0765436); with an altitude of 2780 msnm in Latacunga, Cotopaxi province. The objective proposed in this research was the design of mitigation measures by determining the water quality using the bio-indicators identification in Cunuyacu river; it began with the diagnosis of water resources, through observation and using characterization matrix, it was determined 12 points taking into consideration accessibility, it realized 3 samples with a time interval of 15 days, gathering all visible macroinvertebrates for identification with the stereoscope and macroinvertebrate taxonomic guide of ROLDAN. It determined the water quality through BMWP and EPT indexes. The results in point one (1) according to the BMWP index the quality of water is acceptable and EPT index is very good; in the points 2, 3 and 4 according to the BMWP index the water is doubtful and EPT index the water very good; in the points 5 until 12 BMWP index the water is very critical while EPT index is harmful water quality. Finally, it was designed an artificial wetland surface that used aquatic plants such as (reed, large reed and lechugin) to improve the water quality in Cunuyacu river.

Ing. Mg. Renán Lara Landázuri  
**DIRECTOR DE TESIS**

# INTRODUCCIÓN

La calidad del agua de los ríos del planeta ha sufrido en el transcurso de las últimas décadas un deterioro abrumador causado por la contaminación ambiental sea esta natural o antrópica. La provincia de Cotopaxi cuenta con un sinnúmero de efluentes dentro de los cuales podemos mencionar al río Cunuyacu que en su recorrido atraviesa una parte urbana de la ciudad de Latacunga.

El río Cunuyacu ha sufrido una fuerte actividad de contaminación lamentablemente los tiempos actuales en los que vivimos con un aumento poblacional elevado en donde el consumismo y materialismo se ven evidenciados en el crecimiento de la ciudad, están generando cambios en el entorno natural y paisajístico principalmente en el recurso agua, mismo que se ve afectado por un sin número de factores, tales como tala de bosques, avance de la frontera agrícola, erosión del suelo, crecimiento urbano, la agricultura y ganadería a gran escala, entre otros; o tratados simplemente como sumideros de descarga doméstica y aguas residuales.

La presente investigación expresa la problemática existente relacionada a la contaminación ambiental del agua en el río Cunuyacu y la determinación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados (bioindicadores) ya que es necesario conocer el nivel de afectación del mismo. La utilización de macroinvertebrados para evaluar la calidad de agua ha venido ganando notoriedad y es actualmente aceptada como una herramienta biológica moderna.

De esta manera se establecen ciertos bioindicadores que permiten diagnosticar la calidad de las aguas; uno de estos bioindicadores son los macroinvertebrados ya que habitan en diferentes ecosistemas acuáticos y que con su presencia o ausencia nos indican la calidad del agua que se tiene en el tramo de estudio que puede ser originada en un tiempo y espacio determinado.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

De toda el agua del planeta, sólo el 1% es útil para los seres vivos. Ese pequeño porcentaje es un bien necesario e importante para la supervivencia de los organismos del mundo, por lo tanto debe considerarse como un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro. Roldán (1988) señala que en las últimas décadas los ecosistemas acuáticos continentales son los que han sufrido los impactos causados por la actividad humana. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez más grande, tienen como destino final los ríos, y en último término, el mar. Por estos motivos la fauna de muchos ríos del mundo ha desaparecido o se ha visto sustancialmente reducida. SENAGUA, manifiesta que la disponibilidad de agua en la tierra, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua segura, las enfermedades por agua contaminada mata a más de 4 millones de niños al año, el 20% de todas las especies acuáticas de aguas frescas están extintas o en peligro de desaparecer.

SENAGUA, en Ecuador menciona que, gran cantidad de aguas negras provienen de los drenajes municipales de las ciudades del país, aportan diversos contaminantes como grasas y aceites, detergentes, materia orgánica y varios microorganismos parásitos, las aguas residuales agrícolas en gran parte del territorio nacional, se caracterizan por su elevado contenido de fosfatos y nitratos procedentes de fertilizantes, así como de una amplia gama de plaguicidas, pesticidas y agentes biocidas en general.

El río Cunuyacu es uno de los afluentes que desembocan en la micro cuenca del río Cutuchi, por lo que las actividades antrópicas es una de las principales causas de contaminación como se indica en el estudio realizado “Manejo integral de los recursos hídricos y tratamiento de las aguas servidas –Cuenca del río Cutuchi”

realizado por el gobierno de Bélgica, la alta concentración de grasas y aceites presentes en la micro cuenca del río Cutuchi es alarmante especialmente en Latacunga y Salcedo, y la falta de tratamiento de aguas residuales de uso doméstico que desemboca al río Cutuchi de sus principales afluentes como son los ríos Cunuyacu, Pumacunchi, Yanayacu aportando en su totalidad 30.000 m<sup>3</sup> de aguas residuales. Otros de los problemas principales de contaminación encontrados son el uso de fertilizantes y fungicidas en plantaciones de flores y en sectores agrícolas públicos y privados, la contaminación de Latacunga afecta directamente a los sistemas de riego Latacunga-Salcedo-Ambato (6.400 ha) y Jiménez Cevallos (650 ha).

## JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN

En virtud del grado de contaminación que presenta el río Cunuyacu por actividades antrópicas expuesto en la problemática se justifica la implementación del estudio de la calidad del agua mediante un control biológico. La principal ventaja del control biológico es que proporciona una visión integrada y extendida en el tiempo sobre la calidad del agua. El uso de bioindicadores se está proponiendo como una alternativa para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua. La contaminación del río y por ende el deterioro de la calidad del agua se refleja en los altos índices de contaminación que se registran en los mismos, estos altos índices han permitido que la discusión sobre la contaminación del agua se base más en anécdotas, percepciones, o discursos, que en datos reales.

Considerando el hecho de la contaminación existente en las aguas del río Cunuyacu, por fuentes aledañas al río, otro problema latente es la ganadería en especial al pastoreo de animales que se realiza a las riberas del río son impactos eminentes que causan el deterioro de la calidad de agua. Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, incluso mayor a los terrestres, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad.

El monitoreo de calidad de agua por macroinvertebrados acuáticos, brinda una alternativa factible, económica y que puede ser empleada por las organizaciones como base para determinar la sanidad de sus cuerpos de agua, Por ello basados en la contaminación ambiental del río Cunuyacu se propone realizar el monitoreo de bioindicadores. La toma de muestras se realizará In-Situ. Utilizando los índices EPT Y BMWP dividiendo en transectos el río. Para su posterior análisis y comparación en el laboratorio. Con la ejecución de la siguiente investigación se podrá identificar diferentes órdenes y familias de bioindicadores los cuales nos permitirán conocer la calidad del agua que posee este río, para que las autoridades emitan posibles soluciones y alternativas de mitigación de la contaminación del agua del río Cunuyacu, siendo beneficiarios directos el recurso hídrico y los habitantes aledaños al sector.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar medidas de mitigación mediante la determinación de la calidad del agua utilizando la identificación de bioindicadores del río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2014-2015.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Diagnosticar la situación actual ambiental de la calidad del agua del río Cunuyacu mediante la observación de campo.
  
- ❖ Identificar bioindicadores (macroinvertebrados) mediante el monitoreo In-Situ utilizando los índices respectivos (EPT y BMWP).
  
- ❖ Proponer medidas de mitigación en función a los resultados obtenidos de la calidad del agua del río Cunuyacu.

## ANTECEDENTES

En la ciudad de Cuenca, Ecuador se realizó el monitoreo de macroinvertebrados en el mes de diciembre del 2011 por parte del estudiante Jorge Fernando Aguirre Andrade como trabajo de graduación que tuvo como tema “Validación de los indicadores biológicos (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay”. Tomando como referencia 10 estaciones de monitoreo en el recorrido del río, que obtuvo como resultado: en total se contabilizaron 24 familias de macroinvertebrados siendo en su mayoría especies que denotan la calidad del agua dudosa en sus 2 primeros puntos mientras que la calidad del agua es aceptable en sus 8 puntos finales según el índice BMWP.

En el departamento de Tolima se ha llevado a cabo estudios en el campo de la Limnología entre éstos se destaca el estudio de los aspectos bioecológicos de los macroinvertebrados en el embalse de Hidroprado departamento del Tolima por Derly Yaneth Carrillo Cutiva, su directora Gladys Reinoso F. Msc. Los resultados que se obtuvieron de este estudio se encuentra que en las zonas de aguas abiertas la mayor densidad de Gasterópodos y el orden de menor densidad fue Ephemeroptera. Temporalmente se encontró en el estudio que el orden Díptera fue el más abundante en los seis muestreos. En segundo lugar, los Entomostráceos, seguido por Gasterópoda, Coleóptera, Trichóptera, Ephemeroptera, Odonata y por último Hemíptera, dada las tolerancias de los organismos a la presencia de materia orgánica y a los hábitat.

El estudio de macroinvertebrados acuáticos (MAIA) para determinar su relación frente a un tipo de contaminación, se realizó en el recorrido del río Alambi, desde la cota de los 2610 msnm hasta la cota de 1120 msnm, estableciendo como estaciones referenciales entre los sitios Antes vs Después, los centros poblados de Nono, Tandayapa, Nanegalito y Nanegal. Juan C. Realizado por Giacometti &

Fabian Bersosa. Se determinó la abundancia total de 6447 individuos ubicados dentro de 16 órdenes, 47 familias y 55 géneros. De los cuales 4726 pertenecen al grupo de los EPT indicadores de buena calidad, estableciendo un promedio total de 197, de los 213,5 registrados para los sitios Antes y 180,5 para los sitios Después. La valoración biológica global BMWP(A) fue de 110,38, siendo 116.20 para sitios Antes y 104,58 para sitios Después. El nivel de significancia entre estos dos índices fue de 0,76 catalogando al agua del río Alambi como “BUENA” calidad biológica, resultados que fueron corroborados mediante los parámetros Físico-químicos del ICA los cuales igualmente determinaron una buena calidad del agua.

Fundación Natura conjuntamente con SENAGUAS y la Universidad Técnica de Cotopaxi suscribieron el 28 de febrero del 2000, un Convenio de Cooperación Técnico-Científico, cuyo propósito es lograr que las instituciones mencionadas ofrezcan asesoría técnica, capacitación e investigación en temas relacionados al manejo integrado de cuencas hidrográficas en general y más específicamente al desarrollo conjunto del programa de monitoreo participativo en la calidad de agua mediante la identificación de bioindicadores, modelos hidrológicos de los tributarios del Río Pastaza; entre otros.

# **CAPÍTULO I**

## **1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 Marco Teórico**

#### ***1.1.1 El Agua***

##### ***1.1.1.1 Definición***

Según la Real Academia Española, el agua (del latín aqua) es la “sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas” .p. 3

### ***1.1.1.2 Importancia del Agua***

Según: DICKSON. (1994). “Mediante la erosión y la acción glacial, el agua ha tenido una función importante en la conformación de las características físicas de la Tierra”.p.199.

**Según: PRIETO. (2004). El agua es un importante regulador del clima y ante todo un medio de disolución de sustancias sólidas y gaseosas, y es un factor importante en la determinación de la superficie de nuestro planeta .p.3.**

El agua es parte esencial de los seres vivos: hombre, animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen de aproximadamente un 72% de agua. La vida ha utilizado el agua como medio de disolución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones, necesarias para el desarrollo vital de los organismos. El agua abunda en la tierra, es fundamental en la producción de alimentos, en el crecimiento y vida de las plantas, en el buen vivir del hombre, en la cría de animales, en la industria, en la construcción, en el movimiento y mantenimiento de máquinas, en la extinción de incendios, en el control de las heladas, y en el aseo en general.

### ***1.1.1.3 Usos del Agua***

**Según: PRIETO. (2004). El hombre aprovecha de diferentes maneras el agua, especialmente en el consumo, en el aseo, en vías de comunicación por los ríos, como fuerza transformable en energía eléctrica, y como se menciona especialmente a continuación, en regadíos artificiales, etc. p. 61.**

Según: DICKSON. (1994). “La mayor parte del agua se emplea en riegos agrícolas, como medio en ciertos procesos industriales y para transportar desechos domésticos e industriales”.p.240.

## ***1.1.2 Contaminación del Agua***

### ***1.1.2.1 Definición***

Según: PRIETO. (2004). “La contaminación es el daño o alteración del agua por efecto de productos extraños”. p. 71.

Las aguas lluvias, las aguas de los ríos, lagos y aún de los mares son contaminadas por los gases residuales, los desechos de lugares habitados, fábricas y ciudades, etc.

Según: DICKSON. (1994). “La contaminación del agua ha constituido un problema desde que los seres humanos se han congregado en ciudades” .p. 239

A lo largo de los siglos, los albañales abiertos y los abastecimientos de agua contaminada fueron una fuente común de enfermedades y muerte. En Estados Unidos, la mayoría de los abastecimientos públicos de agua son mucho más seguros que los que existieron en el pasado y son mejores que los que se tienen hoy en la mayor parte de otros países. Por supuesto, la industrialización y la alta densidad de la población generan nuevos aspectos en los problemas de la contaminación del agua.

### ***1.1.2.2 Tipos de Contaminación del Agua***

**Según: BLANCAS, C; HERVÁZ, E. (2001). Son procesos contaminantes o degradantes del recurso agua los que afectan a su calidad haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, sino también aquellos que producen una alteración del receptor hídrico, afectando a su cantidad o caudal disponible en un determinado lugar y tiempo. p. 19.**

#### ***A) Contaminación Natural.***

La contaminación natural consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, estas sustancias pueden tener procedencias muy diversas. Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos.

Podemos encontrar diferentes contaminantes naturales como:

- ❖ **Compuestos minerales:** pueden ser sustancias tóxicas como los metales pesados (plomo, mercurio, etc.), nitratos, nitritos. Otros elementos afectan a las propiedades organolépticas (olor, color y sabor) del agua que son el cobre, el hierro, etc. Otros producen el desarrollo de las algas y la eutrofización (disminución de la cantidad de O<sub>2</sub> disuelto en el agua) como el fósforo.

- ❖ Compuestos orgánicos: producen también eutrofización del agua debido a una disminución de la concentración de oxígeno, ya que permite el desarrollo de los seres vivos y éstos consumen O<sub>2</sub>.
  
- ❖ La contaminación microbiológica: se produce principalmente por la presencia de fenoles, bacterias, virus, protozoos, algas unicelulares
  
- ❖ La contaminación térmica: provoca una disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua

### ***B) Contaminación Artificial (Antropogénica).***

Resultado de la actividad humana que genera sustancias ajenas a la composición natural del agua o modifica las concentraciones de las ya existentes.

- ❖ Urbanas: la contaminación de las aguas debida a actividades urbanas, es consecuencia de la inadecuada eliminación y ubicación de los residuos, junto a las aguas residuales urbanas procedentes de usos domésticos (limpieza y cocina) y sanitarios, así como de la limpieza de calles.

Las aguas residuales urbanas contienen fundamentalmente contaminantes orgánicos procedentes de vertidos de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado viario, fugas de colectores y alcantarillas, fosas sépticas, así como papeles, detergentes, aceites, restos de plásticos, etc.; también bacterias, virus y otros microorganismos acompañando a algunos de los anteriores.

- ❖ Agrícolas: la contaminación de las aguas por prácticas agrícolas es debida fundamentalmente a la utilización de fertilizantes y biocidas en exceso, así como a la presencia de alpechín y otros residuos agrícolas.

Los fertilizantes son ricos en compuestos nitrogenados y fosforados, siendo lavados y arrastrados de la superficie por lluvias y escorrentías, que los conducen a cauces de ríos y de ahí a lagos o embalses favoreciendo su eutrofización. Por otra parte, muchos de los biocidas utilizados en la agricultura presentan una alta toxicidad y persistencia, con alta capacidad de acumulación en los organismos vivos.

- ❖ Ganaderas: la contaminación de aguas por explotaciones ganaderas es debida a compuestos orgánicos y biológicos procedentes de residuos de instalaciones ganaderas y purines de animales estabulados. Las aguas utilizadas en las explotaciones ganaderas, sobre todo para operaciones de limpieza, pueden arrastrar el estiércol, los purines producidos, así como restos de plaguicidas de origen ganadero. Normalmente y dadas las altas cargas que esto significa, se intenta retirar como residuo. Si las balsas de excretas de las granjas no están bien construidas o no son impermeables, contaminan el terreno y por consiguiente los acuíferos.
- ❖ Industriales: la contaminación del agua por actividades industriales es el más diverso, complejo y en muchos caso difícil de eliminar. El agua es un elemento fundamental en las actividades industriales, como vehículo energético, de transporte, disolvente, en operaciones de lavado, base para reacciones, intercambiadores de calor y fundamentalmente como materia prima; al mismo tiempo es, quizás, la actividad más contaminante de las aguas.

Los vertidos industriales se caracterizan por:

- ❖ Materia en suspensión.
- ❖ Materia orgánica disuelta o en suspensión.
- ❖ pH generalmente ácido.
- ❖ Elementos tóxicos disueltos.
- ❖ Temperaturas superiores a la del receptor.
- ❖ Aceites y grasas.

### ***1.1.3 Bioindicadores***

#### ***1.1.3.1 Definición***

Según: CAPÓ. (2007). “Un bioindicador es un ser vivo que indica las condiciones del medio en que se vive”. p. 139.

Los bioindicadores son, sensibles a los cambios ambientales y reaccionan ante ellos como si fueran estímulos específicos. Los estímulos absorbidos provocan respuestas en los bioindicadores que dan información tanto acerca de los cambios ocurridos como en ocasiones, del nivel de intensidad del cambio ambiental.

La capacidad de respuesta de los bioindicadores depende de muchos factores. Por ejemplo:

- ❖ De la composición genética del organismo, porque pueda favorecer o no la adaptación a los cambios, y por tanto, la manifestación de respuestas, fácil y rápidamente visibles.
  
- ❖ De su estado de desarrollo, pues hay etapas en el ciclo vital que son más influyentes, por ejemplo, los individuos juveniles suelen ser más sensibles, mientras que los adultos suelen ser resistentes.
  
- ❖ De las propias condiciones ambientales, porque los estímulos pueden ser infinitamente variados y sus efectos no siempre son aditivos, sino que pueden haber sinergismos o efectos potenciadores de unas condiciones frente a otras.

### ***1.1.3.2 Tipos de Bioindicadores***

Según: CAPÓ. (2007). “Los bioindicadores pueden clasificarse a diferentes criterios”.p.140.

- a)** El más sencillo consiste en atender al grado de sensibilidad que muestran frente a los estímulos ambientales: así, se puede diferenciar especies muy sensibles, sensibles, poco sensibles y resistentes.
  
- b)** Otro criterio puede utilizarse es la forma de respuesta a los estímulos: según este criterio se puede hablar de:
  - ❖ Detectores: bioindicadores que viven naturalmente en un área y que, simplemente, muestran respuestas tales como cambios de vitalidad,

mortalidad, capacidad reproductora, abundancia, etc. Ante los cambios ambientales que se produzcan en su entorno.

- ❖ Explotadores: bioindicadores cuya presencia indica la probabilidad elevada de que exista una perturbación. Con frecuencia son organismos que, de forma más o menos repentina, se hacen muy abundantes en su lugar, casi siempre debido a la falta de competidores, que han sido previamente eliminados por la perturbación.
  
  - ❖ Centinelas: bioindicadores sensibles o muy sensibles, que se introducen artificialmente en un medio y funcionan como alarmas, porque detectan rápidamente los cambios. Se utilizan fundamentalmente para detectar contaminantes.
  
  - ❖ Organismos test o bioensayo: bioindicadores que se utilizan en el laboratorio a modo de reactivos para detectar la presencia y/o la concentración de contaminantes. Además de ser usados para detectar contaminantes y su concentración también suelen utilizarse para establecer listas de contaminantes según su toxicidad.
- c) Por otra parte, atendiendo al criterio de poder cuantificar las respuesta, los bioindicadores pueden ser:
- ❖ Bioindicadores en sentido estricto: son aquellos que con su presencia o ausencia y abundancia, indican los efectos de un factor ambiental de forma cualitativa; pueden ser tantos positivos, por su presencia y/o abundancia, como negativos, por su ausencia.

- ❖ Tener límites de tolerancia estrechos a variables ambientales.
  
- ❖ Dar respuestas distintas ante estímulos diferentes.
  
- ❖ Sólo deben tener como fuente de lo que se desea estudiar, aquello que proceda del foco de perturbación.
  
- ❖ Ser fáciles de muestrear. En este aspecto, si las especies son raras no son fáciles de muestrear, por tanto, ser común sería una ventaja.

#### ***1.1.3.3 Ventajas de los Bioindicadores***

- ❖ Reflejan el complejo efecto de todos los factores ambientales en dicho medio.
  
- ❖ Evitan la tarea de hacer medidas físicas o análisis químicos que, a menudo, requieren tiempo, técnicas, aparatos y personal calificada que no suelen estar disponibles por no poderse trasladar al lugar que se quiere estudiar.
  
- ❖ Ayudan a visualizar la velocidad y la dirección de los cambios ambientales.
  
- ❖ Muestran los efectos sobre los seres vivos y su potencial peligrosidad.
  
- ❖ Localizan las zonas de los ecosistemas donde las materias tóxicas y contaminantes se acumulan.

En resumen, los bioindicadores dan una imagen bastante exacta de la extensión de la contaminación que está alcanzando a los seres vivos de un área y de sus efectos. Dan una medida de la intensidad del impacto ambiental y de su peligro potencial para otros organismos vivos como, por ejemplo, el ser humano.

#### ***1.1.3.4 Utilidad de los Bioindicadores***

**Según: HERVAZ, RIVERO, GONZÁLES. (2006). El principal uso que se le ha dado a los indicadores biológicos ha sido la detección de sustancias contaminantes, ya sean estos metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), o elementos tóxicos como hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases con miras a establecer la calidad del agua. p. 5.**

Otros factores se pueden determinar mediante bioindicadores como son por ejemplo:

- ❖ Saturación de oxígeno
- ❖ Condiciones de anoxia
- ❖ Condiciones de pH
- ❖ Estratificación térmica y de oxígeno en la columna de agua
- ❖ Turbulencia del agua
- ❖ Torrencialidad
- ❖ Eutrofización natural
- ❖ Grado de mineralización del agua
- ❖ Presencia de determinados elementos como hierro, sílice y calcio
- ❖ Fenómenos de sedimentación (Pinilla)

### ***1.1.3.5 Organismos Bioindicadores***

Los organismos o grupos de organismos más utilizados como indicadores de contaminación son:

- ❖ Bacterias
- ❖ Protozoos
- ❖ Fitoplancton
- ❖ Macrofitas
- ❖ Peces
- ❖ Macroinvertebrados

## ***1.1.4 Macroinvertebrados***

### ***1.1.4.1 Definición***

Según: GONZÁLES, G. (2012). “Son organismos que se pueden apreciar a simple vista; se localizan en la superficie, en el fondo o nadando en el agua.”p.205.

La utilización de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua se fundamenta en que estos son organismos que ocupan un hábitat al cual se han adaptado. Por tanto, cualquier cambio en las condiciones ambientales de dicho hábitat se verá reflejado en las estructuras de las comunidades que forman parte de él.

Según: HERVAZ, RIVERO, GONZÁLES. (2006). “Cualquier tipo de substrato puede constituirse en hábitat adecuado para estos organismos incluyendo grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc.”p.9.

A consecuencia de su enorme diversidad es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación. Metcalfe (1994) en Moya (2006) indica que el uso de comunidades de macroinvertebrados bentónicos muestra una clara preferencia en evaluaciones de salubridad de los ríos, este autor, resume cinco principales razones por las cuales los macroinvertebrados tienen alta preferencia.

- ❖ Las comunidades de macroinvertebrados acuáticos son sensibles a varios tipos de poluentes, a los que responden de manera rápida.
  
- ❖ La comunidad de macroinvertebrados acuáticos ocupan varios hábitats acuáticos y son relativamente fáciles y poco costosos de coleccionar
  
- ❖ Los macroinvertebrados son sedentarios, por ello son representativos de las condiciones locales.
  
- ❖ Tienen ciclos de vida lo suficientemente prolongados como para permitir un registro adecuado de calidad ambiental.
  
- ❖ Son muy heterogéneos, están representados por numerosas taxas y grupos tráficos, con alta probabilidad de que al menos algunos de estos organismos

reaccionen a un cambio particular de condición ambiental. El uso de estas comunidades también presenta algunas desventajas:

- Los muestreos cuantitativos requieren de un gran número de réplicas, lo que puede resultar en problemas de costos y tiempo (gran esfuerzo de trabajo de laboratorio).
  
- Pueden existir otros factores independientes a la calidad del agua que afectan la distribución y abundancia (ejemplo perturbaciones por cambios de caudales manejados artificialmente, catástrofes naturales por inundación, etc.)
  
- Las variaciones estacionales pueden complicar las interpretaciones o comparaciones.
  
- La disposición de algunos invertebrados a derivar les proporciona algunas ventajas sobre aquellos menos móviles.
  
- Ciertos grupos no son bien conocidos taxonómicamente por carencia de especialistas locales.
  
- Los macroinvertebrados bentónicos no son siempre sensibles a ciertas perturbaciones como patógenos humanos y cantidades traza de algunos contaminantes

### 1.1.4.2 Índices Biológicos de Calidad del Agua

#### ❖ Índice EPT

Según: ZAMORA, H. (1998). “El índice utiliza los grupos Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera (EPT) para su cálculo”. p 9.

Se usa estos grupos su sensibilidad a la contaminación de los cuerpos de agua. Estos son los grupos que primero desaparecen cuando los ríos se contaminan.

**TABLA N° 1. CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICE EPT**

<b>Clase</b>	<b>Índice EPT (%)</b>	<b>Calidad del agua</b>
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25-49	Regular
4	0-24	Mala

**FUENTE:** CARRERA & FIERRO (2001).

**TABLA N° 2. LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS  
INDICADORES DE LA BUENA CALIDAD DEL AGUA**

Orden de insecto	Características	Rasgos clave
<p align="center"><b>PLECOPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación.</li> <li>• Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares</li> <li>• Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava.</li> </ul>	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.</p> 
<p align="center"><b>EFEMEROPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos y lagunas</li> </ul>	<p>Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.</p> 
<p align="center"><b>TRICOPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceridae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas.</li> </ul>	<p>Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.</p> 

**FUENTE:** McGAVIN (2001); DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ (2001).

### ❖ Índice BMWP

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores.

El método requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica.

Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1. La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP. Su fórmula es la siguiente:

$$BMWP = T1 + T2 + T3 + T4 \dots$$

**TABLA N° 3. VALORES DE REFERENCIA DEL ÍNDICE BMWP/COL**

<b>CALIDAD</b>	<b>BMWP/COL</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>COLOR</b>
Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

**FUENTE:** ROLDÁN (2003).

#### ***1.1.4.3 Método de Recolección***

Según: ROLDÁN, G (1988). Existen diferentes métodos de recolección los cuales varían de acuerdo al sustrato (arena, piedras, fango, vegetación) o al tipo de investigación que se desea realizar (cualitativa o cuantitativa).

### ❖ *Aguas Corrientes Poco Profundas*

Son los sustratos más productivos. Aquí la red de mano es el artefacto más sencillo y eficiente para tener una abundante variedad de fauna béntica. Una persona la toma por sus dos mangos fijándola al sustrato en contra de la corriente y otra persona, remueve el fondo con sus pies aguas arriba; las larvas presentes son arrastradas por la corriente y atrapadas en la red. Es un buen método “cualitativo”.

Para obtener muestras cuantitativas se usa la red Surber. Esta consta de un marco metálico al cual está sujeta una red de nylon. El marco se coloca sobre el fondo de la corriente y con las manos se remueve el material del fondo, quedando así atrapada las larvas en la red.

Los métodos anteriores pueden completarse tomando con las manos piedras, rocas, hojas o sustratos similares y con la ayuda de una pinza fina, se van tomando los organismos uno por uno y se depositan en un frasco pequeño con alcohol si se desean fijar en el campo; o en frascos de mayor capacidad, si se desea llevar vivos al laboratorio para su cultivo y seguimiento hasta adultos.

Cuando en todos los casos anteriores se toma sustrato del fondo, es conveniente depositar primero éste en una bandeja blanca, pues allí se pueden observar mejor los organismos capturados.

### ***1.1.5 Normativa Legal***

#### ***1.1.5.1 Constitución del Ecuador***

**Título I:** De los Principios fundamentales. En el numeral 7 del Artículo 3 se menciona que es un deber patrimonial defender el patrimonio natural y cultural del país.

**Título II:** Capítulo 2: De los Derechos del Buen vivir. Artículo 14. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

**Título II:** Capítulo 6: De los Derechos de Libertad. En el numeral 27 del Artículo 66. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

#### ***1.1.5.2 Ley de Gestión Ambiental***

**Título I:** Ámbito y principios de la ley

**Art. 1.-** La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

### ***1.1.5.3 Tratados Internacionales***

La agenda 21. El valor del agua, el manejo integrado de los recursos hídricos y el derecho al agua.

El programa 18 de la agenda 21 sobre protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce, producto de una fuerte negociación entre los países industrializados y los países en desarrollo, no acogió como lo quería estados unidos el principio 4 de la declaración de dublín, es decir de ver el agua como un bien económico para sus diversos usos y por el contrario, la visión que allí se presenta es que "el agua se necesita en todos los aspectos de la vida. El objetivo general es velar porque se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua"

“El suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. El agua potable también es fundamental para muchas actividades tradicionales y culturales”<sup>64</sup>. Bajo este concepto se planteó el manejo integral del recurso hídrico que considera un universo de programas y acciones que permitirían avanzar hacia su sostenibilidad ambiental, respetando tradiciones y culturas en relación con este recurso vital. Así es como en la agenda 21 se proponen las siguientes áreas que harían parte del manejo del agua:

- a. Ordenación y aprovechamiento integrados de los recursos hídricos; b) evaluación de los recursos hídricos; c) protección de los recursos hídricos, la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos; d) abastecimiento de agua potable y saneamiento; e) el agua y el desarrollo urbano sostenible; f) el agua para la producción sostenible de alimentos y el desarrollo rural sostenibles; g) repercusiones del cambio climático en los recursos hídricos.

Contrario a estos postulados, la banca multilateral (banco mundial, BID, fondo monetario internacional) han venido imponiendo políticas orientadas a la privatización.

#### ***1.1.5.4 Leyes Orgánicas***

- a. Código penal

### **SECCIÓN SEGUNDA**

Delitos contra los recursos naturales

**Artículo 251.-** Delitos contra el agua.- La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años.

### ***1.1.5.5 Ley de Aguas***

Sección Tercera

#### **OBJETIVOS Y POLÍTICAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**

**Artículo 70.** Objetivos de la protección y conservación.- La protección y conservación de los recursos hídricos se orienta a la consecución de los siguientes objetivos:

- a) Garantizar el derecho humano al agua.
- b) Garantizar el Buen Vivir o Sumak Kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza o Pacha mama y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.
- c) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad. Evitar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo, de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar fuentes superficiales y subterráneas.
- d) Evitar las actividades que puedan causar la degradación del agua.
- e) Prohibir la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos e inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que altere la calidad del agua; afecten la salud humana.
- f) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

**Artículo 71.** Políticas públicas para la preservación del agua en cantidad y calidad.-Para garantizar la preservación del agua en calidad y cantidad, la autoridad única del agua y los gobiernos autónomos descentralizados, formularán y aplicarán políticas públicas orientadas a:

- a) Promover la nueva cultura del agua como patrimonio nacional; que rescate los saberes ancestrales y que haga relación a la espiritualidad.
- b) Desarrollar capacidades en los usuarios para la protección y conservación de las fuentes de agua.
- c) Promover el control y vigilancia ciudadana y comunitaria del agua en su calidad y cantidad. Reglamentariamente se establecerá los parámetros químicos, físicos y biológicos de la calidad del agua y los plazos para el cumplimiento de los objetivos de calidad.

#### ***1.1.5.6 Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas***

**Art. 89.-** Para los efectos de aplicación del Art. 22 de la Ley de Aguas, se considerará como agua contaminada toda aquella corriente o no que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquiera otra sustancia y que den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesa, recreativo y otros.

**Art. 90.-** Para los fines de la Ley de Aguas, se considera "cambio nocivo" al que se produce por la influencia de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, por el depósito de materiales o cualquier otra acción susceptible de causar o incrementar el grado de deterioro del agua, modificando sus cualidades físicas, químicas o biológicas, y, además, por el perjuicio causado a corto o largo plazo, a los usos mencionados en el artículo anterior.

**Art. 91.-** Todos los usuarios, incluyendo las municipalidades, entidades industriales y otros, están obligados a realizar el análisis periódico de sus aguas afluentes, para determinar el grado de contaminación. Si los análisis acusaren

índices superiores a los límites determinados, el usuario causante, queda obligado a efectuar el tratamiento correspondiente, sin perjuicio.

#### ***1.1.5.7 Reglamento para la (LPCCA) en lo Relativo al Recurso Agua***

Acuerdo Ministerial No 2144, RO/204 del 5 de junio de 1989, Título IV - Capítulo 1.- De Las Descargas de los residuos Líquidos;

**Art. 29.-** Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias o acuíferos de conformidad con lo dispuesto en el Código de Salud.

**Art. 41.-** Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de aguas y tratamientos de desechos y otras tales como cenizas, cachaza, bagazo y similares no deberán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarias o sistemas de alcantarillado y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los residuos sólidos.

#### ***1.1.5.8 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental***

**Art. 1.-** Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

**Art. 10.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

### ***1.1.6 Marco Conceptual***

**AGUAS NEGRAS:** el agua dulce es agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, distinguiéndose así del agua de mar o agua salobre

**AGUAS RESIDUALES:** aguas resultantes de un proceso o actividad productiva cuya calidad se ha degradado, debido a la incorporación de elementos contaminantes

**AGUAS SERVIDAS:** residuos acuosos resultantes del desecho o utilización del agua en cualquier actividad que puede causar contaminación.

**AGUAS GRISES:** aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

**ALBAÑALES:** conducto que recoge las aguas residuales de las casas. Canal o conducto que da salida a las aguas inmundas.

**AUTODEPURACIÓN:** es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica. En este proceso los compuestos orgánicos son diluidos y transformados progresivamente por la descomposición bioquímica, aumentando su estabilidad.

**BENTÓNICOS:** organismos que viven y realizan sus funciones vitales en dependencia estricta de un substrato.

**BIOACUMULACIÓN:** el aumento en la concentración de una sustancia en organismos vivos, debido al contacto de éste con aire, agua, o alimento contaminado, debido a la lenta metabolización y excreción.

**BIOCIDAS:** son aquellos destinados a destruir, neutralizar, impedir la acción o ejercer control de otro tipo sobre cualquier microorganismo dañino por medios químicos o biológicos.

**BIOINDICADORES:** organismos cuya presencia, ausencia o distribución está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Los organismos bioindicadores tienen interés científico en la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental, por ejemplo en estudios de contaminación.

**BMWP:** índice biológico británico modificado y adaptado a las características geomorfológicas y climáticas de los ríos de Cataluña. Este índice da puntuación a 131 familias de macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación.

**CARGA CONTAMINANTE:** cantidad de contaminante que se encuentran en los diferentes medios (suelos, agua, atmósfera), o que es liberada a los mismos en una unidad de tiempo.

**DESCARGA:** disposición o adición de desechos o residuales a un medio receptor.

**DRENAJES:** drenaje es un término que proviene del francés *drenaje* y que hace referencia a la acción y efecto de drenar. Este verbo, a su vez, significa asegurar la salida de líquidos o de la excesiva humedad por medio de cañerías, tubos o zanjas.

**DISOLUCIÓN:** disolución procede del latín *dissolutio*. El término hace mención a la acción y efecto de disolver (separar lo que estaba unido de algún modo, mezclar de forma homogénea las moléculas de una sustancia en el seno de un líquido).

**DDT:** el DDT (diclorodifeniltricloroetano) es un insecticida organoclorado sintético de amplio espectro, acción prolongada y estable, aplicada en el control de plagas para todo tipo de cultivos desde la década del cuarenta.

**EPT:** grupo de familias de especies que denotan buena calidad del agua. Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

**ETAPA:** ecosistemas acuáticos y subgerencia – ETAPA, 2011.

**EUTROFIZACIÓN:** proceso natural en ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos

**GASTERÓPODOS:** clase de moluscos terrestres o acuáticos provistos de un pie carnoso mediante el cual se arrastran, de cabeza cilíndrica con la boca en su extremo anterior y uno o dos pares de tentáculos en la parte dorsal, y el cuerpo comúnmente protegido por una concha de una pieza que casi siempre se arrolla en espiral, como la lapa y el caracol.

**INDICADOR AMBIENTAL:** parámetro o valor derivado de ciertos parámetros que proporciona información sobre el estado del medio ambiente, describe dicho estado o se refiere a éste.

**IN-SITU:** es una expresión latina que significa «en el sitio» o «en el lugar», y que suele utilizarse para designar un fenómeno observado en el lugar, o una manipulación realizada en el lugar.

**LÍMITE DE TOLERANCIA:** máxima concentración de una materia perjudicial que puede soportarse en el medio durante un período de tiempo prolongado sin perjuicio.

**LIMNOLOGÍA:** rama de la ecología que estudia todo lo que respecta a ecosistemas acuáticos continentales, es decir aquellos ecosistemas acuáticos ubicados en continentes, lo que involucra a lagos, lagunas, ríos, charcas, marismas y estuarios, dejando fuera a los no continentales, como por ejemplos los mares y océanos.

**MITIGACIÓN:** es la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento.

**NIVEL FREÁTICO:** rara vez están los mantos acuíferos saturados hasta la superficie de la tierra; generalmente el agua llega sólo a cierto nivel. La parte superior de la zona saturada se llama nivel freático; por encima de él, las partículas de tierra no poseen más que una delgada película de agua y los poros están llenos de aire.

**OSMOSIS:** rara vez están los mantos acuíferos saturados hasta la superficie de la tierra; generalmente el agua llega sólo a cierto nivel. La parte superior de la zona saturada se llama nivel freático; por encima de él, las partículas de tierra no poseen más que una delgada película de agua y los poros están llenos de aire.

**POLUENTES:** una substancia que está presente en concentraciones que pueden perjudicar los organismos (seres humanos, plantas y animales) por exceder un ambiente dañino.

**SALOBRES:** que por su naturaleza tiene sabor de sal: aguas salobres.

## **CAPÍTULO II**

### **2. DISEÑO METODOLÓGICO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **2.1 Diseño Metodológico**

##### ***2.1.1 Tipos de Investigación***

###### ***2.1.1.1 Investigación Bibliográfica***

Es aquella que proporciona el conocimiento de diferentes fuentes de investigaciones ya existentes. Este tipo de investigación se realizó para recopilar información sobre estudios relacionados a la determinación de la calidad de agua mediante bioindicadores (macroinvertebrados), esto constituyó el punto de partida en el proceso de investigación.

### ***2.1.1.2 Investigación de Campo***

Es aquella en la que el mismo objeto de estudio sirve de fuente de información al investigador, el cual recoge directamente los datos de las conductas observadas. Esta investigación se aplicó en la identificación situacional del área de estudio mediante la matriz de caracterización.

### ***2.1.1.3 Investigación Descriptiva***

Es aquella en que se reseñan las características o rangos de la situación o fenómeno de estudio. Este tipo de investigación se aplicó para describir e interpretar las características taxonómicas de cada una de las especies de macroinvertebrados identificadas. Mismos que fueron trasladados a las matrices de los índices EPT y BMWP para determinar la calidad del agua del río Cunuyacu.

## ***2.1.2 Métodos y Técnicas***

### ***2.1.2.1 Métodos***

#### ***A) Método Científico***

Es aquel que se basa en una serie ordenada de procedimientos, se utiliza la investigación científica para obtener la extensión de nuestros conocimientos. En la presente investigación se aplicó al seguir procedimientos sistemáticos para el cumplimiento de los objetivos y obtención de resultados veraces.

### ***B) Método Deductivo***

Estudia un fenómeno o problema desde el todo hacia las partes, es decir analiza el concepto para llegar a los elementos de las partes del todo. En la presente investigación el todo constituye el problema es decir la existencia de macroinvertebrados los mismos que determinarán la calidad del agua del río Cunuyacu, lo cual constituye el elemento particular siguiendo el proceso: principio, deducción y consecuencia.

### ***C) Método Cualitativo***

El método cualitativo o método no tradicional, se orienta a profundizar casos específicos y no a generalizar. En esta investigación se aplicó al momento de cualificar las características taxonómicas de los macroinvertebrados ya que la preocupación no es primordialmente medir, sino cualificar y describir el fenómeno.

### ***D) Método Cuantitativo***

El método cuantitativo o método tradicional se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos. Este método tiende a generalizar y normalizar resultados. Este método se aplicó en la investigación al momento en que cuantificamos el número de especies de macroinvertebrados presentes en el agua del río Cunuyacu.

### ***E) Método Descriptivo***

Consiste en la caracterización de personas, instituciones, eventos, acciones, hechos o cualquier fenómeno. A través de este método se busca de forma inmediata las características esenciales y accidentales que realizamos. En la investigación se utilizó en la caracterización taxonómica de los macroinvertebrados.

#### ***2.1.2.2 Técnicas***

##### ***A) Observación Directa***

Es la técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho, caso o actividad, tomar información y registrarla para su posterior análisis. En la presente investigación se utilizó instrumental tecnológico (estereoscopio) que sirvió de ayuda para la identificación de las características taxonómicas de los macroinvertebrados, de igual manera se aplicó esta técnica al momento de observar las características presentes en el lugar de estudio para poder determinar la línea base.

##### ***B) Muestreo***

El muestreo se lo realizó de forma sistemática principalmente precautelando la representatividad de la misma y la preservación antes de ser analizada. En el río Cunuyacu, se identificaron los puntos de muestreo y la recolección de macroinvertebrados acuáticos en los 12 puntos definidos (3 por cada punto). En cada uno de estos se muestreo dos microhábitats (piedra y sedimento-hojarasca combinados). En el caso de las piedras, se recolectó todos los macroinvertebrados

observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de la hojarasca y el sedimento se removió el sustrato del río con la ayuda del método de arrastre y una red Surber (colocador) y un par de pinzas se recolectó todos los organismos visibles.

Todos los individuos se depositaron en frascos etiquetados, con alcohol al 80% o formol al 20% y fueron trasladados posteriormente al Laboratorio para su correspondiente identificación y clasificación.

La identificación de todos los macroinvertebrados acuáticos se realizaron con la ayuda de claves taxonómicas (Roldán 1988, y los índices para EPT (Carrera y Fierro 2001) y BMWP (ETAPA 2011)).

### ***C) Fichaje***

Se registró los datos que se van obteniendo en fichas o matrices, las cuales, contienen la mayor parte de la información que se recopiló en la investigación, por lo cual constituyó un valioso auxiliar, al momento de ahorrar tiempo, espacio y dinero. En la presente investigación se aplicó esta técnica al identificar la situación actual del área de estudio y la taxonomía de los macroinvertebrados.

## ***2.1.3 Metodología***

### ***2.1.3.1 Metodología de la Investigación***

La presente investigación no es experimental debido a que no se aplicó experimentos puros.

La investigación se inició con el diagnóstico actual situacional del área de estudio, para lo cual se realizó las siguientes actividades:

- ❖ En primera instancia se efectuó la visita de campo para así determinar la situación actual del río y sus alrededores mediante el reconocimiento del lugar y la observación directa, toda esta información se encuentra recopilada en la matriz de caracterización y se detalla en la Línea Base todo los aspectos que intervienen en nuestra área de estudio.
  
- ❖ Se acudió al área de estudio para la correspondiente división y determinación de transeptos y puntos de monitoreo, el río se dividió en 12 puntos que se encuentran ubicados de la siguiente manera: 4 puntos en la parte alta, media y baja del río Cunuyacu.
  
- ❖ Posteriormente se efectuó el muestreo y recolección de bioindicadores (macroinvertebrados) en los 12 puntos antes determinados con una frecuencia de recolección de quince días, durante un mes teniendo así un total de 36 muestras.

- ❖ Para el muestro se determinó dos microhábitats (piedra y sedimento-hojarasca combinados). En el caso de las piedras, se recolecto todos los macroinvertebrados observados con la ayuda de pinzas entomológicas, mientras que en el caso de la hojarasca y el sedimento se removió el sustrato del río y con la ayuda de una red 30cm por 30 cm. (red surber) se recolecto todos los organismos visibles. Todos los individuos se depositaron en frascos de plástico etiquetados, con alcohol al 80 % o formol al 20%.
  
- ❖ Las muestras obtenidas fueron trasladadas posteriormente para su correspondiente identificación y clasificación mediante la observación taxonómica utilizando un estereoscopio. La identificación de todos los macroinvertebrados acuáticos se realizó con la ayuda de claves taxonómicas expuestas por (Roldán 1988, y los índices para EPT (Carrera y Fierro 2001) y BMWP (ETAPA 2011)).

Con los resultados obtenidos de la caracterización taxonómica de los macroinvertebrados se procedido a proponer alternativas de remediación y al diseño de las mismas.

- ❖ Se realizó el diseño de la propuesta de remediación en el programa AutoCad 3D para ello se realizó el cálculo del caudal del río Cunuyacu utilizando el molinete hidráulico, una cinta métrica, posteriormente se realizó la propuesta de remediación con los resultados obtenidos.

### 2.1.3.2. Método de Estudio

Para la ejecución de la siguiente investigación el método de estudio consistió:

La descripción del lugar se realizó el 10 de enero del 2015, en el cual se desarrolló mediante la observación de campo para identificar todos los elementos que fueron objeto de estudio; dicha observación se empleó varias herramientas como son: matriz de caracterización del área de estudio (río Cunuyacu), GPS, cámara de fotos. Se determinaron 12 puntos que se encuentran a lo largo del río Cunuyacu, mismos que se detallan a continuación:

**TABLA N° 4. PUNTOS DE MUESTREO**

N° Punto	Codificación	Nombre	Coordenadas		
			Norte UTM	Este 17 M	Elevación
1	001	Ojo de Agua	9897583	0768323	2833msnm
2	002	Carrizal	9897580	0768169	2832msnm
3	003	CEC	9847481	0767815	2825msnm
4	004	Urbanización	9897102	0767354	2763msnm
5	005	Trajano Naranjo	9896601	0766880	2631msnm
6	006	Ignacio Flores	9896520	0766625	2651msnm
7	007	La Laguna	9896387	0766334	2684msnm
8	008	11 de Noviembre	9896268	0766153	2685msnm
9	009	Roosevelt	9896217	0765929	2696msnm
10	010	Ramón Barba Naranjo	9896111	0765798	2696msnm
11	011	Molinos Poulter	9896058	0765549	2674msnm
12	012	Desembocadura río Cutuchi	9896032	0765436	2568msnm

**ELABORADO POR:** Las Investigadoras (2015).

De los 12 puntos antes mencionados se recolectó tres muestras cada 15 días con la finalidad de obtener datos que se asemejen a la realidad que atraviesa la calidad del agua del río Cunuyacu.

El primer muestreo se realizó el día 17 de enero del 2015 en los 12 puntos de monitoreo identificados, para ello con la ayuda de las herramientas como son: red surber, pinzas entomológicas, frascos de toma de muestras, lupa, guantes, vestimenta impermeable; se logró obtener las muestras que posteriormente fueron identificadas.

Con las muestras recolectadas se procedió a identificar una a una las muestras del río Cunuyacu, la identificación y cuantificación de macroinvertebrados se realizó con la ayuda del estereoscopio (AmScope), cámara de fotos, conjuntamente con la guía taxonómica de identificación de macroinvertebrados de Roldán (1988).

El segundo y tercer muestreo se los realizaron el 31 de enero del 2015 y 14 de febrero del 2015 para lo cual se emplearon las mismas herramientas utilizadas en el primer muestreo. Dichas muestras luego se trasladaron para ser identificadas.

Con los datos obtenidos de la calidad del agua del río Cunuyacu en función de los macroinvertebrados se procedió a sacar una media de los índices de abundancia (EPT) y sensibilidad (BMWP).

De los resultados obtenidos se propone el diseño de un humedal artificial para mejorar la calidad del agua del río Cunuyacu antes de la desembocadura al río Cutuchi.

## ***2.1.4 Descripción del Área de Estudio***

### ***2.1.4.1 Línea Base***

La descripción de la línea base, comprende la realización de un diagnóstico de la situación ambiental actual, presente en el área de influencia directa e indirecta al lugar de estudio siendo nuestro caso el río Cunuyacu en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

Para tener una idea íntegra de las condiciones ambientales existentes en el área de influencia de estudio, se describió las características de los componentes Físico, Biótico y Socio Económico. A continuación se presenta la descripción detallada del área circundante al río Cunuyacu

#### ***A) Medio Físico***

##### **❖ Ubicación Geográfica**

El río Cunuyacu nace de una vertiente ubicada en el barrio Loca las vertientes, siguiendo el recorrido por los sectores Locoa, La Laguna, Colegio Ramón Barba Naranjo, Molinos Poulter para desembocar en el río Cutuchi en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

El río Cunuyacu se encuentra a una altitud promedio de 2780 msnm y se encuentra en la zona 17 M. A continuación se detalla las coordenadas tomadas en los puntos de inicio y final (desembocadura) del río tras la visita de campo:

**TABLA N° 5. COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM DEL RÍO**

PUNTOS	NORTE UTM	ESTE 17M	ELEVACIÓN (msnm)
1. Inicio- Ojo de Agua	9897583	0768323	2833
12. Desembocadura río Cutuchi	9896032	0765436	2568

**ELABORADO POR:** Las Investigadoras (2015)

Para la descripción del medio físico se procedió a estudiar la información secundaria relacionada con la línea base del área de ubicación del Cantón Latacunga. Entre la información secundaria fue necesario recurrir a la información de la Dirección General de Aviación Civil DAC obtenidos durante los años 2008 a 2012, en la Estación Meteorológica Aeropuerto-Latacunga.

#### ❖ Climatología

El clima de una determinada región se define como el conjunto de características atmosféricas encontradas en dicha región, incluyendo la temperatura, la precipitación, la humedad, vientos y nubosidad.

La ubicación de la estación meteorológica es:

**TABLA N° 6. UBICACIÓN ESTACIÓN METEOROLÓGICA  
AEROPUERTO – LATACUNGA**

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (MSNM)
Aeropuerto Latacunga	00° 54.4 S	78° 37.0' W	2792

**FUENTE:** DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012).

## ❖ Temperatura

La temperatura de aire es la media de la cantidad de calor que posee la masa de aire en la zona de estudio, la temperatura del aire está estrechamente ligada con la cantidad de energía radiante; por lo que la latitud determina la insolación de la zona, es así que el área por estar localizada en una zona ecuatorial, recibe una importante incidencia solar por unidad de superficie.

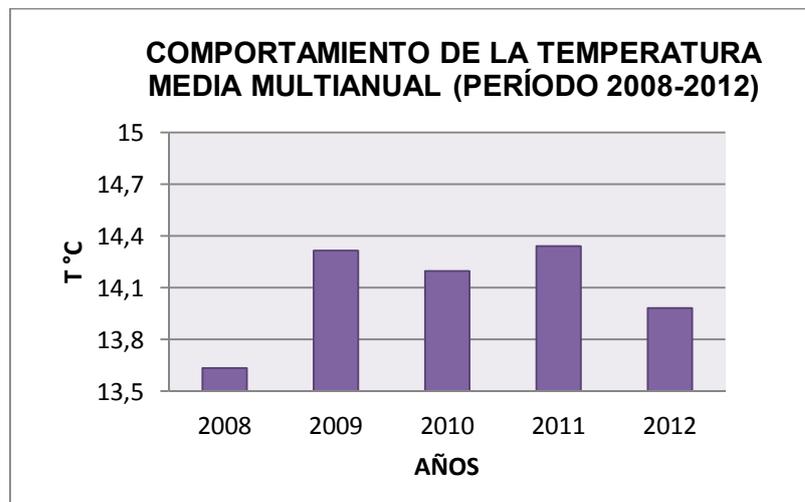
De los registros meteorológicos de temperatura del año 2008 al 2012, se analiza que la temperatura media mensual promedio en el sector es 14,1 °C.

**TABLA N° 7. TEMPERATURA**

Estación Meteorológica Aeropuerto – Latacunga						
Años	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
°C	13,6	14,3	14,2	14,3	14,0	14,1

**FUENTE:** DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012).

**GRÁFICO N° 1. TEMPERATURA**



**FUENTE:** DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012).

## ❖ Humedad Relativa

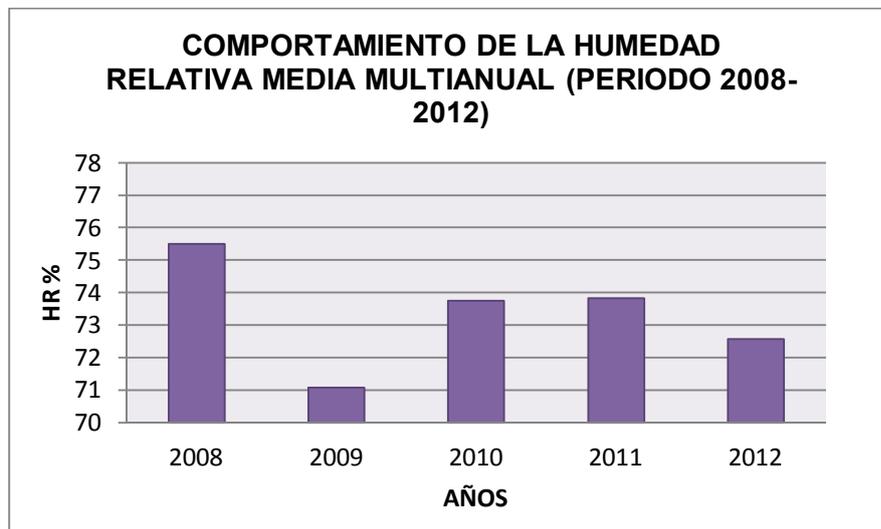
La humedad relativa es la relación en tanto por ciento entre la humedad absoluta (peso en gramos del vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire) y la cantidad de vapor que contendrían el metro cúbico de aire si estuviese saturado a cualquier temperatura. La humedad relativa para el periodo registrado alcanza un valor promedio multianual de 73,4%.

**TABLA N° 8. HUMEDAD RELATIVA**

Estación Meteorológica Aeropuerto – Latacunga						
Años	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
%	76	71	74	74	73	73,4

**FUENTE:** DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012)

**GRÁFICO N° 2. HUMEDAD RELATIVA**



**FUENTE:** DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012)

## ❖ Precipitación

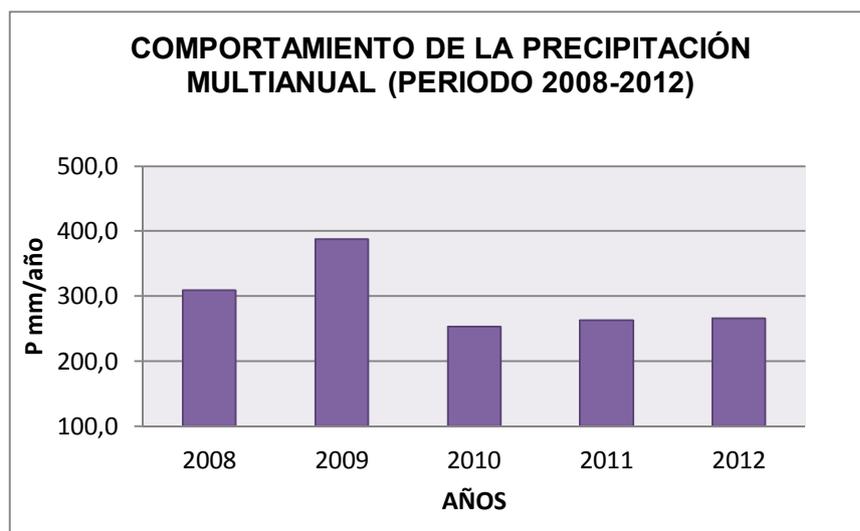
La precipitación anual, constituye un parámetro importante en lo concerniente al análisis de la autodepuración natural de la atmósfera de un sitio determinado, considerando que este fenómeno natural produce el lavado de los contaminantes atmosféricos. De los datos obtenidos para el periodo establecido, la media multianual es de 296,1 mm, registrándose en el año 2008 el promedio más alto de precipitación.

**TABLA N° 9. PRECIPITACIÓN**

Estación Meteorológica Aeropuerto – Latacunga						
Años	2008	2009	2010	2011	2012	Promedio
Mm	309,2	388	253,8	263,2	266,2	296,1

FUENTE: DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012).

**GRÁFICO N° 3. PRECIPITACIÓN**



FUENTE: DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012).

## ❖ Viento

El viento se define como el componente horizontal del movimiento del aire, quedando este parámetro determinado fundamentalmente por su dirección, por esta razón los patrones de viento reportan información importante sobre la dispersión de los contaminantes en una determinada zona, considerando que los contaminantes atmosféricos se desplazan en sentido horizontal, según el patrón del viento predominante.

De los datos obtenidos ha determinado la tendencia o frecuencia anual de la dirección del viento es hacia el sur, ya que registra un mayor porcentaje.

**TABLA N° 10. VELOCIDAD DEL VIENTO**

Estación Meteorológica Aeropuerto – Latacunga													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
m / s	4,7	4,7	4,9	4,1	5,2	5,6	5,9	5,9	5,9	5,2	4,1	5,1	61,4

FUENTE: DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012)

**TABLA N° 11. DIRECCIÓN DEL VIENTO**

Estación Meteorológica Aeropuerto – Latacunga										
Dirección	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Promedio	
%	4,2	1,4	2,0	2,1	47,9	1,0	1,1	1,1	9,6	

FUENTE: DAC, Estación Meteorológica-Aeropuerto-Latacunga (2008-2012)

❖ **Recurso Suelo**

□ **Uso del suelo predominante en los alrededores del río Cunuyacu**

El suelo corresponde a la capa más superficial de la corteza terrestre, es uno de los recursos naturales más importantes en el cual se desarrollan gran parte de las actividades humanas.

Con la utilización de la matriz de caracterización del área de estudio en el parámetro uso del suelo que corresponde al río Cunuyacu es:

**TABLA N° 12. USO DE SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO**

<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>USO DEL SUELO PREDOMINANTE EN LOS ALREDEDORES</b>
001	Ojo de agua	BOSQUE (Eucalipto) para el acceso al punto se cuenta con carretera de primer orden.
002	Carrizal	POTRERO para el acceso al punto se cuenta con carretera de primer orden
003	CEC	BOSQUE (Eucalipto) para el acceso al punto se cuenta con carretera de primer orden.
004	Urbanización	
005	Trajano Naranjo	AGRICULTURA (maíz, alfalfa) carretera de primer orden.
006	Ignacio Flores	URBANO (en algunas puntos se observa presencia de agricultura en espacial monocultivos), para el acceso al punto se cuenta con carretera de primer orden.
007	La Laguna	
008	11 de Noviembre	
009	Roosevelt	
010	Ramón Barba Naranjo	
011	Molinos Poulter	
012	Desembocadura río Cutuchi	

**ELABORADO POR:** Las Investigadas, (2015).

## □ Topografía

El cantón Latacunga presenta una forma irregular. El análisis de las características topográficas del cantón, se realizan considerando su geomorfología, que es el componente del territorio que sirve de base para la integración de los diferentes elementos físicos presentes en él y de las pendientes que reflejan la inclinación de las laderas dentro de una cierta distancia y elevación. De acuerdo a la matriz de caracterización tenemos:

**TABLA N° 13. TOPOGRAFÍA DEL AREA DE ESTUDIO**

<b>CODIFICACIÓN</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>RESULTADO</b>
001	Ojo de agua	Quebrada
002	Carrizal	
003	CEC	
004	Urbanización	
005	Trajano Naranjo	
006	Ignacio Flores	Plana
007	La Laguna	
008	11 de Noviembre	
009	Roosevelt	
010	Ramón Barba Naranjo	
011	Molinos Poultier	Quebrada, Plana
012	Desembocadura río Cutuchi	

**ELABORADO POR:** Las Investigadas, (2015).

En el cantón Latacunga se han identificado once categorías generales de cobertura vegetal y formas de uso humano del suelo, denominadas como espacio natural y espacio agrario, respectivamente, que se resume en la siguiente tabla:

**TABLA N° 14. CATEGORÍAS DE USO DE SUELO Y COBERTURA  
VEGETA**

<b>Uso de Suelo</b>	<b>% que ocupa en el cantón</b>
<b>Bosque Natural</b>	2,35
<b>Bosque plantado</b>	10,41
<b>Cuerpos de agua natural</b>	0,04
<b>Cultivos de ciclo corto</b>	37,11
<b>Cultivos de invernadero</b>	0,65
<b>Nieve o hielo</b>	0,57
<b>Páramo</b>	31,07
<b>Pasto cultivado</b>	14,62
<b>Centros urbanos</b>	2,06
<b>Vegetación arbustiva</b>	1,12

**FUENTE:** Mapa de uso del suelo, Plan Estratégico Territorial de la Zona Sierra Central, PLANTEL (2010)

#### ❖ **Recurso Agua**

La disponibilidad del recurso agua se identifica no solo por la cantidad sino también por la calidad, la cual está determinada por la concentración de ciertas sustancias cuyos valores límites están establecidos en la normativa ambiental, de acuerdo al uso que se planifique darle.

La cantidad del agua depende de factores naturales, como la intensidad de la precipitación, la hidrología del lugar, la cantidad de sedimentos arrastrados de las cuencas de los ríos, la sinuosidad o la geometría del cuerpo de agua, la pendiente longitudinal del río, etc. También es importante considerar factores antropogénicos, como las actividades que se desarrollen en las cercanías de los cuerpos de agua, del nivel de contaminación de cuerpos de agua que alimentan a

un río principal, del uso previo que se le haya dado al recurso y la eficacia de los tratamientos previos a su uso.

### ***B) Medio Biótico***

La biota que prevalece en la ribera del río Cunuyacu es:

#### **❖ Flora**

Para la ejecución del diagnóstico vegetal del área se realizaron varias caminatas de observación directa y de campo, se observó la vegetación que existe en los alrededores del río Cunuyacu para su verificación se tomó evidencia fotográfica de las especies y se presenta una lista de los principales organismos vegetales registrados.

Las formaciones naturales alrededor de esta localidad son características de la región de valles interandinos.

Dentro del área en la que circula el río se observan algunas especies vegetales, especialmente en los parques y jardines con plantas ornamentales. El área alrededor del estudio acercándose a zonas residenciales y comercial, existe presencia de árboles, arbustos y herbáceas ubicadas de forma dispersa. Este paisaje se combina con la presencia de algunos efluentes que aportan al caudal del río en donde se observa una clara reducción y destrucción de la vegetación al borde del mismo. A continuación se presenta un registro fotográfico en el que se puede observar las características del área de estudio y sus alrededores.

## FOTOGRAFÍA N° 1. VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO



**FUENTE:** Las investigadoras (2015)

La estructura florística de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de especies vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas con presencia dispersa. En estos espacios no se registra vegetación original, y el hábitat está intervenido. Es posible encontrar vegetación nativa como matorrales, y sus remanentes pueden encontrarse en quebradas o barrancos, pendientes pronunciadas u otros sitios de difícil acceso.

A continuación se presenta un registro de las principales especies botánicas del área de influencia en donde está ubicado el río Cunuyacu.

**TABLA N° 15. REGISTRO TAXONÓMICO DE ESPECIES VEGETALES  
DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

N°	Nombre científico	Familia	Hábito	Nombre Común
1	Polylepis sp.	Rosaceae	Árbol	Árbol de papel
2	Miconia sp.	Melastomataceae	Arbusto	Colca
3	“Cactus” (nombre vulgar)	Cactaceae	Arbusto	Cactus
4	Buddleja incana	Scrophulareaceae	Árbol	Quishuar
5	Alchemilla alpina	Rosaceae	Hierba	Alquemila
6	Baccharis spp.	Asteraceae	Arbusto	Romerillo
7	Valeriana sp.	Valerianaceae	Hierba	Valeriana
8	Calceolaria crenata	Scrophularaceae	Hierba	Zapatitos
9	Lantana rugulosa	Verbenaceae	Arbusto	Supirosa
10	Podocarpus oleifolius	Podocarpaceae	Árbol	Chilca
11	Agave americana	Agavaceae	Hierba	Cabuya
12	Oreopanax sp.	Araliaceae	Arbusto	Pumamaqui
13	Phoenix canariensis	Arecaceae	Árbol	Palmera
14	Pinus sp.	Pinaceae	Árbol	Pino
15	Furcroeia andina	Agavaceae	Hierba	Cabuya blanca
16	Prunus serótina	Rosaceae	Árbol	Capulí
17	Caesalpinia sp.	Fabaceae	Árbol	Tara
18	Schinus molle	Anacardiaceae	Árbol	Molle
19	Cortaderia nítida	Poaceae	Hierba	Sigse
20	Prosopis juliflora	Fabaceae	Árbol	Algarrobo
21	Brugmansia aurea	Solanaeaceae	Hierba	Floripondio
22	Aloe vera	Asphodelaceae	Hierba	Sábila
23	Puya clavata-herculis	Bromeliaceae	Hierba	Achupalla
24	Dodonea viscosa	Sapindaceae	Arbusto	Chamano

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015).

Adicionalmente, se observan árboles de pino (*Pinus* sp.), palmeras (*Phoenix canariensis*), y especies ornamentales cuyo fin es mantener la estética de los jardines que forman parte de la del área del río Cunuyacu y de los alrededores del mismo.

<b>FOTOGRAFÍA N° 2. (<i>Cortaderia nitida</i>) (Sigse)</b>	<b>FOTOGRAFÍA N° 3. (<i>Connaceae</i>) (Pino)</b>
	
<b>FOTOGRAFÍA N° 4. (<i>Furcraea sp.</i>) (Cabuya Blanca)</b>	<b>FOTOGRAFÍA N° 5. (<i>Prunus serotina</i>) (Capulí)</b>
	
<b>FOTOGRAFÍA N° 6. (<i>Eucalyptus globulus</i>) (Eucalipto)</b>	
	

FUENTE: Las Investigadoras. (2015)

En el área de influencia directa de la zona se evidencia la ausencia de remanentes boscosos originales producto de la deforestación y extracción de los recursos del bosque. En la actualidad el uso de suelo ha cambiado. En los bordes del río así como en sus alrededores.

## ❖ **Fauna**

Para la caracterización faunística se realizó una evaluación rápida de los organismos animales, utilizando el método de observación directa de los diferentes grupos de vertebrados terrestres (mamíferos, aves, etc.).

## ❖ **Piso Zoogeográfico Templado o Región de los Valles Interandinos**

Dentro de la zona en estudio las especies de fauna han sufrido una gran alteración debido al cambio de uso de suelo y de los recursos naturales del área, actividades como el acelerado avance de la frontera agrícola, el crecimiento poblacional, la ganadería, y demás actividades antropogénicas han ido transformando el paisaje, dejando una alta reducción y desaparición de bosques naturales, por consiguiente las especies animales silvestres han disminuido drásticamente en su presencia, quedando solamente especies faunísticas capaces de adaptarse a las condiciones de intervención humana.

En el área de estudio se evidencia la presencia de especies adaptadas a hábitats intervenidas, que están en contacto directo con los moradores del sector en actividades como agricultura o ganadería.

A las aves distribuidas en esta región, se las puede divisar cerca de casas y terrenos agrícolas o en remanentes de arbustos en donde tienen su hábitat y sitio de percha, y en actividad de vuelo en áreas abiertas y bordes de camino.

**TABLA N° 16. REGISTRO TAXONÓMICO DE ESPECIES EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

<b>Taxa</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>Mamíferos</b>	“Conejo”	Lagomorpha
	“Murciélago”	Chiroptera
<b>Aves</b>	“Golondrina”	Notiochelidonspp.
	“Mirlo”	Turdusfuscater
	“Gallinazo Negro”	Coragyps atratus
	“Gorrión”	Zonotrichia capensis
	“Tórtola”	Zenaida auriculata
	“Perdiz de páramo”	Galliforme
	“Quinde café”	Aglaeactis cupripennis
<b>Reptiles</b>	“Lagartija”	Anolis spp.
<b>Anfibios</b>	Sapo	Pristimantis unistrigatus
<b>Peces</b>	“Preñadilla”	Astroblepus longifilis
	“Trucha”	Salmo trutta

**FUENTE:** Las Investigadoras. (2015)

## 2.2 Interpretación de Resultados

### 2.2.1 Índice BMWP

Con la realización de la investigación se dedujo que existen valores diferentes en los índices BMWP por ello se tomó como referencia ETAPA (2011). Datos que se utilizaron para determinar la sensibilidad de las especies identificadas mismas que permiten conocer la calidad del agua del río Cunuyacu.

**TABLA N° 17. ÍNDICE BMWP**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ETAPA (2011) BMWP
Hydrozoa	Hydroida	Hydridae	10
Gastrópoda	Basommatophara	Lymnaeidae	4
		Physidae	3
		Planorbidae	4
	Mesogastropoda	Hydrobiidae	8
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	3
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	4
Nematomorpha	Gordioidea		5
Annelida	Haplotaxida	Oligochoeta	1
		Hirudinea	
Hirudinea	Glossiphoniiformes		3
Arochnoidea	Acarina	Hydrachinidae	4
Collembola	Entomobryomorpha	Isotomidae	7
Crustacea	Grammaridea	Hyaellidae	1
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	5
		Leptohyphidae	7
		Leptophlebiidae	8
	Plecoptera	Perlidae	10
		Gripopterygidae	10
	Coleoptera	Psephenidae	10
		Lampyridae	10
		Elmidae	6
		Ptilodactylidae	9
		Gyrinidae	4

**ELABORADO POR:** Las Investigadoras (2015).

**FUENTE:** ETAPA (2011).

**TABLA N° 18. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ÍNDICE BMWP**

		Dytiscidae	3
		Dryopidae	7
		Hydrophilidae	4
		Hydraenidae	9
		Staphylinidae	6
		Scirtidae	
	Diptera	Tabanidae	4
		Ceratopogonidae	4
		Chironomidae	2
		Dolichopodidae	4
		Dixidae	4
		Blepharoceridae	10
		Simulidae	6
		Empididae	4
		Tipulidae	5
		Culicidae	2
		Muscidae	5
		Syrphidae	2
		Psychodidae	4
		Trichoptera	Hydrobiosidae
	Glossosomatidae		7
	Helicopsychidae		9
	Hydroptilidae		8
	Leptoceridae		8
	Limnephilidae		7
	Polycentropodidae		7
	Calamoceratidae		10
	Odontoceridae		9
	Xiphocentronidae		8
	Philopotamidae		9
Hydropsychidae	5		
Megaloptera	Corydalidae	9	
Odonata	Aesniidae	7	
	Libellulidae	5	
	Coenagrionidae	6	
Heteroptera	Corixidae	6	
	Gerridae	6	
Lepidoptera	Pyralidae	4	

**ELABORADO POR:** Las Investigadoras (2015).

**FUENTE:** ETAPA (2011).

### ***2.2.2 Abundancia de Especies por Puntos***

En la **TABLA N° 19** se detalla la media del número de individuos identificados en los 3 muestreos realizados. Datos que se utilizaron para determinar la abundancia (EPT) de las especies identificadas mismas que ayudaron a conocer la calidad del agua del río Cunuyacu.

**TABLA N° 19. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA)**

PUNTO	COORDENADAS			ESPECIE	MONITOREO 1 17/01/2015	MONITOREO 2 31/01/2015	MONITOREO 3 14/02/2015	MEDIA (NÚMERO DE INDIVIDUOS)
	NORTE UTM	ESTE 17M	ELEVACIÓN					
P1	9897583	0768323	2833 msnm	Trichoptera (Leptoceridae)	119	102	110	110
				Ampipoda (Hyalelidae)	3	5	2	3
				Coleoptera (Ptilodactylidae)	10	13	17	13
				Trichoptera (Hydroptilidae)	9	7	7	8
				Trichoptera (Philopotamidae)	7	9	8	8
				Coleoptera ( Elmidae)	2	4	3	3
				Megaloptera (Corydalidae)	5	5	8	6
				Acarina (Hydrachnidae)	7	7	9	8
				Annelida (Oligochoeta)	1	2	1	1
				Coleoptera (Staphylinidae)	9	11	8	9
P2	9897580	0768169	2832 msnm	Trichoptera (Leptoceridae)	40	51	49	47
				Coleoptera (Ptilodactylidae)	8	10	11	10
				Annelida (Oligochoeta)	1	0	1	1
				Trichoptera (Philopotamidae)	7	8	9	8
				Trichoptera (Hydroptilidae)	3	2	3	3
				Coleoptera ( Elmidae)	4	4	5	4
				Acarina (Hydrachnidae)	10	8	11	10
				Coleoptera (Staphylinidae)	11	10	13	11
				Megaloptera (Corydalidae)	3	2	4	3

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

**TABLA N° 20. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA)**

P3	9847481	0767815	2825msnm	Trichoptera (Leptoceridae)	17	14	16	16
				Coleoptera (Ptilodactylidae)	5	4	9	6
				Trichoptera (Philopotamidae)	17	11	13	14
				Annelida (Oligochoeta)	2	1	1	1
				Coleoptera ( Elmidae)	5	3	6	5
				Acarina (Hydrachnidae)	9	7	9	8
				Coleoptera (Staphylinidae)	5	5	5	5
				Megaloptera (Corydalidae)	3	2	4	3
P4	9897102	767354	2763msnm	Trichoptera (Leptoceridae)	6	5	4	5
				Annelida (Oligochoeta)	2	1	1	1
				Coleoptera ( Elmidae)	7	6	3	5
				Acarina Hydrachnidae	10	11	11	11
				Trichoptera (Philopotamidae)	3	2	2	2
				Megaloptera (Corydalidae)	3	5	4	4
P5	9896601	0766880	2631 msnm	Diptera (Chironomidae)	6	5	7	6
				Annelida (Oligochoeta)	9	6	8	8
				Gastropoda (Physidae)	8	9	5	7
				Annelida (Hirudinae)	2	3	1	2
				Platyhelminthes (Turbelaria)	6	5	6	6

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

**TABLA N° 21. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA)**

P6	9896520	0766625	2651 msnm	Diptera (Chironomidae)	8	9	8	8
				Annelida (Oligochoeta)	16	15	16	16
				Gastropoda (Physidae)	10	11	12	11
				Annelida (Hirudinae)	3	6	5	5
				Platyhelminthes (Turbelaria)	9	7	10	9
P7	9896387	0766334	2684 msnm	Diptera (Chironomidae)	13	13	14	13
				Annelida (Oligochoeta)	20	20	25	22
				Gastropoda (Physidae)	16	19	23	19
				Annelida (Hirudinae)	9	7	10	9
				Platyhelminthes (Turbelaria)	11	11	10	11
P8	9896268	0766153	2685 msnm	Diptera (Chironomidae)	30	31	32	31
				Annelida (Oligochoeta)	26	25	29	27
				Gastropoda (Physidae)	13	20	11	15
				Annelida (Hirudinae)	7	7	7	7
				Platyhelminthes (Turbelaria)	20	19	22	20
P9	9896217	0765929	2696 msnm	Diptera (Chironomidae)	40	41	41	41
				Annelida (Oligochoeta)	31	33	33	32
				Gastropoda (Physidae)	11	7	9	9
				Annelida (Hirudinae)	4	5	5	5
				Platyhelminthes (Turbelaria)	11	15	10	12

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

**TABLA N° 22. CONTINUACIÓN DE LA TABLA ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PUNTOS (MEDIA)**

P10	98966111	0765798	2696 msnm	Diptera (Chironomidae)	44	44	43	44
				Annelida (Oligochoeta)	35	33	36	35
				Annelida (Hirudinae)	7	6	5	6
				Platyhelminthes (Turbelaria)	4	6	7	6
P11	9896058	0765549	2674msnm	Diptera (Chironomidae)	44	45	41	43
				Annelida (Oligochoeta)	30	32	31	31
				Annelida (Hirudinae)	6	9	8	8
P12	9896032	0765436	2568msnm	Diptera (Chironomidae)	39	44	33	39
				Annelida (Oligochoeta)	49	49	48	49
				Annelida (Hirudinae)	12	12	13	12

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

## 2.2.3 Resultados de la Identificación de Macroinvertebrados por Puntos de Muestreo

### 2.2.3.1 Punto 1. Ojo de Agua

#### A) Análisis

**TABLA N° 23. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu			
Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP			
Formulario para laboratorio			
Microcuenca: Cutuchi			Río: Cunuyacu
Fecha: 07 de Marzo de 2015			Código del sitio: 001
Nombre del colector: Las investigadoras			
Punto 1. Ojo de agua			
ORDEN	FAMILIA	Abundancia EPT	Sensibilidad BMWP
<b>Trichoptera</b>	Hydroptilidae	8	8
	Leptoceridae	110	8
	Philopotamidae	8	9
<b>Coleoptera</b>	Elmidae	3	6
	Staphylinidae	9	6
	Ptilodactylidae	13	9
<b>Amphipoda</b>	Hyalelidae	3	1
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	6	9
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	1	1
<b>Acarina</b>	Hydrachinidae	8	4
<b>Σ TOTAL</b>		169	61
<b>Total EPT</b>		126	
<b>Valor EPT (%)</b>		74.5	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MUY BUENA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: ACEPTABLE</b>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015)

## B) Interpretación

El agua en el Punto 1. Ojo de Agua luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MUY BUENA; y según el Índice BMWP: son aguas **ACEPTABLES**, cuya referencia es que son AGUAS LIGERAMENTE CONTAMINADAS, debido a que no existe contaminantes y descargas de aguas servidas en cantidades que alteren la presencia de macroinvertebrados sensibles.

### 2.2.3.2 Punto 2. Carrizal

#### A) Análisis

**TABLA N° 24. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
Microcuenca: Cutuchi		Río: Cunuyacu	
Fecha: 07 de Marzo de 2015		Código del sitio: 002	
Nombre del colector: Las investigadoras			
<b>Punto 2. Carrizal</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Trichoptera</b>	Leptoceridae	47	8
	Philopotamidae	8	9
<b>Coleoptera</b>	Elmidae	4	6
	Staphylinidae	11	6
	Ptilodactylidae	10	9
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	3	9
<b>Acarina</b>	Hydrachinidae	10	4
<b>Σ TOTAL</b>		93	51
<b>Total EPT</b>		55	
<b>Valor EPT (%)</b>		59,1	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: BUENA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: DUDOSA</b>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015)

## B) Interpretación

El agua en el Punto 2. Carrizal , luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua BUENA; y según el Índice BMWP: son aguas DUDOSA, cuya referencia es que son AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS, debido a que en este punto se evidencia contaminación por parte de las descargas de aguas residuales en pequeñas cantidades al igual que la presencia de pastoreo en las riberas del río.

### 2.2.3.3 Punto 3. CEC

#### A) Análisis

**TABLA N° 25. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 003	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 3. CEC</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Trichoptera</b>	Leptoceridae	16	8
	Philopotamidae	14	9
<b>Coleoptera</b>	Elmidae	5	6
	Staphylinidae	5	6
	Ptilodactylidae	6	9
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	3	9
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	1	1
<b>Acarina</b>	Hydrachinidae	8	4
<b>Σ TOTAL</b>		58	52
<b>Total EPT</b>		30	
<b>Valor EPT (%)</b>		51,7	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: BUENA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: DUDOSA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### **B) Interpretación**

El agua en el Punto 3. CEC, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua BUENA; y según el Índice BMWP: son aguas **DUDOSA**, cuya referencia es que son AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto se identificó descarga de aguas residual en cantidades mínimas en que el río es capaz de realizar una auto depuración.

#### **2.2.3.4 Punto 4. Urbanización**

##### **A) Análisis**

**TABLA N° 26. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
Microcuenca: Cutuchi		Río: Cunuyacu	
Fecha: 07 de Marzo de 2015		Código del sitio: 004	
Nombre del colector: Las investigadoras			
<b>Punto 4. Urbanización</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Trichoptera</b>	Leptoceridae	5	8
	Philopotamidae	2	9
<b>Coleoptera</b>	Elmidae	5	6
<b>Megaloptera</b>	Corydalidae	4	9
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	1	1
<b>Acarina</b>	Hydrachinidae	11	4
<b>Σ TOTAL</b>		28	36
<b>Total EPT</b>		7	
<b>Valor EPT (%)</b>		25,0	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: REGULAR</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: DUDOSA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### **B) Interpretación**

El agua en el Punto 4. Urbanización, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua REGULAR; y según el Índice BMWP: son aguas **DUDOSA**, cuya referencia es que son AGUAS MODERADAMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto se observó descargas en pequeñas cantidades de aguas residuales de las viviendas aledañas al río.

#### **2.2.3.5 Punto 5. Trajano Naranjo**

##### **A) Análisis**

**TABLA N° 27. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
Microcuencas: Cutuchi		Río: Cunuyacu	
Fecha: 07 de Marzo de 2015		Código del sitio: 005	
Nombre del colector: Las investigadoras			
<b>Punto 5. Trajano Naranjo</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	8	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	16	1
	Hirudinae	5	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	9	4
<b>Gastropoda</b>	Physidae	7	3
<b>Σ TOTAL</b>		45	10
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT (%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### **B) Interpretación**

El agua en el Punto 5. Trajano Naranjo, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICA**, cuya referencia es que son AGUAS FUERTEMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto se evidencia el aumento de viviendas y por ende el incremento de las descargas de aguas residuales al río evacuadas por el sistema de alcantarillado.

#### **2.2.3.6 Punto 6. Ignacio Flores**

##### **A) Análisis**

**TABLA N° 28. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
Microcuencas: Cutuchi		Río: Cunuyacu	
Fecha: 07 de Marzo de 2015		Código del sitio: 006	
Nombre del colector: Las investigadoras			
<b>Punto 6. Ignacio Flores</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	8	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	16	1
	Hirudinae	5	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	9	4
<b>Gastropoda</b>	Physidae	11	3
<b>Σ TOTAL</b>		49	10
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT (%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### **B) Interpretación**

El agua en el Punto 6. Ignacio Flores, luego de haber realizado los respectivos análisis e interpretación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICA**, cuya referencia es que son AGUAS FUERTEMENTE CONTAMINADAS, debido a que en este punto la concentración de contaminantes es mucho más elevada por la presencia de desagües de vivienda en las riberas del río.

#### **2.2.3.7 Punto 7. La Laguna**

##### **A) Análisis**

**TABLA N° 29. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados - Índice EPT- BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
Microcuenca: Cutuchi		Río: Cunuyacu	
Fecha: 07 de Marzo de 2015		Código del sitio: 007	
Nombre del colector: Las investigadoras			
<b>Punto 7. La Laguna</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	13	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	22	1
	Hirudinae	9	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	11	4
<b>Gastropoda</b>	Physidae	19	3
<b>∑ TOTAL</b>		74	10
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT (%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### B) Interpretación

El agua en el Punto 7. La Laguna, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRÍTICA**, cuya referencia es que son AGUAS FUERTEMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto el incremento de las descargas de aguas residuales forma un factor de contaminación por encontrarse en el casco urbano.

#### 2.2.3.8 Punto 8. Once de Noviembre

##### A) Análisis

**TABLA N° 30. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados – Índice EPT-BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 008	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 8. Once de Noviembre</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	31	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	27	1
	Hirudinae	7	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	20	4
<b>Gastropoda</b>	Physidae	15	3
<b>∑ TOTAL</b>		100	10
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT(%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRÍTICA</b>			

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015)

### B) Interpretación

El agua en el Punto 8. Once de Noviembre, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICAS**, cuya referencia es que son AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto se observa desagües de aguas residuales de las viviendas y las descargas del alcantarillado del casco urbano al río.

#### 2.2.3.9 Punto 9. Roosevelt

##### A) Análisis

**TABLA N° 31. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados – Índice EPT-BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 009	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 9. Roosevelt</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	41	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	32	1
	Hirudinae	5	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	12	4
<b>Gastropoda</b>	Physidae	9	3
<b>Σ TOTAL</b>		99	10
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT(%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015)

## B) Interpretación

El agua en el Punto 9. Roosevelt, luego de haber realizado los respectivos análisis e interpretación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICAS**, cuya referencia es que son AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS, debido a que en este punto las descargas de aguas residuales al río por el sistema de alcantarillado es mayor por encontrarse en el casco urbano.

### 2.2.3.10 Punto 10. Ramón Barba Naranjo

#### A) Análisis

**TABLA N° 32. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados – Índice EPT-BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 010	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 10. Ramón Barba Naranjo</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	44	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	35	1
	Hirudinae	6	
<b>Platyhelminthes</b>	Turbelaria	6	4
<b>Σ TOTAL</b>		91	7
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT (%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			
<b>ELABORADO POR:</b> Las investigadoras (2015)			

## B) Interpretación

El agua en el Punto 10. Ramón Barba Naranjo, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICAS**, cuya referencia es que son AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS, ya que este punto se encuentran todos los contaminantes procedentes de las viviendas aledañas al mismo.

### 2.2.3.11 Punto 11. Molinos Poultier

#### A) Análisis

**TABLA N° 33. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados – Índice EPT-BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 011	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 11. Molinos Poultier</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	43	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	31	1
	Hirudinae	8	
<b>Σ TOTAL</b>		39	3
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT(%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015)

## B) Interpretación

El agua en el Punto 11. Molinos Poulter, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICAS**, cuya referencia es que son AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS ya que en este punto se vierte gran cantidad de aguas residuales al río procedentes de los pobladores que habitan a las riveras del mismo.

### 2.2.3.12 Punto 12. Desembocadura Río Cutuchi.

#### A) Análisis

**TABLA N° 34. RESULTADOS DE MACROINVERTEBRADOS**

<b>Muestreo de calidad de agua – Río Cunuyacu</b>			
<b>Macroinvertebrados – Índice EPT-BMWP</b>			
<b>Formulario para laboratorio</b>			
<b>Microcuenca:</b> Cutuchi		<b>Río:</b> Cunuyacu	
<b>Fecha:</b> 07 de Marzo de 2015		<b>Código del sitio:</b> 012	
<b>Nombre del colector:</b> Las investigadoras			
<b>Punto 12. Desembocadura Río Cutuchi.</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>Abundancia EPT</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
<b>Diptera</b>	Chironomidae	44	2
<b>Annelida</b>	Oligochoeta	35	1
	Hirudinae	6	
<b>Σ TOTAL</b>		85	3
<b>Total EPT</b>		0	
<b>Valor EPT(%)</b>		0,00	
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: MALA</b>			
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: MUY CRITICA</b>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015)

## ***B) Interpretación***

El agua en el Punto 12. Desembocadura Río Cutuchi, luego de haber realizado los respectivos análisis e identificación, de acuerdo a los valores encontrados se estableció que según el Índice de Abundancia EPT: este punto presenta una CALIDAD de agua MALA; y según el Índice BMWP: son aguas **MUY CRITICAS**, cuya referencia es que son AGUAS FURTEMENTE CONTAMINADAS, ya que en este punto la acumulación de contaminantes es un factor que determina la proliferación de macroinvertebrados resistentes tales como: Chironomidae, Oligochoeta y Hirudinae.

### ***2.2.4. Resumen de los Resultados***

En la **TABLA N° 35** se detalla el resumen de los resultados obtenidos de la calidad del agua del río Cunuyacu mediante los índices BMWP y EPT.

**TABLA N° 35. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUNUYACU. 2015**

N° PUNTO	RESULTADOS		INTERPRETACIÓN	
	EPT (%)	BMWP	EPT	BMWP
P1	74,50	61	Calidad del agua MUY BUENA	Aguas <b>ACEPTABLES</b> (Ligeramente contaminadas)
P2	59,10	51	Calidad del agua BUENA	Aguas <b>DUDOSAS</b> (Moderadamente contaminadas)
P3	51,70	52	Calidad del agua BUENA	Aguas <b>DUDOSAS</b> (Moderadamente contaminadas)
P4	25,00	36	Calidad del agua BUENA	Aguas <b>DUDOSAS</b> (Moderadamente contaminadas)
P5	0,00	15	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P6	0,00	15	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P7	0,00	15	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P8	0,00	15	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P9	0,00	15	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P10	0,00	12	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P11	0,00	6	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
P12	0,00	6	Calidad del agua MALA	Aguas <b>MUY CRITICAS</b> (Fuertemente contaminadas)
Análisis	<p>En el punto1, la calidad del agua del río Cunuyacu es <b>ACEPTABLE</b> ya que no se evidencia ningún tipo de contaminante y por ello encontramos macroinvertebrados sensibles a la contaminación tales como: <i>Hydroptilidae; Leptoceridae; Philopotamidae; Ptilodactylidae; Corydalidae</i>, en los puntos 2,3 y 4 el agua es <b>DUDOSA</b> ya que en estos puntos se identificó la presencia de desagües de aguas residuales en pequeñas cantidades por ello la acumulación de contaminantes es tolerable para los macroinvertebrados de las familias: <i>Leptoceridae; Philopotamidae; Elmidae; Corydalidae</i>, y en los puntos 5,6,7,8,9,10,11 y 12 la calidad del agua es <b>MUY CRÍTICA</b> por la acumulación de contaminantes; produjo la desaparición de los macroinvertebrados que indican la buena calidad del agua y se encontró familia de macroinvertebrados resistentes a la contaminación tales como: <i>Chironomidae; Oligochoeta; Hirudinae; Turbelaria</i>.</p>			

ELABORADO POR: Las investigadoras (2015).

## **CAPÍTULO III**

### **3. PROPUESTA DE DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL UBICADO EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNUYACU**

#### **3.1 Introducción**

Las aguas residuales son el resultado de los vertidos que la población los deposita en los cuerpos de agua mediante el sistema de alcantarillado; estas aguas por lo general se componen de un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo. La contaminación ambiental que se da por las aguas residuales es un problema a escala mundial, al no contar con un sistema de tratamiento antes de ser depositados en los ríos, lagos y mares pueden ocasionar graves problemas ambientales y sanitarios. La contaminación ambiental de las aguas no sólo elimina una buena parte de la vegetación y fauna acuática, sino que también ocasiona desequilibrios generalizados a todo el ecosistema terrestre que de estas masas de agua depende.

Los humedales artificiales son una alternativa viable como tratamiento de aguas residuales para mitigar la contaminación ambiental de los cuerpos de agua. Estos humedales consisten en estanques o canales poco profundos, donde se encuentran todos los elementos que ayudan al tratamiento de las aguas residuales.

## **3.2 Objetivos**

### ***3.2.1 Objetivo General***

Proponer el diseño de un Humedal Artificial mediante la aplicación de medidas de depuración, para el mejoramiento de la calidad del agua del río Cunuyacu, en el cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

### ***3.2.2 Objetivos Específicos***

- ❖ Fundamentar teóricamente los Humedales Artificiales, mediante la revisión bibliográfica para la identificación del tipo de humedal más eficiente para el diseño.
  
- ❖ Determinar el Caudal del río Cunuyacu para el diseño del Humedal Artificial.
  
- ❖ Diseñar el prototipo del Humedal Artificial en 3D para el mejoramiento de la calidad del agua del río Cunuyacu.

### **3.3 Justificación**

El río Cunuyacu ha sido usado tradicionalmente como medio de evacuación de los desperdicios domiciliarios de sus pobladores aledaños al río sean estos sólidos y líquidos a través del sistema de alcantarillado, deteriorando así la calidad del agua de este río, por ello se realizó la investigación de la calidad de estas aguas. Se monitoreo In-Situ la calidad del agua mediante bioindicadores (macroinvertebrados), teniendo como resultado desde el punto 5 hasta el punto 12 aguas de mala calidad según el índice de abundancia (EPT) y aguas muy críticas según el índice sensibilidad (BMWP) cuya referencia es que son aguas fuertemente contaminadas.

La presente investigación tiene por objetivo proponer medidas de depuración del agua del río Cunuyacu mediante el diseño de un humedal artificial. Una vez implementado servirá para mitigar la contaminación y mejorar la calidad del agua del mismo, ya que los humedales artificiales presentan una gran ventaja a la sociedad, al no utilizar productos químicos que son riesgosos para la salud además al ser un sistemas de depuración de bajo costo en comparación a otros, los beneficiarios serán los pobladores aledaños al río y el recurso hídrico.

### **3.4 Alcance de la Propuesta**

#### ***3.4.1 Delimitación del Contenido***

<b>Campo:</b>	Ambiente
<b>Área:</b>	El Agua
<b>Aspecto Ambiental:</b>	Humedal

#### ***3.4.2 Delimitación Espacial***

Río Cunuyacu

## 3.5 Diseño del Humedal

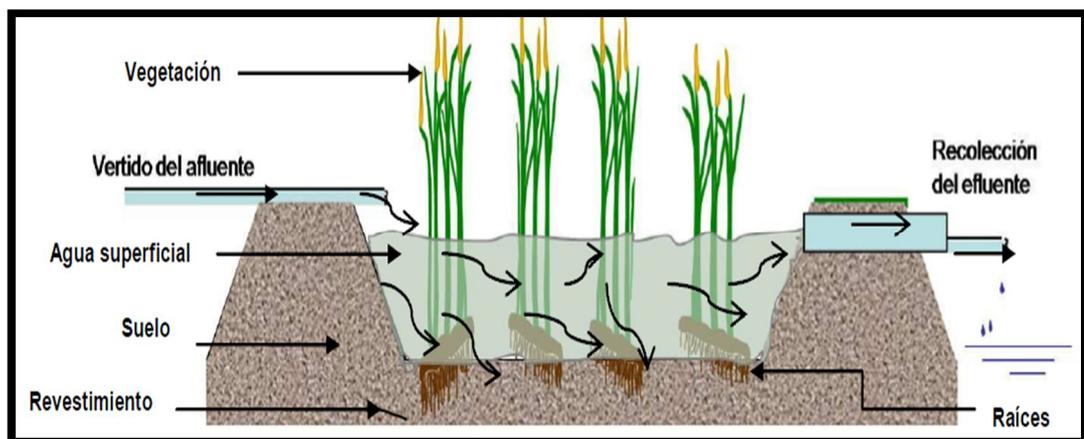
### 3.5.1 Marco Teórico

#### 3.5.1.1 Humedal Artificial

Según: LLAGAS, W; GÓMEZ, E. (2006). Un humedal artificial es un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contado con los procesos naturales para tratar el agua residual.p.89.

Los humedales son medios semi terrestres con un elevado grado de humedad y una profusa vegetación, que reúnen ciertas características biológicas, físicas, químicas, que les confieren un elevado potencial auto depurador.

GRÁFICO N° 4. HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUPERFICIAL (HAFS)



FUENTE: ESTRADA, Islena (2010).

Según: LARA, Jaime. (1999). “Los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales.”p.2.

- ❖ Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- ❖ Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- ❖ Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

### ***3.5.1.2 Componentes de un Humedal Artificial de Flujo Superficial***

Según: LARA, Jaime. (1999). “Los humedales artificiales de flujo superficial se constituyen por los elementos agua, suelo, plantas acuáticas y microorganismos.”p.6.

Mismos que se detallan a continuación con más de los elementos que intervienen dentro de la construcción de un humedal artificial.

#### ***A) Agua***

El agua es la fase móvil dentro del humedal, la encargada del transporte de los contaminantes y en la cual se van a producir la mayoría de las reacciones responsables de la depuración.

## ***B) Suelo***

El relleno, junto con los sedimentos y los restos de vegetación, es importante por varias razones:

- ❖ Actúan como barrera primaria de tamizado
- ❖ Actúan como estructura soporte de las plantas y como superficie para el crecimiento y desarrollo de la masa microbiana.
- ❖ Facilitan los mecanismos de adsorción e intercambio iónico entre el agua residual y los componentes minerales del suelo.
- ❖ La permeabilidad del relleno afecta al movimiento del agua a través del humedal.
- ❖ Favorecen la precipitación química de contaminantes disueltos, por ejemplo, precipitación de fosfatos con calcio, aluminio o hierro contenido en el relleno

## ***C) Sedimento***

El sedimento orgánico es un elemento fundamental en el proceso de depuración por humedales, ya que sirve de sustrato para el crecimiento de multitud de microorganismos, presenta una elevada capacidad de cambio que asegura la retención y posterior transformación del material orgánico e inorgánico.

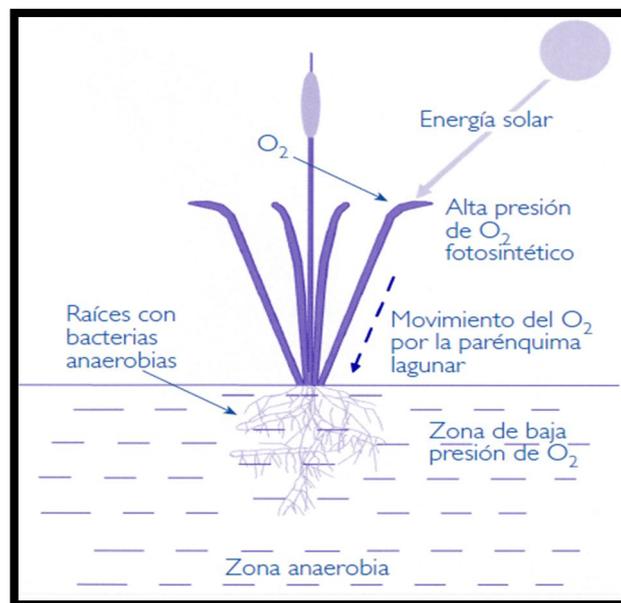
## ***D) Plantas Acuáticas***

La utilización de plantas acuáticas ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales, y ha demostrado ser

eficiente en la remoción de una amplia gama de sustancias, orgánicas así como nutrientes y metales pesados.

El mecanismo mediante el cual la planta saca del agua residual al contaminante es el siguiente: las plantas acuáticas, que constituye la base de la tecnología de los humedales artificiales (wetlands), tienen la propiedad de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces. El aire que no es aprovechado por la especie y que ésta expelle es absorbido por microorganismos, como bacterias y hongos, que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema.

#### GRÁFICO N° 5. ESQUEMA DEL PROCESO DE AIREACIÓN DE LA RIZOSFERA DE LAS MACROFITAS EMERGENTES DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES



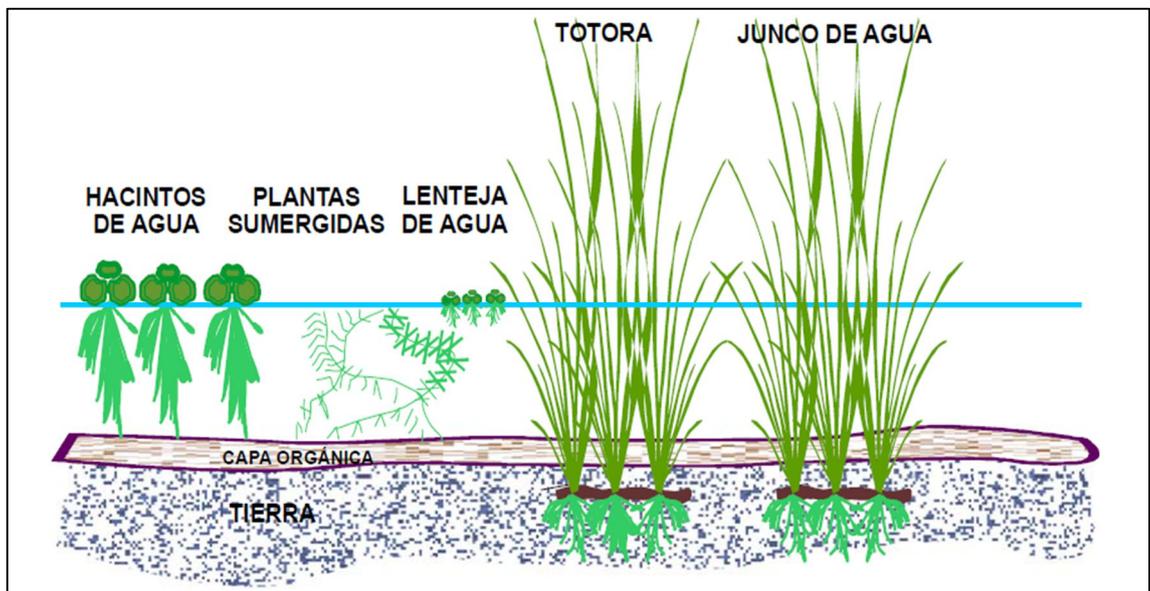
FUENTE: FERNANDEZ, Jesús (2008).

El tipo de vegetación más utilizado en los Humedales Artificiales son las macrófitas o plantas acuáticas. Para algunas especies con alto contenido de

lignina, en particular, totora, junco y caña común, gran parte de la planta permanece de pie. Los helófitos tienen un efecto termorregulador sobre el sistema, aminorando la insolación en verano y actuando como aislantes en invierno, con un efecto positivo sobre los procesos biológicos.

La función de mayor importancia de las macrófitas en relación con el proceso de tratamiento de las aguas residuales es el efecto físico que ellas producen. Las macrófitas estabilizan la superficie del lecho, proporcionando buenas condiciones para la filtración, la transferencia de oxígeno a través de las raíces y rizomas, absorción de nutrientes y eliminan contaminantes por asimilación directa en sus tejidos.

#### GRÁFICO N° 6. PLANTAS ACUÁTICAS UTILIZADAS PARA LA REDEMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS



FUENTE: ESTRADA, Islena (2010).

**TABLA N° 36. FUNCIONES DE LAS PLANTAS EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO ACUÁTICO**

Raíces y/o tallos en la columna de agua	Superficies sobre la cual la bacteria crece.
	Medio de filtración y adsorción de sólidos.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua	Atenúan la luz del sol y así previenen el crecimiento de algas.
	Reducen los efectos del viento en el agua. Es decir, transferencia de gases entre la atmosfera y el agua.
	Importante entre la transferencia de gases para y desde las partes sumergidas de la planta.

**FUENTE:** LLAGAS Y GÓMEZ. (2006).

***E) Medios de Soporte***

En los humedales el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- ❖ Soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal.
- ❖ Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- ❖ Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.

**TABLA N° 37. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LOS MEDIOS PARA HUMEDALES**

<b>Tipo de material</b>	<b>Tamaño efectivo D<sub>10</sub> (mm)</b>	<b>Porosidad n (%)</b>	<b>Conductividad hidráulica (m/d)</b>
Arena Gruesa	2	28-3	100-1000
Arena Gravosa	8	30-35	500-5000
Grava Fina	16	35-38	1000-10000
Grava Media	32	36-40	10000-50000
Grava Gruesa	128	38-45	50000-250000

**FUENTE:** LLAGAS Y GÓMEZ. (2006).

### *3.5.1.3 Mecanismos de Remoción de Contaminantes en Humedales Artificiales*

**Según: LARA, Jaime (1999).** Los humedales artificiales pueden tratar con efectividad altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS), y nitrógeno, así como niveles significativos de metales, compuestos orgánicos traza y patógenos. p.32.

La eliminación de fósforo es mínima debido a las limitadas oportunidades de contacto del agua residual con el suelo. Los mecanismos básicos de tratamiento son tamizados, sedimentación, precipitación química, adsorción y degradación microbiológica de la DBO y del nitrógeno, así como la captación por parte de la vegetación.

**TABLA N° 38. MECANISMOS DE DEPURACIÓN PREDOMINANTES EN  
LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.**

CONTAMINANTES	MECANISMOS DE ELIMINACION
Sólidos Suspendidos	Sedimentación Filtración
Contaminantes	Mecanismos de eliminación
Materia orgánica	Degradación microbiana aerobia Degradación microbiana anaerobia
Nitrógeno	Amonificación por nitrificación microbiana y desnitrificación. Asimilación por parte de las plantas Adsorción principal. Volatilización por amoniaco.
Fósforo	Adsorción por parte del lecho Asimilación por parte de las plantas
Metales	Asimilación por parte de las plantas Intercambio Iónico
Patógenos	Sedimentación Filtración Muerte natural Radiación Ultravioleta

**FUENTE:** LARA, Jaime (1999).

### ***3.5.2 Tipo de Humedal Artificial a Diseñar***

#### ***3.5.2.1 Humedal Artificial Superficial***

El tipo de humedal artificial a diseñar es el Humedal Artificial Superficial ya que al ser un tratamiento biológico elimina una gran cantidad de contaminantes de las

aguas residuales antes de ser depositado al río Cutuchi. Las aguas residuales pasan por el humedal con un tiempo de paso de 3 minutos. El agua residual que ingresa al humedal artificial y atraviesa al tratamiento biológico cumple con los procesos mecánicos y biológicos por las plantas en el sistema y los microorganismos que se encuentran alrededor de las raíces de la planta. Se considera para la construcción del humedal artificial superficial la cantidad de efluente que va a ingresar al mismo.

A continuación detallaremos ciertos criterios de construcción del humedal artificial:

- ❖ El área donde se propone implementar el humedal artificial es en la desembocadura al río Cunuyacu ya que existe un área amplia.
- ❖ El tamaño del humedal artificial se determinó mediante el cálculo del caudal del río Cunuyacu y el tiempo de paso.
- ❖ La pendiente del humedal es de 4 x1000
- ❖ El tamaño de las paredes es de 1,50m de altura con un espesor de 0,30m.
- ❖ La lámina de agua del humedal no sobrepasara una altura de 0,50m.
- ❖ El humedal artificial contara con dos compuertas de 2,00m x 1,50m con vástago y tornillo con espesor de 6 líneas.
- ❖ El humedal artificial contara con tres capas de 10 cm cada una, la primera será de grava la siguiente de arena y la última será sustrato para la siembra de las plantas a utilizar para la depuración del agua del río Cunuyacu.
- ❖ Las especies se sembraran con un espacio de 1,00m entre ellas.

### ***3.5.2.2 Vegetación del humedal artificial***

Existen algunas plantas acuáticas que son utilizadas para los humedales artificiales pero para nuestro diseño utilizaremos las siguientes:

- ❖ CARRIZO (*Phragmites australis*) pertenecen a las gramíneas, son capaces de fijar nutrientes (carbono, nitrógeno y fósforo) e incluso metales pesados en las diferentes partes de su aparato vegetativo, por lo que es considerado con un alto porcentaje en su capacidad depuradora en aguas contaminadas y recomendable para la utilización en humedales artificiales.

**FOTOGRAFÍA N° 7. CARRIZO (*Phragmites australis*)**



**FUENTE: MENÉNDEZ, Juan (2005).**

- ❖ TOTORA (*Schoenoplectus californicus*) tiene la capacidad de absorber, acumular y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados (cadmio, zinc y fósforo), compuestos orgánicos y radioactivos. Es una especie herbácea, acuática emergente y cosmopolita, tiene la particularidad de absorber elementos químicos contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, utiliza sus raíces de las plantas para absorber, precipitar y concentrar los contaminantes a partir de efluentes líquidos contaminados. La totora no solamente acumula contaminantes cuando está viva, sino que se ha verificado que los tejidos de ejemplares secos pueden

ser altamente eficientes en la retención de metales, actuando como resinas de intercambio.

**FOTOGRAFÍA N° 8. TOTORA (*Schoenoplectus californicus*)**



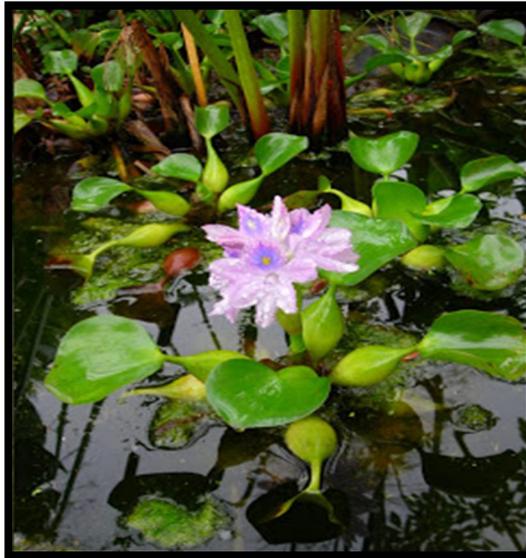
**FUENTE: ADORANTES (2015).**

❖ **LECHUGIN (*Eichornia crassipes*)** o también llamado Jacinto de Agua.

Según: CASTILLO, Raúl, (2013). **Esta planta acuática es capaz de eliminar los sólidos por sedimentación, decantación, filtración y degradación a través del conjunto que forma el sustrato del humedal con las raíces y rizomas del jacinto de agua. p.25.**

Como también elimina la materia orgánica del agua es realizada por los microorganismos que viven adheridos al sistema radicular de la planta y que reciben el oxígeno a través de un sistema de aireación muy especializado. Una parte de la aireación del agua también se realiza por difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua. La eliminación del nitrógeno se elimina por diversos procesos: absorción directa por la planta y, en menor medida, por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias.

**FOTOGRAFÍA N° 9. LECHUGIN (*Eichornia crassipes*)**



**FUENTE: CASTILLO, Raúl, (2013).**

***3.5.2.3 Operación y Mantenimiento***

La operación y el mantenimiento del humedal deben ser limitados y consisten en la profundidad del agua, la limpieza de las estructuras de entrada y salida, el manejo de la vegetación del humedal y el seguimiento rutinario de la calidad del agua.

- ❖ La profundidad del agua es muy importante para el crecimiento de la raíz, generalmente es regulado por el sistema de entrada y salida.
- ❖ Generalmente se debe reemplazar las plantas acuáticas que con el transcurso del tiempo sufren un deterioro.
- ❖ La rejilla o malla que es colocada en la entrada y salida debe ser limpiada para impedir la obstrucción por sólidos suspendidos y grava.

### 3.5.3 Cálculos de Diseño

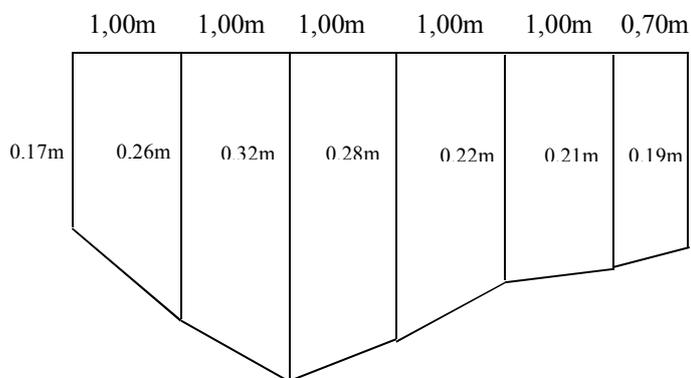
#### 3.5.3.1 Cálculo del Caudal

**TABLA N° 39. AFORO EN EL RÍO CUNUYACU**

Distancia del punto inicial en mts.	Profundi. Vertical medida (h).	Profundi. de la observ. en mts.	Velocidad (V)	Observaciones
0,00	0,17		0,00	
1,00	0,26	0,11	1,129 1,221	1,175
2,00	0,32	0,12	1,430	
3,00	0,28	0,11	1,133	
4,00	0,22	0,09	0,648	
5,00	0,21	0,08	0,238	
5,70	0,19		0,00	

**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015).

**GRÁFICO N° 7. AFORO DEL RÍO CUNUYACU**



**ELABORADO POR:** Las investigadoras (2015).

El cálculo del caudal del río Cunuyacu se lo realizó mediante un aforo dividiendo el río en seis puntos cada metro y el último en setenta centímetros, en cada punto se midió la profundidad y se tomó la velocidad al 40% con la ayuda del molinete hidráulico, posteriormente se detallan las áreas calculadas con la ayuda de los datos obtenidos en la medición.

### ❖ Formula del Área de Afros

$$A = \frac{bm + bme}{2} * h$$

**Donde:**

**A** = área

**bme** = base menor

**bm** = base mayor

**h** = altura

$$A1 = \frac{0,26m + 0,17m}{2} * 1,00m \quad A1 = 0,22m^2$$

$$A2 = \frac{0,32m + 0,26m}{2} * 1,00m \quad A2 = 0,29m^2$$

$$A3 = \frac{0,32m + 0,28m}{2} * 1,00m \quad A3 = 0,30m^2$$

$$A4 = \frac{0,28m + 0,22m}{2} * 1,00m \quad A4 = 0,25m^2$$

$$A5 = \frac{0,22m + 0,21m}{2} * 1,00m \quad A5 = 0,22m^2$$

$$A6 = \frac{0,21m + 0,19m}{2} * 0,70m \quad A6 = 0,14m^2$$

$$A_{total} = 1,42m^2$$

### ❖ Formula del Caudal

$$Q_T = Q1 + Q2 + \dots + Q6$$

$$Q_T = A1 * \frac{V_0 + V_1}{2} + A2 * \frac{V_0 + V_1}{2} + A3 * \frac{V_0 + V_1}{2} + A4 * \frac{V_0 + V_1}{2} + A5 * \frac{V_0 + V_1}{2} + A6 * \frac{V_0 + V_1}{2}$$

**Donde:**

**Q** = caudal

**V<sub>0</sub>** = velocidad inicial

**A** = área

**V<sub>1</sub>** = velocidad final

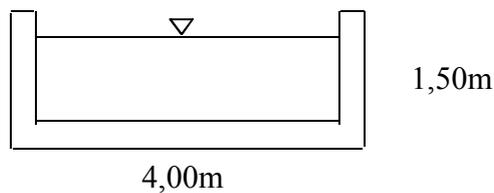
$$\begin{aligned}
Q = & 0,22m^2 * \frac{0,000 \frac{m}{seg} + 1,175 \frac{m}{seg}}{2} + 0,29m * \frac{1,175 \frac{m}{seg} + 1,430 \frac{m}{seg}}{2} + 0,30m^2 \\
& * \frac{1,430 \frac{m}{seg} + 1,133 \frac{m}{seg}}{2} + 0,25m^2 * \frac{1,133 \frac{m}{seg} + 0,648 \frac{m}{seg}}{2} \\
& + 0,22m^2 * \frac{0,648 \frac{m}{seg} + 0,238 \frac{m}{seg}}{2} + 0,14m^2 \\
& * \frac{0,238 \frac{m}{seg} + 0,000 \frac{m}{seg}}{2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q = & 0,22m^2 * 0,5875 \frac{m}{seg} + 0,29m^2 * 1,3025 \frac{m}{seg} + 0,30m^2 * 1,2815 \frac{m}{seg} \\
& + 0,25m^2 * 0,8905 \frac{m}{seg} + 0,22m^2 * 0,443 \frac{m}{seg} + 0,14m^2 \\
& * 0,119 \frac{m}{seg}
\end{aligned}$$

$$Q = 2,080 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q = 2080,00 \frac{L}{seg}$$

### 3.5.3.2 Cálculo del Canal de Evacuación y Mantenimiento



#### ❖ Formula del Área Hidráulica

$$AH = b * h$$

**Donde:**

**AH** = área hidráulica  
**b** = base

**h** = altura

$$AH = 4,00m * 1,50m$$

$$AH = 6m^2$$

❖ **Formula del Perímetro Mojado**

$$x = h + b + h$$

**Donde:**

**x** = perímetro mojado  
**b** = base

**h** = altura

$$x = 1,50m + 4,00m + 1,50m$$

$$x = 7,00m$$

❖ **Formula del Radio Hidráulico**

$$R = \frac{AH}{x}$$

**Donde:**

**R** = radio hidráulico  
**AH** = área hidráulica

**x** = perímetro mojado

$$R = \frac{6,00m^2}{7,00m}$$

$$R = 0,857 \text{ m}$$

❖ **Formula de la Velocidad según Manning**

$$v = \frac{1}{n} * R^{1/3} * t^{1/2}$$

**Donde:**

**v** = velocidad  
**n** = coeficiente de Manning

**R** = radio hidráulico  
**t** = pendiente

$$v = \frac{1}{0,016} * 0,857^{1/3} * 0,004^{1/2}$$

$$v = 3,567 \frac{m}{seg}$$

❖ **Formula del Caudal (ecuación de la continuidad)**

$$Q = v * AH$$

**Donde:**

**Q** = caudal

**AH** = área hidráulica

**v** = velocidad

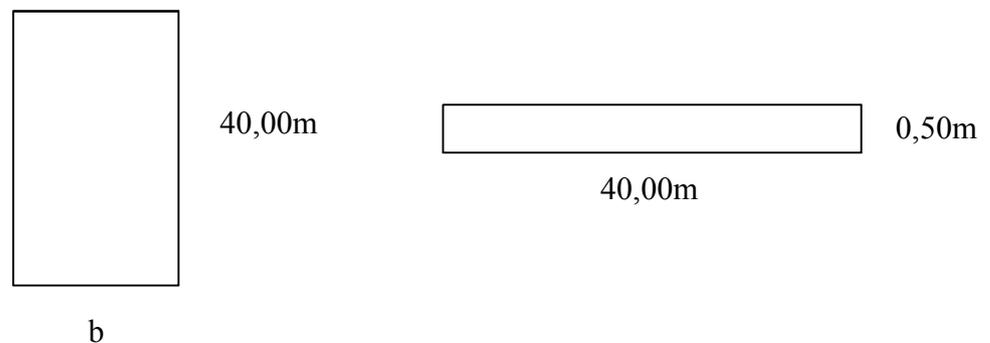
$$Q = 3,567 \frac{m}{seg} * 6,00m^2$$

$$Q = 21,402 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q = 21402,00 \frac{L}{seg}$$

**Nota:** El caudal tomado para la construcción del canal de evacuación y mantenimiento se lo dedujo tomando en consideración el evento extremo, teniendo así que el caudal del río Cunuyacu aumenta 10 veces más el caudal normal en tiempo de invierno.

**3.5.3.3 Cálculo del Humedal Artificial**



**Formula del Caudal**

$$Q = \frac{V}{t}$$

Despejando el volumen (V) tenemos:

$$V = Q * t$$

**Donde:**

**V** = volumen

**t** = tiempo

**Q** = caudal

$$V = 2,080 \frac{m^3}{seg} * 180seg$$

$$V = 374,40m^3$$

❖ **Formula del Volumen**

$$V = A * h$$

$$V = a * b * h$$

**Donde:**

**V** = volumen

**a** = ancho

**A** = área

**b** = base

**h** = altura

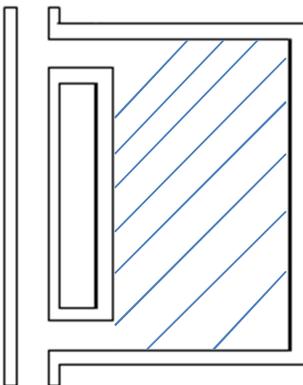
$$374,40m^3 = 40,00m * b * 0,50m$$

$$b = \frac{374,40m^3}{20,00m^2}$$

$$b = 18,72m \neq 20,00m$$

### 3.5.3.4 Cálculo del Volumen de Excavación, Paredes y Solera

❖ **Humedal**



**Formula área:**

**Donde:**

$$Ap = b * a$$

**Ap** = área pequeña

$$Ap = 20,00m * 40,00m$$

**b** = base

$$Ap = 800,00m^2$$

**a** = ancho

**Formula área:**

$$A_g = b * a$$

$$A_g = 20,60m * 40,60m$$

$$A_g = 836,36m^2$$

**Donde:**

**A<sub>g</sub>**= área grande

**b** = base

**a** = ancho

**Formula volumen:**

$$V_p = (A_g - A_p) * h$$

$$V_p = (836,36m^2 - 800,00m^2) * 1,50m$$

$$V_p = (36,36m^2) * 1,5m$$

$$V_p = 54,54m^3$$

**Donde:**

**V<sub>p</sub>** = volumen de paredes

**A<sub>g</sub>** = área grande

**A<sub>p</sub>** = área pequeña

$$V_s = A_g * esp$$

$$V_s = 836,36m^2 * 0,30m$$

$$V_s = 250,908m^3$$

**V<sub>s</sub>** = volumen de la solera

**A<sub>g</sub>** = área grande

**esp** = espesor

$$V_e = A_g * (h + esp)$$

$$V_e = 836,36m^2 * (1,50m + 0,30m)$$

$$V_e = 836,36m^2 * (1,80m)$$

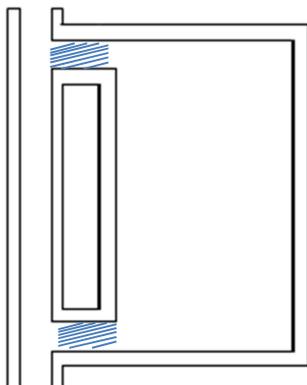
$$V_e = 1505,448m^3$$

**V<sub>e</sub>** = volumen de excavación

**A<sub>g</sub>** = área grande

**h** = altura

**esp** = espesor

❖ **Canales de Entrada y Salida****Formula área:**

$$A_p = b * a$$

$$A_p = 2,00m * 2,00m$$

$$A_p = 4,00m^2$$

**Donde:**

**A<sub>p</sub>** = área pequeña

**b** = base

**a** = ancho

**Formula área:**

$$A_g = b * a$$

$$A_g = 2,60m * 2,60m$$

$$A_g = 6,76m^2$$

**Donde:**

**A<sub>g</sub>**= área grande

**b** = base

**a** = ancho

**Formula volumen:**

$$V_p = (A_g - A_p) * h$$

$$V_p = (6,76m^2 - 4,00m^2) * 1,50m$$

$$V_p = (2,76m^2) * 1,5m$$

$$V_p = 4,14m^3$$

**Donde:**

**V<sub>p</sub>** = volumen de paredes

**A<sub>g</sub>** = área grande

**A<sub>p</sub>** = área pequeña

$$V_s = A_g * esp$$

$$V_s = 6,76m^2 * 0,30m$$

$$V_s = 2,028m^3$$

**V<sub>s</sub>** = volumen de la solera

**A<sub>g</sub>** = área grande

**esp** = espesor

$$V_e = A_g * (h + esp)$$

$$V_e = 6,76m^2 * (1,50m + 0,30m)$$

$$V_e = 836,36m^2 * (1,80m)$$

$$V_e = 8,56m^3$$

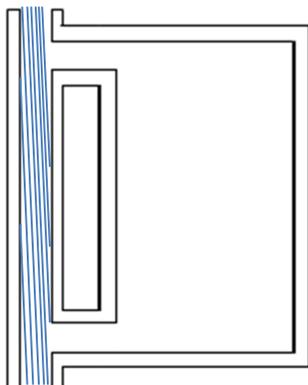
**V<sub>e</sub>** = volumen de excavación

**A<sub>g</sub>** = área grande

**h** = altura

**esp** = espesor

❖ **Canal de Evacuación**



**Formula área:**

$$A_p = b * a$$

$$A_p = 42,00m * 4,00m$$

$$A_p = 168,00m^2$$

**Donde:**

**A<sub>p</sub>** = área pequeña

**b** = base

**a** = ancho

**Formula área:**

$$A_g = b * a$$

$$A_g = 42,60m * 4,60m$$

$$A_g = 195,96m^2$$

**Donde:**

**A<sub>g</sub>**= área grande

**b** = base

**a** = ancho

**Formula volumen:**

$$V_p = (A_g - A_p) * h$$

$$V_p = (195,96m^2 - 168,00m^2) * 1,50m$$

$$V_p = (27,96m^2) * 1,5m$$

$$V_p = 41,94m^3$$

**Donde:**

**V<sub>p</sub>** = volumen de paredes

**A<sub>g</sub>** = área grande

**A<sub>p</sub>** = área pequeña

$$V_s = A_g * esp$$

$$V_s = 195,96m^2 * 0,30m$$

$$V_s = 58,788m^3$$

**V<sub>s</sub>** = volumen de la solera

**A<sub>g</sub>** = área grande

**esp** = espesor

$$V_e = A_g * (h + esp)$$

$$V_e = 195,96m^2 * (1,50m + 0,30m)$$

$$V_e = 195,96m^2 * (1,80m)$$

$$V_e = 352,728m^3$$

**V<sub>e</sub>** = volumen de excavación

**A<sub>g</sub>** = área grande

**h** = altura

**esp** = espesor

❖ **Perímetro de Construcción**

$$P = 1m + 22m + 40m + 22m + 1m + 42m + 36m + 2m + 36m + 2m$$

$$P = 204m$$

❖ **Sumatoria del Volumen de las Paredes y Soleras**

$$V_t = 54,54m^3 + 250,908 m^3 + 4,14m^3 + 2,028m^3 + 4,14m^3 + 2,028m^3 + 41,94m^3 + 58,788m^3$$

$$V_t = 418,512m^3$$

**Nota:** Para la construcción de 1m<sup>3</sup> de hormigón se requiere 7qq de cemento por ello se necesita 2930qq de cemento para la construcción del humedal.

### ***3.5.4 Materiales Necesarios***

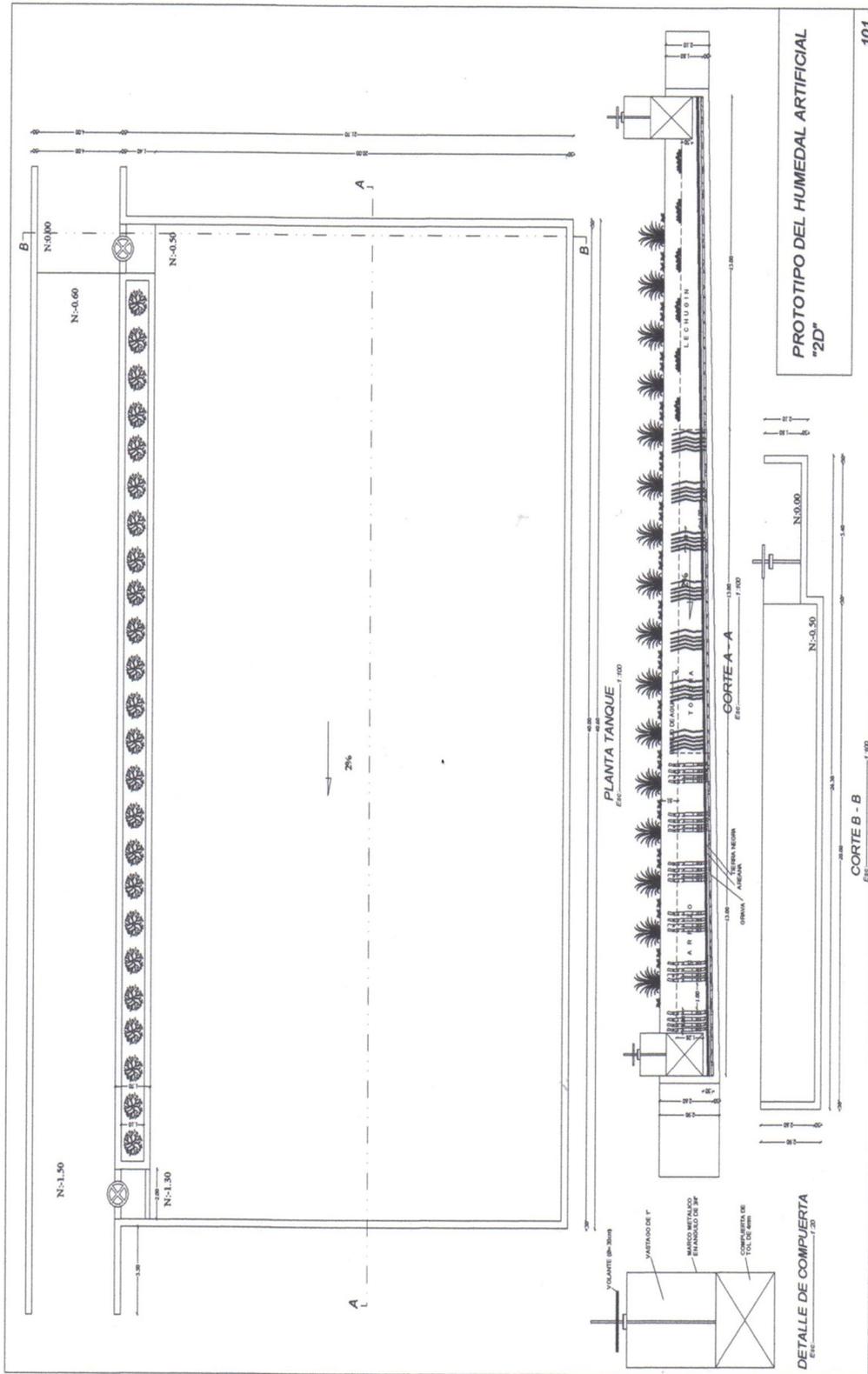
#### **Materiales**

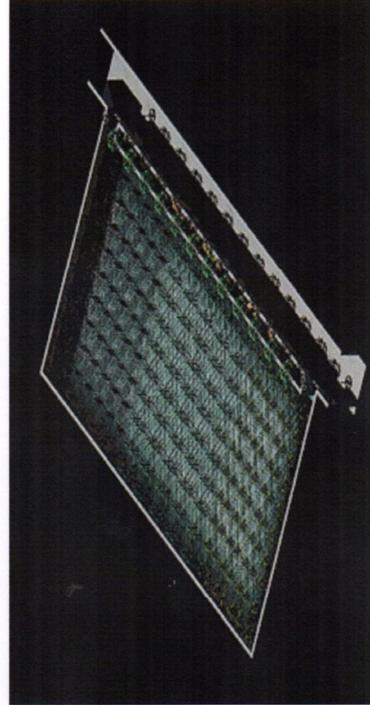
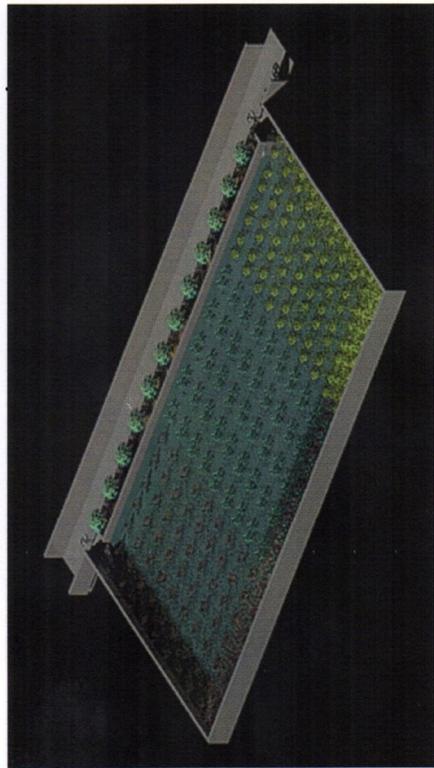
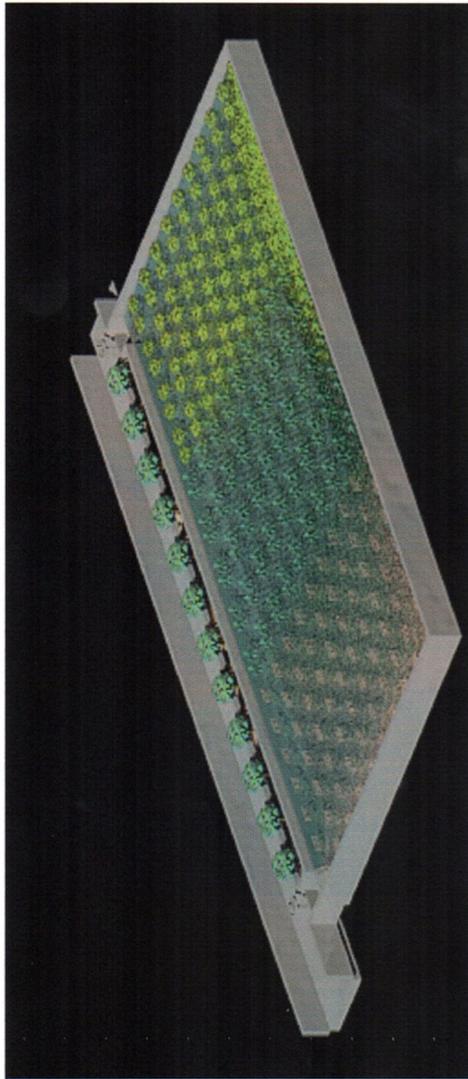
Los humedales construidos de aguas grises pueden ser construidos sobre la tierra o debajo de la tierra dentro de una celda de bosques de concreto u otro tipo de cubierta impermeable. El tamaño de la celda afectar el costo del sistema.

- Cemento
- Arena
- Grava
- Plantas acuáticas
- Malla electro soldada
- Compuertas metálicas
- Ripio
- Clavos
- Alambre
- Maquinaria pesada
- Martillos
- Terreno

### ***3.5.5 Diseño del Prototipo del Humedal Artificial***

A continuación se detallan los prototipos del diseño del humedal artificial en 2D en la página 101 y 3D en la página 102.





PROTOTIPO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL  
"3D"

### 3.5.6 Presupuesto

PRESUPUESTO DEL DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL SUPERFICIAL								
Actividades	Detalle de las actividades	Unidad	Recurso	Tiempo estimado	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal	Total
Pago por servicios profesionales	Costo de Ingeniería civil y Topografía	Individuo	Diseño		2	5000,00	10000,00	10000,00
Excavación y nivelación	Encausamiento y desvío del río para realizar los trabajos de construcción del humedal artificial	Unidad	Retroexcavadora	1 día	1	300,00	300,00	6620,00
	Desbroce de la cobertura vegetal en el área del diseño.	Unidad	Aplanadora, Retroexcavadora	2 día	2	800,00	3200,00	
	Excavación y retiro de materiales (tierra, arena y grava) producidos en la excavación	Unidad	Pala y Volqueta	3 días	2	50,00	2400,00	

	Relleno y Aplanamiento del terreno	Unidad	Motoniveladora	1 día	1	60,00	480,00	
	Compactación del suelo descubierto y diseño del humedal artificial	Unidad	Rodillo	1 día	1	30,00	240,00	
Construcción del Humedal y canal de evacuación-mantenimiento	Construcción de los pisos del humedal y canal con hormigón	Individuo	Albañil	2 meses	10	30,00	12000,00	16000,00
	Ubicación de tableros para construcción de columnas y paredes con hormigón		Ayudante		5	20,00	4000,00	
	Materiales de construcción de hormigón	m <sup>2</sup>	Malla electro-soldada	1 mes	35	95,00	3325,00	32965,00
		qq	Cemento		2930	8,00	23440,00	
		Volquetas	Arena		10	50,00	500,00	

			Ripio		10	60,00	600,00	
			piedra		50	100,00	5000,00	
	Insumos necesarios para la construcción	Libra	clavos		20	5,00	100,00	1535,00
		Unidad	martillos		15	15,00	225,00	
		Unidad	tableros		100	5,00	500,00	
		Rollo	alambres		6	10,00	60,00	
		Unidad	carretillas		8	80,00	640,00	
		Unidad	concretera		1	30,00	10,00	
	Dispersión uniforme de la grava en el humedal (formación del medio de soporte)	Volquetas	Tierra negra		7	60,00	420,00	420,00
	Construcción de entrada y salida del agua en el humedal	Unidad	compuertas		2	300,00	600,00	650,00
			rejillas		1	50,00	50,00	
	Recolección y disposición final de desechos sólidos en esta actividad	Unidad	Fundas plásticas para residuos sólidos		2	30,00	60,00	60,00

Compra, transporte y colocación de las plantas acuáticas para siembra (carrizo, totora, lechugin)	Adquisición y transporte de las plantas acuáticas	Unidad	Carrizo		540	0,75	405,00	2677,50
			Totora		540	0,75	405,00	
			Lechugin		890	0,75	667,50	
	Siembra de las plantas acuáticas	Individuo	Trabajador	2 semanas	6	20,00	1200,00	
<b>SUBTOTAL</b>								<b>70927,50</b>
<b>IMPREVISTOS 10%</b>								<b>7092,75</b>
<b>TOTAL</b>								<b>78020,25</b>

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos se llega a las conclusiones siguientes:

- ❖ En el diagnóstico situacional actual ambiental realizado al área de estudio del río Cunuyacu se determinó la existencia de factores que contribuyen a la contaminación ambiental del río siendo estos el pastoreo de animales, tala de árboles y arbustos autóctonos del lugar, el depósito de aguas residuales, la agricultura y monocultivos que se viene desarrollando a las riveras del mismo dichos resultados se obtuvo gracias a la matriz de caracterización del área de estudio y mediante la observación de campo.
  
- ❖ Mediante los índices BMWP y EPT correspondientes para la identificación de los bioindicadores (macroinvertebrados) se determinó la calidad del agua del río Cunuyacu en los 12 puntos teniendo así que en el punto 1 son aguas muy buenas y aceptables que nos denotan aguas ligeramente contaminadas; en los puntos 2, 3 y 4 aguas buenas y dudosas que son aguas moderadamente contaminadas y en los puntos 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 son aguas malas y muy críticas lo que indica que son aguas fuertemente contaminadas.
  
- ❖ En base a los resultados obtenidos se diseñó el prototipo del humedal artificial en 3D el cual utiliza plantas acuáticas como son el carrizo, totora y lechuguín para el mejoramiento de la calidad del agua del río Cunuyacu.

## 5. RECOMENDACIONES

- ❖ Es fundamental que la presente investigación sirva como base para futuras investigaciones del recurso hídrico, para así determinar la calidad del agua de los ríos que encontramos en nuestra provincia.
  
- ❖ Se recomienda tomar en cuenta las condiciones meteorológicas del área en donde se realizara el muestreo ya que por situaciones adversas al tiempo pueden alterar los resultados de los bioindicadores.
  
- ❖ También se recomienda incentivar la implementación de Humedales artificiales como tratamiento de aguas residuales, para cumplir con lo decretado en la Constitución del Ecuador donde “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.
  
- ❖ Al igual se recomienda que las autoridades ambientales competentes de turno del cantón Latacunga tomen como referencia los resultados obtenidos sobre la calidad de agua del río Cunuyacu para que se realicen las gestiones pertinentes y se pueda implementar el diseño del humedal artificial planteado en la presente investigación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía Citada

- ❖ BLANCAS, Carmen y HERVÁZ, Emilia. Contaminación de las agua por nitratos y efectos sobre la salud. 3a. ed. Sevilla: Egondi artes gráficas, 2001. 87p. ISBN: 8484860051.
- ❖ CAPÓ, Miguel. Principios de ecotoxicología. 1a. ed. Madrid: Tebar, 2007. 320p. ISBN: 8473602633.
- ❖ DICKSON, T.R. Química enfoque ecológico. 1a. ed. México, D. F: Limusa, 1994. ISBN: 968180886X.
- ❖ GONZÁLEZ, Gladys. Microbiología del Agua Conceptos y aplicaciones. 1ª. ed. Bogotá. Nuevas Ediciones S.A, 2012. 414p. ISBN: 9789588726038.
- ❖ HERVAZ, Ruth, RIVERO, Francis y GONZÁLES, Ariel. Indicadores biológicos de calidad del agua. 1a. ed. Cochapamba. 2006.
- ❖ PRIETO, Carlos. El agua: Sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños y conservación. 2a. ed. Bogotá: Eco ediciones, 2004. 380p. ISBN: 9586483568.
- ❖ ROLDÁN, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. 1ª. ed. Presencia Ltda, 1988.267p. ISBN: 9589129048.
- ❖ ZAMORA, Hildier. Índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad de agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. 1ª. ed. Colombia: 1998.

## **Bibliografía Consultada**

- ❖ AVELLANEDA, José. Gestión ambiental y planificación del desarrollo. 2ª. ed. Bogotá: Eco Ediciones, 2007. 324p. ISBN: 9789586484886.
- ❖ BERNAL, César. Metodología de la Investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2a. ed. México: Pearson educación, 2006. 304p. ISBN: 9702606454.
- ❖ CAMACHO, Aurora, ARIOS, Liliana. Diccionario de términos ambientales. 1a. ed. Habana: Acuario, 2000. 73p. ISBN: 9597071169.
- ❖ CARRERA, C, FIERRO, K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. 1ª. ed. Quito: Ecociencia. 2001. 67p. ISBN: 9978419640.
- ❖ CASTAÑO, Silvino, MARTÍNEZ, Pedro, MARTÍNEZ, Pedro E. Fundamentos de Hidrogeología. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 2006. ISBN: 8484762394.
- ❖ EYSSAUTIER, Maurice. Metodología de la investigación. Desarrollo de la investigación. Colombia: Panamericana formas, 2002. ISBN: 9796860940.
- ❖ OSORIO, Robles, TORRES, Juan, SÁNCHEZ, Mercedes. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. España: Díaz de Santos, 2010. ISBN: 9788479789039.
- ❖ TOLEDO, Miguel. Desarrollo Sustentable. 2da. ed. México: Ed. Mc Graw Hill, 2011. ISBN: 9786071505569.

## Linkografías

- ❖ ALDABA, Jesús; ARLUZIAGA, Imanol. Estudio de los Colémbolos recogidos en muestreos de macroinvertebrados bénticos realizados en las aguas fluviales de Guipúzcoa. [en línea]. 1984 [Miércoles 25, Junio, 2014]. Disponible en <<http://www.aranzadi-zientziak.org/fileadmin/docs/Munibe/1984099104CN.pdf>>.
- ❖ ÀLVAREZ, Sergio, PÈREZ, Lucilizabeth. “Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras”. [en línea]. 2007. [Miércoles 04, Junio, 2014]. Disponible en <<http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/T2516.pdf>>.
- ❖ CASTILLO, Raúl. “Valores agregados de la biodigestión anaerobia del Jacinto de Agua”. [en línea]. 2013. [Viernes 27, Marzo, 2015]. Disponible en <<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5052/1/TESIS.pdf>>.
- ❖ ESTRADA, Islena. “Monografía sobre humedales artificiales de flujo Subsuperficial (HAFSS) para remoción de metales pesados en Aguas residuales”. [en línea]. 2010. [Martes 24, Marzo, 2015]. Disponible en <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1833/1/333918E82.pdf>>.
- ❖ FERNÁNDEZ, Jesús. “Humedales artificiales para depuración”. [en línea]. 2008. [Martes 31, Marzo, 2015]. Disponible en <[http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%206.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%206.pdf)>.
- ❖ LARA, Jaime. “Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales”. [en línea]. 1999. [Miércoles 18, Marzo, 2015]. Disponible en <<http://www.aprchile.cl/pdfs/Humedales.pdf>>.

- ❖ LEVINE, R. “Indicadores de contaminación fecal en aguas”. [en línea]. 1998. [Miércoles 25, Junio, 2014]. Disponible en <[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)>.
  
- ❖ LLAGAS, Wilmer, GÓMEZ, Enrique. “Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM”. [en línea]. 2006. [Martes 10, Marzo, 2015]. Disponible en <[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9\\_n17/a11.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf)>.
  
- ❖ ROLDAN, Gabriel. “Loa macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua”. [en línea]. [Miércoles 25, Junio, 2014]. Disponible en <[http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_23/88/375-387.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf)>.
  
- ❖ SIERRA, Julia. Resultados preliminares del proyecto de investigación "identificación y prueba de bioindicadores y recuperadores para la descontaminación de la cuenca alta del rio Bogotá". [en línea]. 2001 [Martes 03, Junio, 2014]. Disponible en <<http://www.redalyc.org/pdf/911/91101003.pdf>>.

### **Bibliografía de la Línea Base**

- ❖ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Anuario Meteorológico 2005-2008.
  
- ❖ Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Datos del Censo de Población y Vivienda. Año 2010.
  
- ❖ Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Cantón Latacunga.
  
- ❖ Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE), 2010.

# ANEXOS

## ANEXO N° 1. MUESTREOS



**Punto 4. Urbanización**



**Punto 5. Trajano Naranjo**



**Punto 6. Estadio Ignacio Flores**



**Punto 7. La Laguna**



**Punto 8. Once de Noviembre**



**Punto 9. Roosevelt**



**Punto 10. Ramon Barba Naranjo**



**Punto 11. Molinos Poultry**



## Punto 12. Desembocadura Río Cutuchi



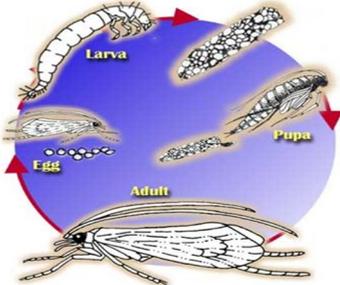
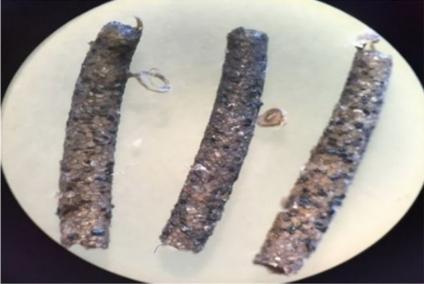
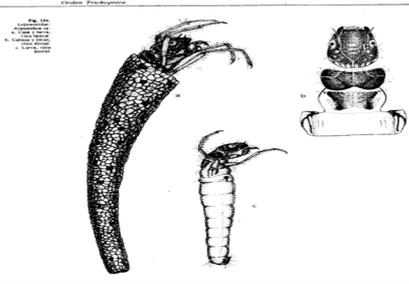
### Muestras obtenidas



## ANEXO N° 2. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



**ANEXO N° 3. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS**

<p><b>Clase:</b> Insecta  <b>Orden:</b> Trichoptera  <b>Familia:</b> Leptoceridae  <b>Especie:</b> Atanatolica sp.  <b>Puntos en donde se los encontró:</b> P1; P2; P3; P4.</p>	
<b>Pupa</b>	<b>Larva</b>
	
<b>Larva y Caparazón</b>	<b>Ciclo de vida</b>
	
<b>Caparazones</b>	<b>Imagen Taxonómica</b>
	
<b>Adulto cara ventral y dorsal</b>	
	

**Clase:** Crustacea  
**Orden:** Amphipoda  
**Familia:** Hyalellidae  
**Especie:** *Hyalella curvispina*  
**Puntos en donde se los encontró:** P1.

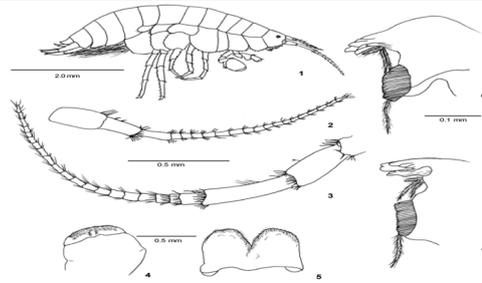
**Fotografía 1**



**Fotografía 2**



**Imagen Taxonómica**



Figures 1-7. *Hyalella stali* sp. nov., male: (1) body of specimen adult; (2) antenna; (3) upper lip; (4) lower lip; (5) right mandible; (6) left mandible. Scale bars: 1 = 2.0 mm, 2-5 = 0.5 mm, 6,7 = 0.1 mm.

**Clase:** Annelida  
**Orden:** Hirudinea  
**Nombre común:** Sanguijuela  
**Puntos en donde se los encontró:** P5; P6; P7; P8; P9; P10; P11; P12.

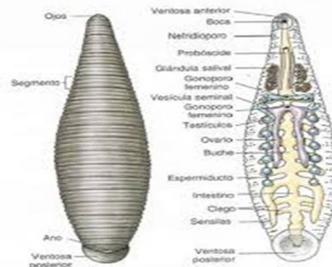
**Fotografía 1**



**Fotografía 2**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta

**Orden:** Diptera

**Familia:** Chironomidae

**Especie:** Chironominae

**Puntos en donde se los encontró:** P5; P6; P7; P8; P9; P10; P11; P12.

**Pupa**



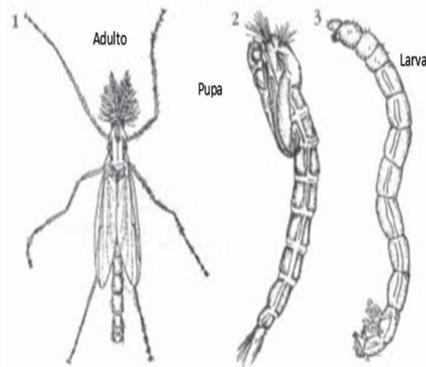
**Larva**



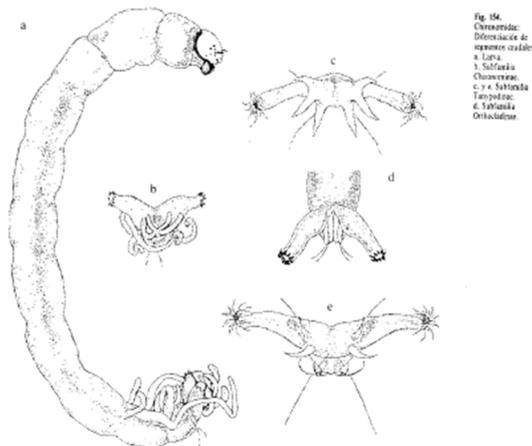
**Adulto**



**Ciclo de vida**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta  
**Orden:** Coleóptera  
**Familia:** Ptilodactylidae  
**Especie:** Anchytarsus  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3.

**Larva**



**Adulto vista Ventral**



**Adulto vista Dorsal**



**Imagen Taxonómica**

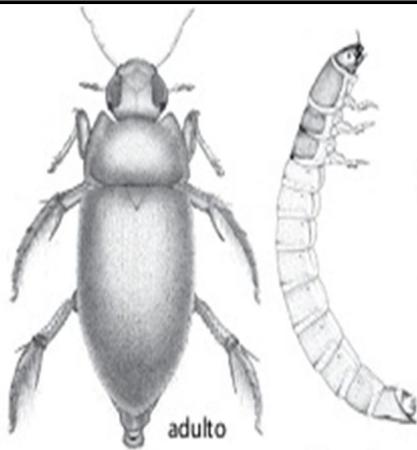


Fig. 106.  
Ptilodactylidae  
Anchytarsus  
A. Tarsus ventral.  
B. Tarsus dorsal.  
C. Ant. det.  
D. Ant. det.  
E. Ant. det.

**Clase:** Annelida

**Orden:** Oligochaeta

**Nombre común:** Lombriz acuática

**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7; P8; P9; P10; P11; P12.

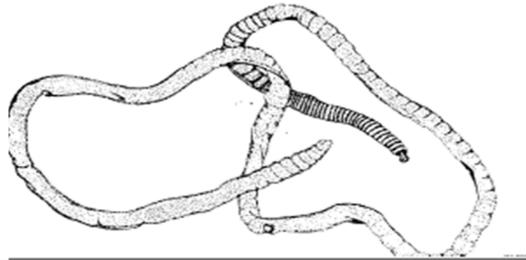
**Fotografía 1**



**Fotografía 2**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Platyhelminthes

**Orden:** Turbellaria

**Nombre común:** Planaria o Platelmintos

**Puntos en donde se los encontró:** P5; P6; P7; P8; P9; P10.

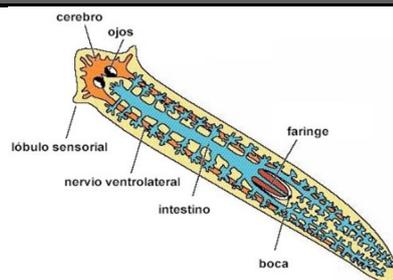
**Fotografía 1**



**Fotografía 2**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Gastropoda  
**Familia:** Physidae  
**Nombre común:** Caracol  
**Puntos en donde se los encontró:** P5; P6; P7; P8; P9.

**Fotografía 1**



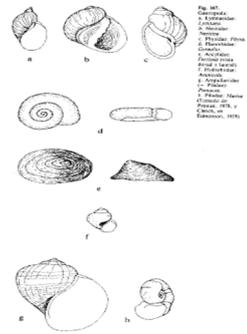
**Fotografía 2**



**Fotografía 3**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta  
**Orden:** Coleoptera  
**Familia:** Elmidae  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3; P4.

**Fotografía 1 – Cara Ventral**



**Fotografía 2 – Cara Dorsal**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Arachnoidea  
**Orden:** Acarina  
**Familia:** Hydrachnidae  
**Nombre común:** Acaros  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3; P4.

**Fotografía 1 – Cara Ventral**



**Fotografía 2 – Cara Dorsal**



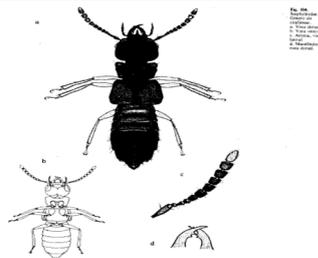
**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta  
**Orden:** Coleoptera  
**Familia:** Staphylinidae  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3.



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta  
**Orden:** Trichoptera  
**Familia:** Philopotamidae  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3.

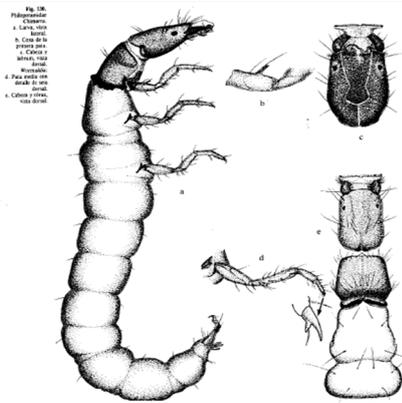
**Fotografía 1**



**Fotografía 2**



**Imagen Taxonómica**

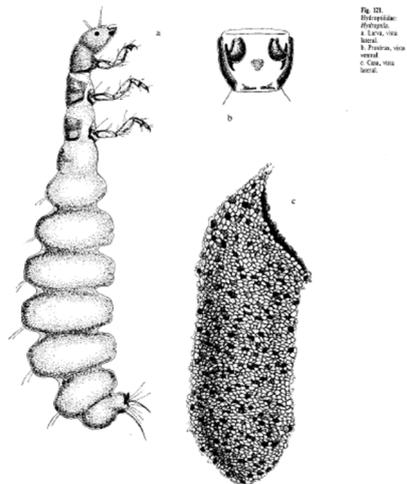


**Clase:** Insecta  
**Orden:** Trichoptera  
**Familia:** Hydroptilidae  
**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2; P3.

**Fotografía 1**



**Imagen Taxonómica**



**Clase:** Insecta

**Orden:** Neuróptera/Megaloptera

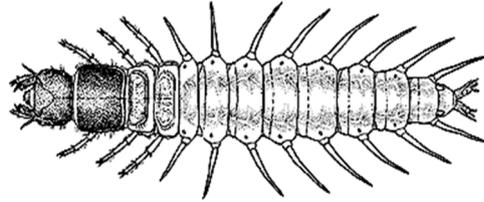
**Familia:** Corydalidae

**Puntos en donde se los encontró:** P1; P2.

**Fotografía 1**



**Imagen Taxonómica**



#### ANEXO N° 4. MEDICIÓN DEL CAUDAL

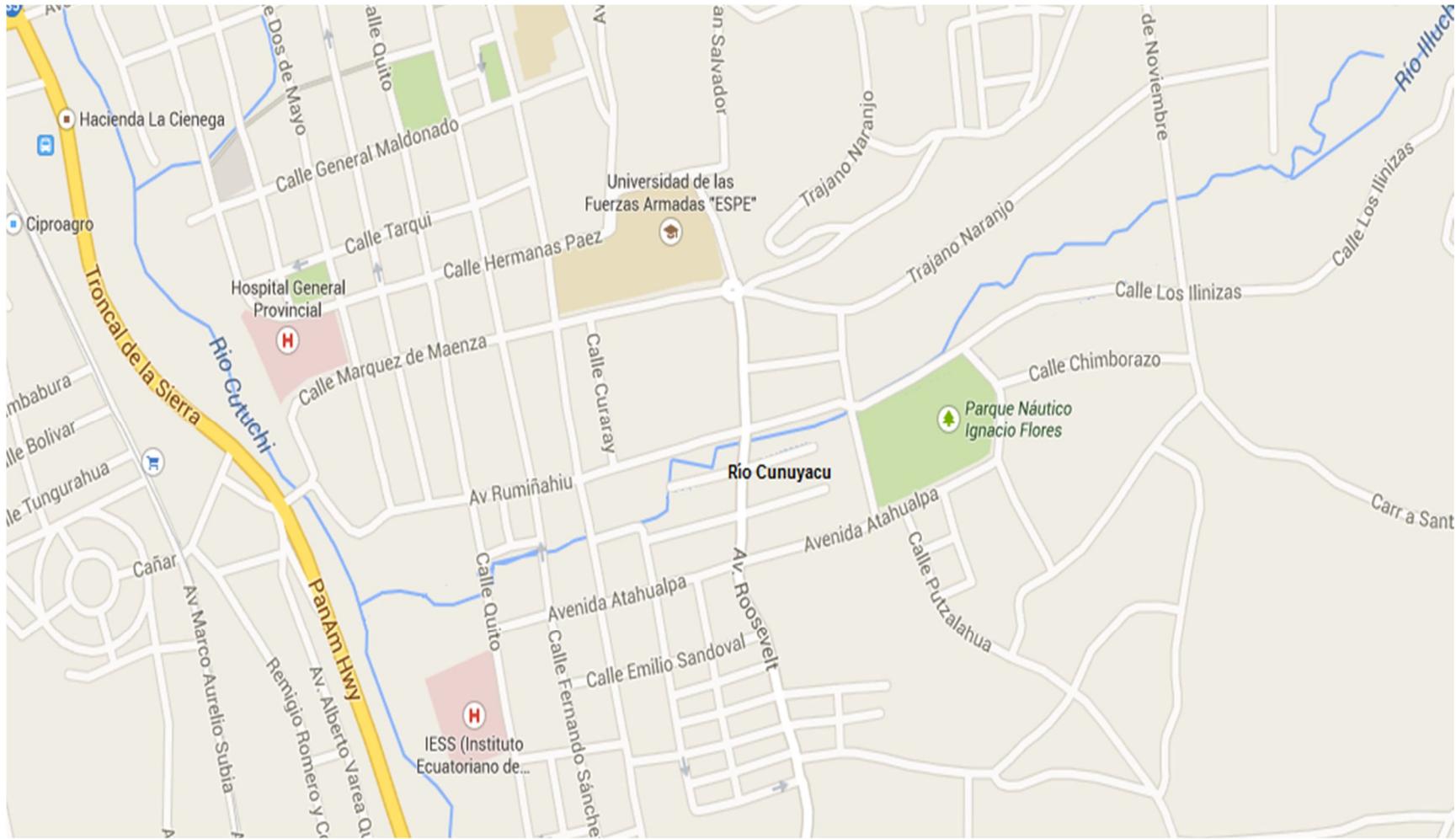




**ANEXO N° 6. IMAGENES SATELITALES DEL RÍO CUNUYACU**



**FUENTE: GOOGLE EARTH (2015)**



FUENTE: GOOGLE EARTH (2015)