



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE  
MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS DEL  
PARQUE NACIONAL LLANGANATES”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieras en Medio Ambiente

**Autoras:**

Bastidas Freire Ana Victoria.  
Tapia Villamarín Yesenia Nataly.

**Director:**

MSc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos.

**Latacunga - Ecuador**

**Marzo - 2017**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotras Bastidas Freire Ana Victoria y Tapia Villamarín Yesenia Nataly, declaramos ser las autoras del presente proyecto de investigación: “Determinación de los índices de la calidad de agua a partir de macro y micro invertebrados en la Laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates”, siendo el MSc. Patricio Clavijo Cevallos tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
Bastidas Freire Ana Victoria.

CI. 0504186834.

.....  
Tapia Villamarín Yesenia Nataly.

CI. 0503507261.

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Bastidas Freire Ana Victoria, identificado con C.C. N° 0504186834, de estado civil Soltera y con domicilio en el barrio Rumipamba de Espinozas perteneciente a la parroquia Mulalo, cantón Latacunga y Tapia Villamarin Yesenia Nataly, identificado con C.C. N° 0503507261, de estado civil Soltera y con domicilio en las calles Calixto Pino y Sánchez de Orellana, cantón Latacunga, a quienes en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LAS CEDENTES** son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.-

Fecha de inicio de la carrera.- Octubre 2011 – Marzo 2011.

Fecha de finalización.- Octubre 2016 – Marzo 2017.

Aprobación HCA.- 19 de Julio 2016.

Tutor.- MSc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos.

Tema: **“DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como

requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.-** Por el presente contrato, **LAS CEDENTES** autorizan a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LAS CEDENTES**, transfieren definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.-** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.-** El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.-** Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva,

dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LAS CEDENTES** podrán utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.-** En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.-** Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad.

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 2 días del mes de Marzo del 2017.

.....  
Bastidas Freire Ana Victoria  
**LA CEDENTE**

.....  
Tapia Villamarín Yesenia  
Nataly  
**LA CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero  
Jiménez  
**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Determinación de los índices de la calidad de agua a partir de macro y micro invertebrados en la Laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates”, de Bastidas Freire Ana Victoria y Tapia Villamarín Yesenia Nataly, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2017

.....  
MSc. Patricio Clavijo Cevallos

CI. 050144458-2

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Bastidas Freire Ana Victoria y Tapia Villamarín Yesenia Nataly con el título de Proyecto de Investigación: “Determinación de los índices de la calidad de agua a partir de macro y micro invertebrados en la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2017

Para constancia firman:

.....  
Lector 1  
Ing. Mg. Renán Lara  
CI. 040048801-1

.....  
Lector 2  
Ing. Mg. Eduardo Cajas  
CI.050220516-4

.....  
Lector 3  
Ing. Mg. Alexandra Tapia  
CI.050266175-4

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por habernos dado la oportunidad de la vida, a nuestra querida UTC por habernos acogido con calidad y calidez este largo tiempo, a nuestros profesores quienes con sus enseñanzas cimentaron los conocimientos para hoy poder tener un título.

Anita y Yesenia.



## **DEDICATORIA**

A mis padres que con su amor incondicional supieron guiar mis pasos y así poder culminar con éxito este proyecto de vida, a mi hermana que con su alegría y afecto estuvo junto a mí en los momentos difíciles, y a un ser muy especial mi abuelito que siempre con sus bendiciones me dio fortaleza y sabiduría para enfrentar a la vida.

Anita Victoria.

**DEDICATORIA**

A MI MADRE.

Yesenia

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO:** “DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES”

**Autoras:**

Bastidas Freire Ana Victoria  
Tapia Villamarin Yesenia Nataly

### RESUMEN

Los macro invertebrados acuáticos han sido muy utilizados como bioindicadores de la calidad. Esto se debe a sus respectivas características y requerimientos especiales que hacen a estos organismos muy sensibles a los diversos impactos, conociendo el índice de calidad del agua que presenta la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates con ello se visualiza los beneficios que representa esta investigación para las comunidades.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó las metodologías para evaluar el índice de calidad como el Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Índice de biodiversidad de Shannon y se realizó una comparación con el análisis físico químico y microbiológico con el fin de validar la información biológica obtenida, además para la recolección de las especies se utilizó la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98, perteneciente al muestreo de agentes microbiológicos, los factores ambientales influyeron en gran parte sobre todo en la abundancia y presencia de las especies pertenecientes a las familias EPT.

En la investigación se identificó 813 individuos de macro invertebrados acuáticos, agrupados en 12 familias, entre ellas se hallaron especies de las familias EPT y BMWP (Hyaellidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae y Planariidae), las más representativas. Por otro lado en el estudio de los micro invertebrados se encontraron 6 familias de micro algas o diatomeas siendo la menos tolerante a la contaminación la especie *Amphipleura pellucida*, posterior se realizó el índice de diversidad de Shannon con una puntuación de 2.71 que pertenece a la categoría de aguas moderadamente contaminadas, comparando con los resultados de los análisis de laboratorio.

Los índices EPT y BMWP revelaron que la Laguna de Antejos exterioriza una contaminación tipo III (aguas moderadamente contaminadas), los parámetros físicos, químicos y microbiológicos no superan los límites permisibles establecidos en la norma ambiental acerca de los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario del para la calidad de agua y ambiente del Libro VI, Anexo I, TULSMA.

**Palabras clave:** *Indice de calidad de agua, Macro invertebrados, Micro invertebrados, Estado biológico, BMWP, EPT, Indice de Shannon.*

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE:** "DETERMINATION OF WATER QUALITY INDICATORS FROM MACRO AND MICRO INVERTEBRATES IN THE ANTEOJOS LAGOON FROM LLANGANATES NATIONAL PARK"

**Authors:**

Bastidas Freire Ana Victoria  
Tapia Villamarín Yesenia Nataly

### ABSTRACT

Macro aquatic invertebrates have been widely used as bioindicators of quality; this is due to their respective characteristics and special requirements that make these organisms very sensitive to the various impacts. Knowing the water quality index presented by the Antejos Lagoon of the Llanganates National Park, thereby visualizing the benefits of this research for the communities.

For the development of the research the methodologies were used to evaluate the quality index as Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Shannon Biodiversity Index and a comparison was made with the physical chemical analysis and microbiological in order to validate the biological information obtained, in addition to the collection of the species was used the INEN 2 169: 98 Ecuadorian Technical Standard, belonging to the sampling of microbiological agents, the environmental factors influenced in large part mainly in the abundance and presence of species belonging to EPT families.

The research identified 813 individuals of aquatic macro invertebrates, grouped in 12 families, among them species of EPT and BMWP families (Hyaellidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae and Planariidae), the most representative. On the other hand, in the study of the micro invertebrates were found 6 families of micro algae or diatoms being the least tolerant to the contamination the species *Amphipleura pellucida*, later the diversity index of Shannon was realized with a score of 2.71 that belongs to the category of moderately contaminated water, and compared to the results of laboratory analyzes.

The EPT and BMWP indices revealed that the Antejos Lagoon exteriorises a type III contamination (moderately contaminated waters), where the physical, chemical and microbiological parameters do not exceed the permissible limits established in the environmental norm on the eligible quality criteria for the preservation of flora and fauna in fresh, cold or warm waters, and in marine and estuarine waters for the quality of water and environment of Book VI, Annex I, TULSMA.

**Key words:** *Water quality index, Macro invertebrates, Micro invertebrates, Biological state, BMWP, EPT, Shannon index.*

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
RESUMEN.....	x
1 INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
2 JUSTIFICACIÓN .....	3
3 BENEFICIARIOS.....	3
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
5 OBJETIVOS .....	6
5.1 Objetivo general.....	6
5.2 Objetivos específicos .....	6
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	7
7 HIPÓTESIS.....	9
7.1 Alternativa (Hi).....	9
7.2 Nula (Ho) .....	9
8 DISEÑO METODOLÓGICO.....	9
8.1 Tipo de Investigación.....	9
8.1.1 Exploratoria .....	9
8.1.2 Investigación De Campo .....	9
8.1.3 Descriptiva.....	10

8.1.4	Investigación Cuantitativa .....	10
8.2	Métodos .....	10
8.2.1	Método inductivo.....	10
8.3	Técnica.....	11
8.3.1	Observación .....	11
8.3.2	Experimental.....	11
8.3.3	Fichaje. ....	12
9.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	12
9.1	Marco Teórico.....	12
9.1.1	Contaminación del agua. ....	12
9.1.2	Bioindicadores.....	13
9.1.3	Calidad biológica del agua. ....	13
9.1.4	Micro invertebrados.....	14
9.1.5	Macro invertebrados.....	15
9.1.6	Índices de determinación de la calidad del agua. ....	15
9.1.7	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera). ....	16
9.1.8	BMWP/COL (Biological Monitoring Working Party/Colombia).....	16
9.1.9	Índice de diversidad de Shannon.....	17
9.1.10	Sensibilidad de los macro invertebrados en la calidad del agua – calificación.....	18
9.1.11	Índices de calidad con base en las características físico-químicas del agua. ....	18
9.1.12	Métodos de recolección.....	20
9.1.13	Marco conceptual .....	21
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
10.1	Ubicación del área de estudio.....	25
10.2	Fase de campo.....	26

10.2.1	Área de estudio: .....	26
10.3	Recolección de las muestras para el análisis de los macro invertebrados. ....	27
10.4	Recolección para los análisis físico – químicos y microbiológico y de los micro invertebrados.....	28
10.5	Parámetros físicos.....	30
10.6	Parámetros químicos.....	31
10.7	Parámetros microbiológicos. ....	32
10.8	Fase de laboratorio.....	33
11.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
11.1	Análisis de macro invertebrados.....	34
11.2	Análisis del índice de Shannon.....	35
11.3	Resultados de los análisis de micro invertebrados.....	36
11.4	Resultado del análisis físico – químico y microbiológico. ....	36
12.	DISCUSIÓN .....	37
13.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS). ....	38
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
14.1	Conclusiones.....	38
14.2	Recomendaciones .....	39
15.	BIBLIOGRAFÍA .....	40
16.	ANEXOS .....	45

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Beneficiarios del proyecto.....	3
TABLA 1. Actividades en base a los objetivos.....	7
TABLA 2. Sensibilidad de los macro invertebrados.....	18
TABLA 3. Índices de calidad con base en las características físico-químicas del agua. ....	19
TABLA 4. Valores de asignados por medio del método BMWP. ....	19
TABLA 5. Georreferenciación del área de estudio. ....	27

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. Ubicación del Parque Nacional Llanganates.....	26
--	----



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Aval de centro de idiomas. ....	45
TABLA B.1. Datos obtenidos del mes de septiembre.....	46
ANEXO B.2. Datos obtenidos del mes de octubre.....	47
ANEXO B.3. Datos obtenidos del mes de noviembre. ....	48
ANEXO B.4. Datos obtenidos del mes de diciembre. ....	49
TABLA C.1. Índice de Shannon del mes de septiembre.....	50
TABLA C.2. Índice de Shannon del mes de octubre. ....	51
TABLA C.3. Índice de Shannon del mes de noviembre. ....	52
TABLA C.4. Índice de Shannon del mes de diciembre. ....	53
TABLA C.5. Promedio del índice Shannon. ....	53
TABLA D.1. Tabla de resultados de micro invertebrados. ....	54
ANEXO E.1. Resultados de los análisis físico - químicos y microbiológicos. ....	56
TABLA E.1. Tabla de descripción y registro fotográfico de macro invertebrados.....	57
TABLA F.2. Tabla de descripción y registro fotográfico de micro invertebrados. ....	59
ANEXO G.1. Tabla de tolerancia de las familias para el índice BMWP.....	61
ANEXO H. Análisis físico – químico y microbiológico.....	62
ANEXO H.1. Resultados del laboratorio ....	62
ANEXO I. Registro fotográfico.....	63
FOTOGRAFÍA I.1. Área de estudio laguna de anteojos del Parque Nacional Llanganates.....	63
FOTOGRAFÍA I.2. Materiales utilizados en campo para el muestreo y recolección de macro invertebrados dentro de las lagunas. ....	63
FOTOGRAFÍA I.3. Recorrido y recolección de datos in situ.....	63
FOTOGRAFÍA I.4. Muestreo y recolección de muestras de macro invertebrados acuáticos de la Laguna de Anteojos.....	64
FOTOGRAFÍA I.5. Muestreo y recolección de muestras de micro invertebrados y análisis físico - químico y microbiológico realizados en la laguna de anteojos.....	64
FOTOGRAFÍA I.6. Equipo de laboratorio utilizado para la identificación y análisis de las muestras de macro invertebrados recogidos en campo. ....	65

FOTOGRAFÍA I.7. Selección, identificación y análisis de las muestras de macro invertebrados de la Laguna de Anteojos.....	65
FOTOGRAFÍA I.8. Muestras de micro invertebrados recolectados de los puntos establecidos dentro de la laguna. ....	66
FOTOGRAFÍA I.9. Equipo de trabajo de la investigación. ....	66

## **1 INFORMACIÓN GENERAL:**

### **Título del Proyecto:**

**DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES.**

### **Fecha de inicio:**

Mayo del 2016.

### **Fecha de finalización:**

Marzo 2017.

### **Lugar de ejecución:**

La Laguna de Antejos se encuentra ubicada en el kilómetro 32 de la nueva vía Salcedo – Tena dentro del Parque Nacional Llanganates perteneciente a la provincia de Cotopaxi.

### **Facultad que auspicia:**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

### **Carrera que auspicia:**

INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE.

### **Proyecto de investigación vinculado:**

### **Equipo de Trabajo:**

TUTOR: MSc. Patricio Clavijo.

### **AUTORAS:**

- Ana Bastidas.
- Yesenia Tapia.

### **LECTORES:**

- Ing. Renán Lara (Lector 1).

- Ing. Eduardo Cajas (Lector 2).
- Ing. Alexandra Tapia (Lector 3).

**Área de Conocimiento:**

Ciencias y Servicios.

**Línea de investigación:**

Ambiente.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

## 2 JUSTIFICACIÓN

El agua es el recurso más importante para el desarrollo de la vida, es trascendental conocer que los páramos son considerados esponjas naturales retenedoras de agua que ayudan a la conservación del recurso hídrico, la falta de estudios promueven nuestro enfoque a la determinación del índice biológico de calidad de agua que presenta la Laguna de Anteojos para conocer su estado actual y sus beneficios tanto en los ámbitos económicos, social y ambiental.

La información obtenida contribuirá a la toma de decisiones por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provincial y Municipal para la conservación uso y manejo del recurso vital, la misma generará oportunidades y fortalezas en los habitantes de las zonas aledañas, impulsando el conocimiento para el aprovechamiento de este recurso importante.

## 3 BENEFICIARIOS

Los beneficiarios directos son los Gobiernos Autónomos Descentralizados de Cotopaxi y Salcedo, los beneficiarios indirectos de la investigación son los habitantes de las comunidades pertenecientes al cantón Salcedo, como lo es Cumbijín y Leivisa.

**TABLA 1.** Beneficiarios del proyecto.

<b>BENEFICIARIOS</b>		
<b>DIRECTOS</b>	<b>INDIRECTOS</b>	
<b>GAD- PROVINCIAL COTOPAXI</b>	<b>Cumbijín</b>	2.839 habitantes
<b>GAD- SALCEDO</b>	<b>Leivisa</b>	1.161 habitantes

**Fuente:** GAD Municipal. Junio (2012).

#### **4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Uno de los problemas hoy en día a nivel mundial es la contaminación ambiental en especial de los cuerpos de agua dulce, las lagunas son un aporte paisajístico, fuente de vida, a la vez uno de los ecosistemas más vulnerables en cuanto al impacto ambiental que son causados por la mano del hombre, los cuales modifican estos sistemas lacustres.

Una de las perturbaciones más usuales son generadas por lanchas o embarcaciones motoras que alteran la flora y fauna existente en el lugar, estas al momento de la combustión liberan una mezcla de aceites y gases motivo por el cual se reduce principalmente los niveles de oxígeno disuelto, lo que afecta especialmente al ciclo hidrológico sobre todo al intercambio de gases que se produce entre la atmósfera y la superficie del agua modificando de manera negativa los niveles tróficos, teniendo como resultado la degradación del recurso hídrico, desaparición de especies de flora y fauna, produciendo malos olores entre otras condiciones negativas que afectan al ambiente .

Los lugares más turísticos del Ecuador son las lagunas ya que son fuentes de ingresos ambientales, económicos, turísticos y sociales cabe recalcar que el ambiente se ve afectado por la visita indiscriminada de turistas que poseen escasa cultura ambiental, la cual incide en la contaminación del recurso hídrico.

La Laguna de Antejos pertenece al sistema lacustre del Parque Nacional Llanganates, su importancia radica en el abastecimiento de agua de regadío de las comunidades de Cumbijín y Leivisa, también es importante destacar su aporte a la amplia gama de flora y fauna que esta laguna ofrece, sobre todo a la conservación de plantas nativas del sector y consecuentemente a las especies animales que habitan en ellas.

La importancia del estudio sobre el índice de la calidad de agua en la Laguna de Antejos parte por encontrarse dentro del Parque Nacional Llanganates expuesta a las siguientes actividades: turismo, usos recreativos, actividades piscícolas y el agua de riego descrito anteriormente.

El pastoreo de ganado bravo de las comunidades que viven a su alrededor representa una amenaza real a la alteración de la calidad del agua, en virtud que el manejo pecuario implica el uso de diversos productos a base de agentes químicos, siendo estos expulsados luego a través de las heces de los animales, los mismo que al contacto con el suelo y producto de la acción de los factores climáticos, terminan siendo arrastrados hacia las lagunas.

Adicionalmente se ha tomado algunos estudios realizados con anterioridad para la solución a la problemática planteada, siendo estos:

Reascos y Yar (2010) en su estudio titulado “Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas”. En este estudio se empleó la técnica Suber para el muestreo de macro invertebrados y para determinar el índice de calidad se implementó el EPT, donde se encontraron las siguientes especies (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera); de los porcentajes establecidos según la abundancia total de individuos el agua de las vertientes muestreadas es considerada buena; ya que se encuentra en un 62%.

Arroyo. D (2007) en su estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Guajalito (BPRG) a través de la utilización de macro invertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador.” Concluye lo siguiente: Los parámetros físico-químicos analizados en los ríos Guajalito, Palmeras y Brincador reflejan una buena calidad del agua, tanto para consumo humano, como para mantenimiento de flora y fauna de acuerdo a la legislación ambiental del Ecuador, y sus valores se encuentran muy por debajo de los encontrados en ríos contaminados. Esta información coincide con la información biológica obtenida a través de la utilización de índices de calidad (BMWP/Colombia y Sensibilidad), que califican a las antes mencionadas cuencas de manera general con buena calidad del agua, es decir aguas muy limpias o limpias a ligeramente contaminadas.

Betancourth. J (2007) en su estudio titulado “Análisis Estacional De Las Comunidades De Macro invertebrados Acuáticos En Un Tramo Del Río Portoviejo Concluye lo siguiente: A nivel de macro invertebrados predominaron las familias de insectos acuáticos De los siete órdenes de insectos

colectados, seis presentaron relación directa con los valores de temperatura. La concentración de oxígeno disuelto fue un factor limitante para las diferentes familias y órdenes presentes en este estudio. Los gasterópodos fueron más abundantes en aguas con concentraciones bajas de oxígeno y sedimentos con materia orgánica en descomposición.

## **5 OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Determinar la calidad del agua mediante macro y micro invertebrados en la Laguna de Antejos en el Parque Nacional Llanganates.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el sistema lacustre de la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.
- Identificar las especies de macro y micro invertebrados encontradas dentro de la Laguna de Antejos.
- Definir el índice de calidad del agua mediante tablas comparativas de macro, micro invertebrados, análisis físico-químico y microbiológicos y la utilización del índice de Shannon.



## 6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**TABLA 1.** Actividades en base a los objetivos.

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESULTADO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA POR ACTIVIDAD</b>
Diagnosticar el sistema lacustre de la Laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates.	Recopilación de información de proyectos investigativos realizados con anterioridad.	Mapas digitales de la ubicación de la laguna.	Recorrido in situ.
	Identificación de los puntos de muestreo.	La ubicación de sitios específicos para la toma de muestras.	Utilizando el programa ARCGIS, se graficará los diferentes puntos y se determinará el área de extracción de las muestras.
Identificar las especies de macro y micro invertebrados encontradas dentro de la Laguna de Anteojos.	Captura de las especies utilizando la red Suber y red de mano.	Conservación y etiquetado de las especies recaudadas.	Colección de macro invertebrados (induciendo mortalidad de las especies, con alcohol al 70%), colección de macro invertebrados (en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98).
	Foto documentación, identificación, clasificación y análisis de las especies colectadas mediante a sistematización de la información.	Documentación de las especies identificadas, obtención una base de datos.	Mediante el registro fotográfico, se procedió a la identificación de las especies por medio de guías técnicas de macro invertebrados, e identificación de micro invertebrados a través del microscopio.

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA POR ACTIVIDAD
Definir el índice de calidad del agua mediante tablas comparativas de macro, micro invertebrado, análisis físico-químicos y microbiológicos y la utilización del índice de Shannon.	Aplicación de las metodologías establecidas, EPT y BMWP.	Determinación del índice biológico EPT.  Determinación del índice de tolerancia BMWP	Se determinó con la aplicación de tablas establecidas en las metodologías.
	Determinar las condiciones de la laguna para la presencia y abundancia de especies.  Aplicación del índice de Shannon para diversidad.	Se registró las especies capturadas en una hoja de campo y en hojas de cálculo del índice.	Se determinó mediante tablas y guías que muestren el índice de sensibilidad y tolerancia.  Se realizó el índice de diversidad en cada mes de estudio, obteniendo los resultados.
	Realizar el análisis físico-químico y microbiológico de laboratorio.	Resultados obtenidos del laboratorio.	Utilizando normativa vigente TULSMA del libro VI Anexo I de la Tabla 2. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario.

Elaborado por: Equipo de trabajo.

## **7 HIPÓTESIS**

### **7.1 Alternativa (Hi)**

- Los indicadores biológicos determinan la buena, regular y mala calidad del agua de la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

### **7.2 Nula (Ho)**

- Los indicadores biológicos no determinan la buena, regular y mala calidad del agua de la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.

## **8 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **8.1 Tipo de Investigación**

#### **8.1.1 Exploratoria**

Los estudios exploratorios tienen por objeto esencial familiarizarnos con un tópico desconocido o poco estudiado o novedoso. Esta clase de investigaciones sirven para desarrollar métodos a utilizar en estudios más profundos. (Hernández et al, 1996).

Se indagó información acerca de las especies de macro y micro invertebrados recurriendo a diversos medios como revisión bibliográfica, bases de datos en línea, entre otros, para la recolección de registros de presencia, abundancia influyendo en la determinación de factores relevantes en la investigación.

#### **8.1.2 Investigación de Campo**

La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta (Santa Paella y Feliberto Martins, 2010).

De acuerdo a los objetivos de la investigación, se ejecutó la determinación de puntos de muestreo en el sitio de trabajo, lo cual permitió realizar visitas de campo para realizar el muestreo de las especies.

### **8.1.3 Investigación Descriptiva**

Las investigaciones descriptivas y correlacionales constituyen una mera descripción de algunos fenómenos, para lo que se centran en la medición de una o más variables dependientes en alguna población o muestra. (Hernández et al, 1996).

Consiste en figurar los aspectos relevantes, característicos, específicos y distintivos de cada una de las especies encontradas para establecer su distribución y determinar su clasificación.

### **8.1.4 Investigación Cuantitativa**

El único medio de establecer una tradición acumulativa en el que cabe introducir perfeccionamientos sin el riesgo de prescindir caprichosamente de los antiguos conocimientos en favor de novedades interiores (Riecken, 1974)

Con este tipo de investigación se pudo llevar a cabo el conteo, clasificación en categorías de acuerdo a las características taxonómicas encontradas de la diversidad de artrópodos y en la elaboración de cálculos estadísticos basados en cifras a través del registro de datos.

## **8.2 Métodos**

### **8.2.1 Método Inductivo**

Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la

derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación. (Arnau Gras, 1980).

Utilizando registros de abundancia y sensibilidad de las especies al grado tolerancia hacia la contaminación, que se determinó mediante los métodos utilizados, dando como resultado la determinación de la calidad del agua.

### **8.3 Técnica**

#### **8.3.1 Observación**

La observación puede funcionar también como un modo de acceder a problemas de investigación, muchas veces se comienza a investigar haciendo observaciones cada vez más sistemáticas para delimitar problemas y elaborar hipótesis sobre lo observado (León y Montero, 1995).

Utilizada la observación como técnica fundamental por lo que podamos identificar de manera más amplia los puntos a investigar y el estado del agua en la cual se realizó la investigación, nos ayuda a captar los aspectos más significativos de los hechos del lugar y nos proporcionó una información empírica.

#### **8.3.2 Experimental**

Es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual el investigador manipula una o más variables y controla y mide cualquier cambio en otras variables. (Ander-Egg, 1987).

Técnica utilizada por haber tomado muestras en diferentes puntos, la calidad del agua se determinó comparando las características físicas químicas y microbiológicas, además de las metodologías utilizadas en el muestreo, con directrices de calidad o estándares establecidos dentro de las normas del país.

### **8.3.3 Fichaje.**

Es el proceso de recopilación y extracción de datos importantes en el proceso de investigación y aprendizaje, de las fuentes bibliográficas como: libros, revistas, periódicos, internet que son objeto de estudio. (Blalock, 1982).

Se realizó fichas en la investigación con la información obtenida de la presencia, abundancia y descripción de cada uno de las especies captadas, de macro y micro invertebrados.

## **9. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **9.1 Marco Teórico**

#### **9.1.1 Contaminación de agua.**

El agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición natural por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para el uso previo. La calidad del agua está directamente relacionada con sus usos. La presencia de ciertos elementos, en suspensión o disolución, puede ser perjudicial para la salud humana en la medida en que sobrepase ciertos límites.

Uno de los problemas ambientales serios en el Ecuador es precisamente la utilización de causes, estuarios y lagos como receptores de las descargas de alcantarillado municipal, efluentes domésticos e industriales y desperdicios agrícolas sin tratamiento previo alguno. Por otra parte, existen casos de contaminación accidental por derrame de petróleo crudo o su derivado, frecuentes en la región amazónica y costera del país.

La calidad del agua en el Ecuador ha venido paulatinamente deteriorándose, especialmente en los últimos veinte años (Da Ros, 1995).

En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos han tenido una fuerte presión humana, debido a las actividades agrícolas, deforestación, fragmentación del hábitat, cambios del sustrato por la

remoción y extracción de materiales, ingreso de aguas servidas, actividad petrolera, etc., todo esto afectando la calidad del agua (Domínguez y Fernández, 2009).

### **9.1.2 Bioindicadores.**

El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (ensamble de especies) que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indique que las variables físicas químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosemberg y Resh, 1993).

El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vázquez et al, 2006).

### **9.1.3 Calidad biológica de agua.**

El término calidad, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario, es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. De modo que, y a título de ejemplo, las aguas fecales en ningún caso se podrían considerar de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo, por su alto contenido en materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que intuitivamente se asociarían con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed, por su bajo contenido en sales y por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental (Alba-Tercedor, 1996).

No obstante, algunos autores definen la calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, es decir, como medio de sustento para el ser humano y los animales, para el riego de la tierra y la recreación entre otras cosas (Correa, 2000).

Según Chapman (1996) la calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua. Al mismo tiempo, ésta engloba las concentraciones, expectativas y divisiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas. Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica.

Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor, 1996).

#### **9.1.4 Micro invertebrados.**

Los micro invertebrados acuáticos son micro organismos que nos ayudan a la determinación de la calidad del agua al igual que los macro invertebrados, estos organismos poseen un tamaño inferior a 0,2 mm de longitud, el ejemplo más común es la *Daphnia* es un género de crustáceos planctónicos del orden Cladóccera.

Se conocen vulgarmente, como lías de agua y también como pulgas de agua, debido a lo pequeñas que son y a su forma de nadar como “saltando”.

Uno de los micro invertebrados existentes son las micro algas, organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos capaces de transformar la energía luminosa en energía química con una eficiencia cuatro veces superior a la de las plantas. Su importancia radica en su papel como productores primarios de la cadena trófica, que las constituyen en las primeras formadoras de materia orgánica. Por su tamaño reducido y variado (5–50  $\mu\text{m}$  en promedio) son de fácil captura y digestión por multitud de organismos que se alimentan en forma directa del fitoplancton (Abalde, 2004).



### **9.1.5 Macro invertebrados.**

Los macro invertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que al menos durante algún estadio de su ciclo de vida, vivan exclusivamente en el ambiente acuático y que se puedan ver a simple vista, es decir, que tengan un tamaño superior a 0.5 mm de longitud (Roldán, 1988). Estos organismos (70 – 90% insectos) son usados con éxito como bioindicadores porque se desenvuelven durante una gran parte de su vida en los medios acuáticos.

Generalmente son abundantes, relativamente sedentarios, son consumidores primarios y secundarios en el proceso de la materia orgánica, su colecta es simple y barata, son fáciles de ver y ofrecen información de largos períodos de tiempo.

La presencia de una comunidad de macro invertebrados en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando y de que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma.

Además de eso, se deben considerar otros factores importantes relacionados con la distribución de la composición taxonómica, como son las características propias de profundidad, ancho, turbidez, luz, detritos, turbulencia e inconstancia del substrato del cuerpo de agua y vegetación de las orillas (Roldán, 2003).

### **9.1.6 Índices de determinación de la calidad de agua.**

Los índices más ampliamente usados para sistemas lóticos (ríos y riachuelos) y lénticos (lagos, lagunas) son el Índice BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party/Colombia) (Roldán, 2003) y el Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) (Carrera y Fierro, 2001), los cuales son útiles en el análisis de la calidad del agua, debido a que necesitan bajo nivel taxonómico (Familia), bajo costo en términos de tiempo (identificación de insectos) y dinero, convirtiéndose en metodologías rápidas y útiles para ser utilizadas en la fiscalización por parte de algún organismo

público que requiera en poco tiempo y de una forma acertada evaluar la calidad del agua de una cuenca hidrográfica determinada (Roldán, 2003).

#### **9.1.7 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).**

El índice EPT se calculó dividiendo el número de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos significan aguas más oxigenadas y limpias. El índice de dípteros se calculó dividiendo el número de individuos del orden Díptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos determinan el enriquecimiento del agua con materia orgánica.

Carrera y Fierro (2001) afirman que este grupo catalogado como bioindicadores de buena calidad, contempla principalmente a las poblaciones de Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, los que se les considera de la Clase I como indicadores de aguas limpias, la aplicación de este índice fue implementado porque trata de simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sensibilidad y presencia o ausencia de estos grupos

#### **9.1.8 BMWP/COL (Biological Monitoring Working Party/Colombia).**

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macro invertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia.

El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1. (Alba- Tercedor & Sánchez Ortega 1988).

La ventaja de este índice se basa en la fiabilidad de los resultados, la rapidez y sencillez de su utilización, con ahorro de costos y tiempo. Existen multitud de adaptaciones mundiales de este índice creado en primer lugar por Hellawell (1978) para los ríos de Gran Bretaña. Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega (1988) crearon la adaptación para la Península Ibérica que se denota por BMWP'.

Una de las últimas adaptaciones para la Península Ibérica es la Iberian Biological Monitoring Working Party (IBMWP), de Alba-Tercedor et al. (2002), creada tras acuerdo obtenido en el III Congreso Ibérico de Limnología debido a actualizaciones taxonómicas y modificación de alguna de las puntuaciones de las familias de macro invertebrados.

### **9.1.9 Índice de diversidad de Shannon.**

La diversidad de especies, en su definición, considera tanto al número de especies, como también al número de individuos (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. Los índices de diversidad son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. En los ecosistemas naturales este índice varía entre “0” y no tiene límite superior.

Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y los arrecifes de coral; las debilidades del índice es que no toma en cuenta la distribución de las especies en el espacio y no discrimina por abundancia. Si  $h' = 0$ , solamente cuando hay una sola especie en la muestra y  $h'$  es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos. (Pla, 2006).

$$H = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

Dónde:

S= número de especies (riqueza de especies)

Pi= proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i),  $n_i/n$

Ni= número de individuos de la especie i

N= número de todos los individuos de todas las especies (Pla, 2006).

### 9.1.10 Sensibilidad de los macro invertebrados en la calidad de agua – calificación.

Los científicos han clasificado a cada macro invertebrado con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van del 1 al 10. El 1 indica al menos sensible, y así, gradualmente, hasta el 10, que señala al más sensible.

De acuerdo con esta sensibilidad se clasifican en cinco grupos:

**TABLA 2.** Sensibilidad de los macro invertebrados.

<b>SENSIBILIDAD</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
No aceptan contaminantes.	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes.	Buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes.	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes.	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes.	Muy mala	1

Fuentes: Carrera, C. y Fierro, K. 2001.

### 9.1.11 Índices de calidad con base en las características físico-químicas de agua.

A continuación, se describe las ventajas e inconvenientes que resulta sobre la evaluación de los parámetros físico-químico y evaluación biológica en los índices de calidad del agua.

**TABLA 3.** Índices de calidad con base en las características físico - químicas de agua.

<b>EVALUACIÓN FÍSICA-QUÍMICA</b>	<b>EVALUACIÓN BIOLÓGICA</b>
<b>VENTAJAS</b>	
Cambios temporales detallados.	Integración espacial y temporal.
Determinación precisa de los contaminantes.	Respuesta a la contaminación crónica.
Se pueden saber los flujos de contaminantes.	Respuesta a la contaminación puntual.
Uso en aguas subterráneas.	Posible estudiar bio acumulación.
Fácil estandarización.	Estudios en tiempo real (bioensayos).
	Medida de la degradación del hábitat.
<b>INCONVENIENTES</b>	
Límite de detección de micro contaminantes.	Sensibilidad temporal baja.
Sin posibilidad de integración corporal.	Dificultades de estandarización.
Posible contaminación de las muestras.	Sin validez para estudios de flujos.
Costo elevado.	Dificultad de utilizar en aguas subterráneas.

**Fuente:** Calidad del agua (Sierra, Carlos).

**TABLA 4.** Valores de asignados por medio del método BMWP.

<b>CLASES DE CALIDAD DE AGUA VALORES BMWP Y COLORES PARA REPRESENTAR EL ÍNDICE.</b>				
<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>BMWP</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
<b>I</b>	<b>Buena</b>	>150	Aguas muy limpias.	<b>AZUL</b>
		101 a 120	Aguas no contaminadas o poco contaminadas.	
<b>II</b>	<b>Aceptable</b>	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación.	<b>VERDE</b>

<b>CLASES DE CALIDAD DE AGUA VALORES BMWP Y COLORES PARA REPRESENTAR EL ÍNDICE.</b>				
<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>BMWP</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
<b>III</b>	<b>Dudosa</b>	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	<b>AMARRILLO</b>
<b>IV</b>	<b>Critica</b>	16 a 35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
<b>V</b>	<b>Muy critica</b>	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. Situación crítica.	<b>ROJO</b>

Fuente: Alba – Tercedor 2003.

#### **9.1.12 Métodos de recolección.**

Existe una diversidad de formas para recolectar macro invertebrados acuáticos. La selección de los métodos varía según el tipo de estudio, el cuerpo de agua, hábitat de interés e incluso el presupuesto disponible. Por ello, es importante conocer las ventajas y limitaciones de los diferentes métodos. Para nuestro trabajo investigativo se realizará el estudio cuantitativo el cual lo detallara a continuación:

Estudios cuantitativos utilizarían equipo de muestreo como la red de Suber. Esta red tiene la característica de muestrear un área determinada del fondo del cuerpo de agua, también se puede usar una red tipo L con una adaptación para controlar el área muestreada.

Como queremos asociar los macro invertebrados recolectados con el área muestreada, es importante usar el mismo tipo de red en cada recolecta, además se pueden emplear distintas redes por hábitat.

En áreas con flujo continuo se usa la red Suber, se hace el disturbio en el fondo y se crea una corriente de agua con la mano para que los organismos caigan a la red. Los macro invertebrados se

preservan y se transportan al laboratorio para separarlos del material usando una lupa o un microscopio de disección.

Recolectar muestras con métodos cuantitativos, como la red Suber, requiere mayor tiempo de procesamiento en el laboratorio y capturan una parte diferente de la comunidad béntica relativo a otros métodos (Paaby et al. 1998).

Al tratarse de una red más pequeña debe hacerse en un mayor número de puntos de muestreo en cada sitio seleccionado, a fin de recoger material suficiente, para el muestreo se debe tener en consideración las siguientes especificaciones:

- Sostener la red donde el agua sea más corrientosa; ubicar la boca de la malla frente a la corriente y asentar la base en el fondo de la laguna.
- En cada punto de muestreo remover con la mano, el fondo que está dentro de la base o marco de metal durante un minuto; para hacerlo, colocarse a un lado de la red, de modo que el cuerpo no bloquee la corriente de agua e impida el ingreso de sedimento a la red.
- Una vez recogido el sedimento, colocar en una tarrina con ayuda de agua, remueva todo el sedimento sobrante en la red hasta dejarla totalmente limpia.
- Verter el contenido de cada tarrina en una bandeja de loza blanca, sin mezclar una con otra.
- Separar a los macro invertebrados de los otros animales y materiales de la muestra; recolectarlos con la ayuda de una pinza e identificarlos con la ayuda de la lámina de identificación.
- Guardar en un frasco con alcohol, junto con la etiqueta.
- Escribir en la etiqueta el sitio, el nombre del punto, la fecha y la persona o personas que participaron en la recolección.

### **9.1.13 Marco conceptual**

**Aguas Oligomesotróficas.-** Es un cuerpo de agua con un nivel intermedio de productividad, mayor que el de un lago oligotrófico, pero menor que el de un lago eutrófico. Estos lagos tienen

comúnmente aguas claras y mantienen lechos de plantas acuáticas sumergidas, y niveles medios de nutriente (Le Scienze, Edición Italiana, Sin año).

**Biota.-** Es una gran comunidad caracterizada por especies de plantas y animales presentes, es una biocenosis en su sentido amplio y es el resultado de una serie de interacciones entre el clima, los factores bióticos y el sustrato donde se asienta. Los biomas están distribuidos como fajas alrededor del mundo. Sin embargo, no suele haber una línea de demarcación precisa entre biomas adyacentes, sino una vasta zona de transición donde los biomas se superponen. (FAO, 2007)

**Calidad de un ambiente acuático.-** Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor, 1996).

**Diatomeas.-** De las micro algas, las diatomeas son preferidas para los monitoreos debido a que es el grupo autotrófico dominante además de que su identificación es simple. Las ventajas de su uso es que son cosmopolitas, algunas especies son muy sensibles a cambios ambientales, mientras que otras muy tolerantes, algunas son muy sensibles a cambios ambientales por periodos muy largos, el muestreo es sencillo y rápido, pueden cultivarse para estudiarlas en diseños experimentales (Toro et al., 2003)

**Ecosistema Acuático.-** Se entiende por ecosistema a la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente (Roldán, 1992), en este sentido, de forma general podría hablarse de dos tipos básicos de ecosistema: acuáticos y terrestres. Desde siempre, los ecosistemas acuáticos han estado influenciados por dos grandes grupos de factores: bióticos y abióticos. Los primeros se refieren a todas las interacciones entre los diferentes organismos del ecosistema, entradas, flujos de energía y zonas de ribera, mientras que los factores abióticos hacen referencia a variables climáticas, físico-químicos y determinación calidad del agua que influyen el medio en el cual se desenvuelven los organismos acuáticos (Roldán, 1992).

**Hábitat Lótico.-** Arroyos y ríos de montaña. La topografía de cada región, y la íntima relación entre la fuerza de gravedad de la Tierra y el flujo del agua, determinan la ubicación y límites de las



llamadas cuencas hidrológicas superficiales, usualmente formadas por depresiones que, juntas, frecuentemente resultan en estructuras anidadas de mayores dimensiones (Allen y Hoekstra, 1992; Sánchez, 2003).

**Hábitat Léntico.-** De forma general, se puede decir que los principales sistemas de aguas epicontinentales o dulces, son: lagos, lagunas, ríos, aguas subterráneas y embalses, estos sistemas lenticos (Roldán, 1992).

**Indicador Biológico.-** El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo (Washington, 1984).

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

**Macro invertebrados acuáticos.-** Los macro invertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio, además de ser una fuente de energía para los animales más grandes (Roldan, Fundamentos de

Limnología Neotropical, 1992). Estos son utilizados para el biomonitoreo por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones (Roldan, 2003).

**Relación de los factores físico - químicos del agua con la macro fauna acuática.-** La composición química del agua está relacionada directamente con la capacidad que tiene esta de mantener elementos y sustancias sólidas y gaseosas en solución, fundamentales para el desarrollo de la biota (Mora & Soler, 1993). Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades de los macro invertebrados. Factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, clase de sedimentos, materia orgánica, contaminantes tanto industriales como domésticos, determinan la abundancia relativa de las comunidades (Mora & Soler, 1993; Prat & Rieradeval, 1998; Xie, Cai, Tang, Ma, Liu & Ye 2003; Paukert & Willis, 2003; Dugel & Kazanci, 2004). Adicionalmente la calidad del agua está influida por las interacciones de la vegetación, suelos y tiempo de inundación (Batlle & Golladay, 2001).

De igual forma la cobertura de la vegetación (macrofitas), no solo influye en la producción de nutrientes en el agua, también influye en la calidad del hábitat para los macro invertebrados, determinando así el incremento de la abundancia y diversidad de las comunidades (Paukert & Willis, 2003). Por otro lado la eutrofización es un factor relevante que se relaciona con la calidad del agua y las comunidades de macro invertebrados.

A pesar de que los sistemas lenticos y loticos presenten grandes diferencias en cuanto a la dinámica, las características de velocidad de la corriente y el flujo direccional confiere otros atributos a los cuales las comunidades deben adaptarse, existen evidencias de que en ambos ambientes los factores físicos y químicos alteran las comunidades de macro invertebrados.

La turbiedad, el color y los sólidos suspendidos afectan directamente aquellos organismos que requieren directamente de las plantas para su alimentación, ya que estos factores reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria. La turbiedad afecta la relación-depredador presa ya que dificulta la visualización de la presa y los sólidos suspendidos atrofian aquellos organismos que se alimentan de microorganismos. La temperatura afecta la eclosión de los huevos

(Hawker, 1980; Roldán, 1992) y la colonización y acelera el ciclo de vida de los insectos incrementando la emergencia, aunque algunos son buenos tolerantes a la misma. La toxicidad aumenta la población de ciertos organismos tolerantes a esta, lo cual afecta en la competencia y la depredación. Adicionalmente, la salinidad en ciertos grados es una variable de toxicidad, al igual que el pH comportándose como un factor secundario de toxicidad.

**Tolerancia.-** Las evaluaciones de la salud de ríos y arroyos van a menudo vinculadas a la presencia o ausencia de insectos acuáticos residentes. Pero estas evaluaciones de población no están diseñadas para explicar el por qué algunas especies pueden desaparecer de lugares específicos. Los resultados de este nuevo estudio abren la posibilidad de predecir la tolerancia de las especies a problemas ambientales, tomando como referencia sus historias evolutivas. (Buchwalter, 2010).

## **10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **10.1 Ubicación del área de estudio.**

La Laguna de Antejos se ubican en el alto páramo de la Cordillera Central, esta forma parte del Parque Nacional Llanganates, en el sector que comprende el cantón Salcedo, ubicándose en el kilómetro 32 de la nueva vía Salcedo - Tena, su nombre de Antejos presumiblemente se debe a una pequeña prolongación que la corta en su parte central, dando la forma semejante a unos anteojos.

Su extensión es de aproximadamente 1.100 metros de largo por 290 metros de ancho, posee un clima agradable, con una temperatura de 7 °C, dentro de su fauna se puede encontrar huellas de lobos de páramo e incluso de conejos que habitan en la zona. Exclusivamente se puede observar aves de bosque en la parte más alta: gralarias, mirlos, curiquingues, conejos y lobos de páramo y la evidencia de los hábitos alimenticios del oso de anteojos.

La flora dentro de las riberas de la Laguna de Antejos está conformada por vegetación arbustiva y herbácea, asociada al pajonal.

La vegetación arbustiva es caracterizada por especies vegetales como romerillo de páramo, chuquiragua, puliza, pisag, mortiño, orejas de conejo, cacho de venado, amor sachá, genciana, cashpachina, achicoria amarilla, achupalla y demás arbustos que le dan vida a este lugar.

El estrato herbáceo está compuesto por diferentes especies de almohadilla y pajonal. (Ministerio del Ambiente ECUADOR, 2012).

**IMAGEN 1.** Ubicación del Parque Nacional Llanganates.



**Fuente:** Ministerio del Ambiente.

## 10.2 Fase de campo

### 10.2.1 Área de estudio:

Georreferenciada el área de estudio y establecidos los puntos de muestreo, los mismos que fueron considerados en función a ser efluentes de la laguna, por presentar mayor influencia y presencia de macro invertebrados, se procedió a la recolección de los especímenes, es importante mencionar que los puntos escogidos para realizar el proyecto de investigación fueron 5.

Por lo tanto se muestreó la Laguna de Anteojos en los meses de: Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero, en la laguna número 1 se hizo la identificación de tres puntos de muestreo y en la laguna número 2 se estableció dos puntos. En el muestreo de micro invertebrados y recolección de las muestras para el análisis físico- químico y microbiológico se efectuó la toma de una sola muestra en el mes de Enero, ubicándose en el punto 2 de la laguna número 2, evidenciando que se filtra el agua de la primera laguna.

**TABLA 5.** Georreferenciación del área de estudio.

<b>COORDENADAS DE LA LAGUNA DE ANTEOJOS:</b>			
<b>Latitud:</b> 1°05'46.78''S		<b>Longitud:</b> 78°20'25.73'' O	
<b>COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN:</b>			
		<b>Coordenada en X</b>	<b>Coordenada en Y</b>
<b>Laguna 1</b>	Punto 1	788680	9892781
	Punto 2	788594	9892576
	Punto 3	788648	9892352
<b>Laguna 2</b>	Punto 1	788554	98922164
	Punto 2	788422	9892150

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

### **10.3 Recolección de las muestras para el análisis de los macro invertebrados.**

La recolección de muestras de macro invertebrados en los meses y área de estudio, se utilizó la red Suber la cual consiste en atrapar los especímenes mediante un barrido a lo largo de la orilla con vegetación, este es un muestreo cualitativo; el tiempo de recolección es de 10 min por cada punto de muestreo, los especímenes recolectados son depositados en una bandeja blanca, pues allí se puede observar mejor a los organismos capturados, posteriormente los mismos fueron colocados en frascos de vidrio y etiquetados para su transportación al laboratorio, es importante mencionar que en el proceso se indujo la mortalidad de los especímenes de macro invertebrados inhibiendo su actividad biológica, colocándoles en alcohol al 70% para mantener sus características físicas y obtener su identificación por medio de claves taxonómicas, en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Para cumplir con el procedimiento técnico se necesitó los siguientes materiales:

- Frascos para muestras.
- Pinzas entomológicas.

- Lupa y plato pequeño o tapa blanca.
- Red Suber.
- Botas de hule

En cada uno de los sitios de muestreo se realizó los siguientes pasos:

- 1) Se separó las muestras, para evitar confusiones durante la identificación y el análisis.
- 2) Se recolectaron los macro invertebrados con la ayuda de una pinza entomológica, removiendo el sedimento y el sustrato de la laguna; los macro invertebrados colectados de cada uno de los puntos se colocaron un plato pequeño o una tapa blanca pequeños debidamente esterilizados, con un poco de alcohol al 70 %.
- 3) Los frascos recolectados y respectivamente etiquetados fueron colocados en un cooler, para mantener un control de temperatura adecuado en su transportación.
- 4) Se trasportó los especímenes colectados en campo hacia el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su respectiva identificación y análisis.

#### **10.4 Recolección para los análisis físico – químicos y microbiológico y de los micro invertebrados.**

Esta muestra se la efectuó en la segunda laguna ya que en esta se filtra el agua de la primera laguna; dicho procedimiento se lo realizó en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98 donde se especifica lo siguiente:

Los recipientes de muestras para análisis físico – químicos y microbiológicos deben ser recipientes, jarras o botellas de boca ancha ya sean de plástico o vidrio.

Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados.

#### **Llenado del recipiente:**

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos-químicos y microbiológicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos que son precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

#### **Identificación de las muestras:**

Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin margen de error.

#### **Técnica de conservación:**

Refrigerar alrededor 2 °C y 5 °C.

#### **Transporte de las muestras:**

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual e impermeable.

## **Recepción de las muestras al laboratorio:**

Al arribo al laboratorio, las muestras deben conservarse dependiendo, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 169:98 que eviten cualquier tipo de contaminación externa y que prevengan cambio en su contenido.

Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros. En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número de recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

Los parámetros analizarse en el análisis físico-químico y microbiológico son:

### **10.5 Parámetros físicos.**

**Turbidez.** - La turbiedad como una medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales, tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. Los resultados de las mediciones de turbiedad se dan en unidades nefelométricas de turbidez (UNT). (Crites y Tchobanoglous, 2000).

**Temperatura.** -La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir (organismos estenotérmicos y euritérmicos). Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el OD, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (IDEAM, 2001).

**Conductividad.**- Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transmitir una corriente eléctrica y es igual al recíproco de la resistividad de la solución. Dicha capacidad depende de la presencia de iones; de su concentración, movilidad y valencia, y de la temperatura ambiental.



Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos (ej. aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato) son relativamente buenos conductores. (Goyenola, 2007).

**Sólidos Disueltos Totales.-** El término TDS (Total Dissolved Solids) describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. La TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . El agua de alta pureza que en el caso ideal contiene solo  $\text{H}_2\text{O}$  sin sales o minerales tiene una conductividad eléctrica muy baja. La temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2 a un 3% por grado Celsius (LENNTECH 2009).

#### **10.6 Parámetros químicos.**

**pH.** -Según Prieto (2004) el pH no mide el valor de la acidez o alcalinidad, sino que la determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o su alcalinidad. Un pH menor de 7 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un pH mayor de 7 muestra una tendencia hacia la alcalinidad. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino puede indicar contaminación industrial (ABS, 1994).

**DQO.** - Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. (LEÓN, Carlos, 2009).

**DBO5.-** Esta medida determina la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable presente en una muestra de agua, la cual mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas. Su valor sube a más de 10 mg/l, cuando hay una descarga alta de materia orgánica que disminuye la capacidad de

producción de oxígeno y provoca una anaerobiosis de los sedimentos, que liberan amoníaco, fosfatos y metales, produciendo malos olores. (Tetzaguic, citado por Auquilla 2005).

**Nitritos y nitratos.-** los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forma parte del ciclo del nitrógeno (Lenntech, 2007). En un medio acuático natural se espera encontrar la mayoría del nitrógeno como nitratos, en lugar de la forma oxidada. La presencia de nitritos de amonio, es un indicio de reciente contaminación orgánica o de que existen procesos reductivos predominantes (Roldán, 2003). Las fuentes principales de nitrógeno en el agua son la contaminación orgánica y la agricultura. Cuando existe un exceso de nitrógeno, se desarrolla un proceso de eutroficación provocando un alto crecimiento de algas y plantas acuáticas. Debido a todo esto, el ecosistema es el que sufre las consecuencias ya que se reduce la diversidad de especies al tener una menor fuente de oxígeno.

**Fosfatos.-** El fosforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento en la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fosforo en forma de orto fosfato es nutriente de organismos foto sintetizadores y, por lo tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades. Su delimitación es necesaria en estudios de polución en ríos, así como procesos químicos y biológico de purificación y tratamientos de aguas (Romero, 2001).

### **10.7 Parámetros microbiológicos.**

**Coliformes fecales.** -Los coliformes, grupo de bacterias habitantes de la región intestinal de los mamíferos y aves. Este grupo de microorganismos pertenecen a la familia de las entero bacteriáceas, se caracteriza por su capacidad de fermentación de la lactosa a 35°C a 37°C. Los géneros que componen el grupo de los coliformes son: Escherichia, Klebsiella, Enterobacter, además, algunas especies de Serratia, Citrobacter y Edwardsiella. Todos los coliformes pueden existir como saprófitos independiente o como microorganismos intestinales, excepto el género Escherichia, que básicamente tiene origen fecal. (Carrera y Fierro, 1994).

## 10.8 Fase de laboratorio

Las muestras fueron separadas, en función de las características que presentaron a simple vista, para su posterior identificación y clasificación utilizando las guías taxonómicas luego de la observación en el estéreo microscopio.

Se procuró tomar a los insectos de su abdomen, debido a que así, estos sufren menos daño en su cuerpo y especialmente en alas y cabeza, permitiendo realizar su identificación con menos dificultad. Los macro invertebrados colectados se guardaron en frascos de vidrio con alcohol al 70%. La identificación de los ejemplares se realizó a través de guías técnicas, usadas para la entomofauna acuática. (Domínguez y Fernández, 2009; Fernández. y Domínguez, 2001; Manzo, 2005; Merritt y Cummins, 1988; Roldán, 1988; Salles, 2006).

Las láminas para la identificación de los especímenes de macro invertebrados constan los grupos más comunes, encontrados en los ríos, esteros y lagunas, se hallan clasificados por su sensibilidad a la contaminación del agua y las características que los diferencian de otros grupos.

La lámina de identificación está diseñada para ayudar a identificar cada grupo de macro invertebrados de acuerdo con sus características más generales.

Es importante mencionar como se realizó el llenado de las hojas de campo, donde se registraron las familias que se encontraron en los sitios de estudio, permitiendo determinar la calidad del agua en la Laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates.

- Una vez que se haya identificado los grupos presentes en cada área, anotar en la columna de Abundancia, la cantidad de macro invertebrados frente a la familia que corresponda.
- Sumar todos los números de la columna de Abundancia y anotar el resultado en el cuadro de total.
- Sumar los números de la columna EPT presentes y anotar el resultado en el cuadro de Total.
- Dividir el total de EPT presentes para el total de Abundancia.
- Multiplicar este valor por cien para sacar el porcentaje.

- Comparar este valor con el cuadro de calificaciones.
- La misma se realizó con el índice BMWP al frente de cada familia se anota el grado de tolerancia. Las familias que no toleran la pérdida de la calidad de agua tienen puntajes altos, mientras que familias que toleran la pérdida de calidad tienen puntajes bajos. La suma total de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio proporcionaron el valor de la calidad del agua (Roldán, 2003).
- Comparar el resultado con las tablas establecidas para determinar el grado de contaminación en las que se encuentran.

Es de vital importancia destacar que en este trabajo investigativo se realizó la respectiva comparación de resultados del análisis físico - químico y microbiológico de laboratorio con los datos obtenidos de las metodologías establecidas para la determinación del índice biológico de la calidad del agua.

## **11. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La investigación se realizó en los meses comprendidos entre Septiembre 2016 y Enero 2017, en la Laguna de Anteojos del Parque Nacional Llanganates en el cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

### **11.1 Análisis de macro invertebrados**

En el mes de Septiembre se evidenció la ausencia de familias pertenecientes al grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), por lo tanto no se puede aplicar este método para la determinación del índice de la calidad del agua.

De acuerdo al índice BMWP, el resultado obtenido es del 38% perteneciente a la clase III, que corresponde aguas moderadamente contaminadas (ver Anexo B- Tabla B.1).

En el mes de Octubre se registró la ausencia de especies pertenecientes a las familias del EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), lo cual imposibilita la determinación del índice de la calidad del agua.

El resultado registrado es del 46% perteneciente a la clase III, que corresponde a aguas moderadamente contaminadas (ver Anexo B- Tabla B.2).

Las especies de la familia *Baetidae sp*, que pertenece al orden Ephemeroptera, fueron las registradas en el mes de Noviembre obteniendo como resultado el 0,42% dicho porcentaje evidencia que el agua es de mala calidad.

En el índice BMWP, el resultado obtenido es del 45% perteneciente a la clase III, que corresponde a aguas moderadamente contaminadas (ver Anexo B- Tabla B.3).

De acuerdo a los especímenes recolectados en el mes de Diciembre se encontró especies de la familia *Baetidae sp*, que pertenece al orden Ephemeroptera, obteniendo como resultado el 1,96% indicando que el agua es de mala calidad.

Dentro del resultado del índice BMWP, que corresponde al 57% perteneciente a la clase III, indicando que el agua está moderadamente contaminada (ver Anexo B- Tabla B.4).

## **11.2 Análisis del índice de Shannon**

El índice de diversidad de Shannon en el mes de Septiembre reportó que la familia Lymnaeidae es la más representativa dentro de las especies encontradas seguida por la familia Hyalellidae, en este mes la biodiversidad es del 1,42 (ver Anexo C- Tabla C.1).

Aplicando el índice de Shannon se obtuvo los siguientes resultados; 4,45 de biodiversidad en el mes de Octubre siendo las más características las especies de las familias Hyalellidae y Lymnaeidae (ver Anexo C- Tabla C.2).

Las familias predominantes en el mes Noviembre son Lymnaeidae e Hyalellidae, de acuerdo al índice de biodiversidad de Shannon con el 2,31 (ver Anexo C- Tabla C.3).

El índice de diversidad de Shannon en el mes de Diciembre reportó que la familia Hyalellidae es la más representativa dentro de las especies encontradas seguida por la familia Lymnaeidae en este mes la biodiversidad es del 2,77 (ver Anexo C- Tabla C.4).

Los valores de BMWP y EPT detectan una calidad de agua grado III (aguas moderadamente contaminadas), con una baja biodiversidad 2,71 en donde las familias predominantes son la Hyalellidae y Lymnaeidae (ver Anexo C- Tabla C.5).

### **11.3 Resultados de los análisis de micro invertebrados**

Las diatomeas encontradas en la Laguna de Antojos y estimando la descripción de cada micro alga previamente identificada, tomando como referencia el hábitat en el cual se desenvuelven y sobre su tolerancia hacia los contaminantes de cada una de estas variedades de diatomeas se obtuvo como resultado, el agua encontrada en este cuerpo de agua dulce es de buena calidad por la presencia de las especies descritas (ver Anexo D- Tabla D.1).

Las especies con menos tolerancia hacia la contaminación o polución son: *Reimera uniseriada*, *Amphora meridionalis*, *Tabellaria flocaulosa*, *Nitzschia linearis*, *Amphipleura pellucida*.

Por su grado de intolerancia a la contaminación se encuentran presentes en la Laguna de Antojos exteriorizando de tal manera su estado ecológico actual.

### **11.4 Resultado del análisis físico – químico y microbiológico.**

Se procedió a la realización del análisis de las muestras en el punto número 2 en la segunda laguna puesto que el agua procedente de la primera laguna se filtra en este punto, se realizó el estudio de 12 parámetros para determinar la calidad de agua que posee esta laguna, obteniendo los siguientes resultados que a continuación se detalla.

El muestreo realizado pudo determinar que los parámetros representados no exceden el límite permisible de acuerdo al TULSMA Anexo I Libro VI Tabla 2. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario (ver Anexo E- Tabla E.1).

## 12. DISCUSIÓN

Se observó que los factores climáticos como la precipitación y temperatura influyen en la presencia del grupo Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT), los cuales son considerados como indicadores de la calidad del agua; las fuertes variaciones en el caudal en los meses estudiados disminuyen considerablemente el número de especies, en comparación con los meses de menos caudal hídrico se determinó la presencia poco significativa de familias pertenecientes a estos grupo; es importante mencionar que muchos organismos se desarrollan dependiendo de las condiciones del medio.

Las especies más comunes y abundantes detectadas en los puntos de muestreo corresponden a las familias de Hyalellidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae, Planariidae, Oligochaeta y Glosiiphoniidae. En total se recolectaron 813 macro invertebrados acuáticos, agrupados en 12 familias, estas familias según el método BMWP que indica el grado de tolerancia a la contaminación, las condiciones de la laguna pertenece a la clase III, que corresponde a aguas moderadamente contaminadas.

Los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y microbiológicos, no sobrepasa los límites permisibles según su comparación con la tabla número 2 sobre los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario del TULSMA, en cuanto se refieren a los límites establecidos en dicha tabla.

En lo que corresponde a las diatomeas se tomó como referencia principal su presencia en cada uno de los puntos de muestreo establecidos, se identificaron siete especies respectivamente de micro algas tomando en cuenta su grado de tolerancia y lo que representan biológicamente para el estado ecológico de la Laguna de Antejos la especie de diatomea con menos tolerancia a la contaminación es *Amphipleura pellucida*, que manifiesta su presencia en 3 puntos y

particularmente con mayor incidencia en la laguna 2, por otro lado la especie que tolera modernamente la contaminación es la especie *Tabellaria flocaulosa*, la cual fue identificada en los 2 puntos de la laguna 2.

### **13. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).**

Los impactos más relevantes en esta investigación son en el aspecto social así como el ambiental, demostrando por consiguiente el estado actual que presenta la Laguna de Antejos, en el enfoque social la laguna ofrece una serie de beneficios para las comunidades aledañas, aportando servicios eco sistémicos, ya que están relacionados estrechamente con la seguridad alimentaria, actividades productivas (agricultura, turismo, recreación, pesca y riego), además de valores culturales y espirituales. Es importante recalcar sobre la alta gama de recursos útiles para la planificación y gestión de cuencas hidrográficas. Dentro de los impactos ambientales la Laguna de Antejos se presenta como un ecosistema cuya característica principal es ser diversa y productiva, presenta una gran importancia para la biodiversidad sin olvidar el funcionamiento de los ecosistemas, es una área significativa para el país, ya que se considera el hábitat fundamental de muchas especies tanto de flora como de fauna, influye en la retención y flujo de agua controlando la erosión y transporte de sedimentos, incrementando la resiliencia de peligros naturales y eventos extremos adaptándose al cambio climático.

### **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **14.1 Conclusiones.**

- Durante el tiempo de investigación se recolectó 813 macro invertebrados acuáticos, agrupados en 12 familias, lo que constituye un sistema de aguas moderadamente contaminada con un índice de biodiversidad de 2,71 (Shannon).
- Los factores ambientales como el caudal y la temperatura poseen un efecto directo acerca de la abundancia de las familias del EPT en los meses de septiembre y octubre se determinó la



ausencia de este grupo importante de familias, entre los meses comprendidos entre noviembre y diciembre se denota la presencia mínima de estas familias.

- Los grupos más representativos son de las familias Hyalellidae, Lymnaeidae, Sphaeriidae y Planariidae, las cuales tienen gran importancia en la ecología acuática, para determinar la calidad del agua en la Laguna de Antejos, al igual el estudio de las microalgas que ayudaron a la determinación de la calidad del agua.
- Dentro de los parámetros físicos - químicos y microbiológicos se determinó que las variables establecidas no sobrepasan los límites establecidos en la norma ambiental de la calidad del agua (TULSMA Libro VI, Anexo I en la Tabla 2).
- En la Laguna de Antejos es evidenciable que no existe ningún tipo de estrategias sobre el manejo de los afluentes que ingresan a esta laguna por tal motivo los indicadores establecidos determinan que esta medianamente contaminada, poniendo en riesgo la seguridad del agua para los sectores aledaños.

#### **14.2 Recomendaciones**

- Realizar campañas de educación ambiental para la preservación, conservación y control de residuos por parte de los visitantes que ingresan a la Laguna de Antejos, es un lugar turístico y se practica la pesca deportiva.
- Impulsar proyectos de investigación científica que contribuya al enriquecimiento de nuevas propuestas para la conservación de este sector importante de nuestro país por ser una zona RAMSAR.
- Priorizar el control del ganado vacuno existente en la zona, en especial del ingreso de los afluentes que forman la Laguna de Antejos, es importante socializar esta investigación con los habitantes del sector para fomentar conciencia e impulsar la conservación de estos importantes afluentes del sector.

- Desarrollar estrategias de conservación por parte de los gobiernos autónomos municipales o provinciales, que permitan la protección y mejora de este importante recurso hídrico perteneciente al Parque Nacional Llanganates.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor J. 1996. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería no. 2: 203-213.
- Alba-Tercedor J., y Sanchez-Ortega A. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978)*. Limnetica no. 4: 51-56.
- Abdel-Raouf N, AA Al-Homaidan & IBM Ibraheem. 2012. *Microalgae and wastewater treatment*. Saudi Journal of Biological Sciences 19: 257-275.
- ABS (Annual book of Standards). 1994. *American Society for testing and Materials*. *Determinación de pH en el agua*. Método ASTM D 1293-84 reprobado en 1990.
- Arnau Gras J (1980) *Psicología experimental. Un enfoque metodológico*. México: Trillas.
- Ander-Egg E (1987) *Técnicas de investigación social*. Buenos Aires: Hvmánitas, 21° edición.
- Blalock H (1982) *Introducción a la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Carrera C. y Fierro K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Manual de monitoreo*. EcoCiencia. Quito, Ecuador. 67 p.
- Correa I. (2000). *Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua*. Universidad de Los Andes. Venezuela. 61

- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Chapman Hill. London. 626 p.
- Domínguez L., Goethals P. y De Pauw N. (2005). *Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua*. Revista Tecnológica ESPOL no. 18: 127-134.
- Goyenola G. (2007), *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA Versión 1.0*. Recuperado de: [://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/)
- Hernández Sampieri R Fernández Collado C y Lucio P (1996) *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- INEN, (1998). Norma Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98.
- León O y Montero I (1995) *Diseño de investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en psicología y educación*. Madrid: McGraw Hill.
- Paukert, C., & Willis, D. (2003). *Aquatic invertebrate assemblages in shallow prairie lakes: fish and environmental influences*. Journal of Freshwater Ecology, 18(4), 523-533.
- Pearson, R. G., Tobin, R. E., Smith, W., & Benson, J. (1989). *Standing crop and processing of rainforest litter in a tropical Australian stream*. Archiv für Hydrobiologie, 115, 481-498.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 164 p.
- Roldan, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Roldan, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Universidad de Antioquia.

- Roldán, G. (1980). *Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros*. Actualidades Biológicas, 9(34), 103-107.
- Roldán, G., Bohórquez, A., Castaño, R., & Ardilla, J. (2001). *Estudio limnológico del embalse del Guavio*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales, 24(90), 25-33.
- Rosenberg, D.M. y Resh V.H. (eds.). (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman y Hall, Nueva York. 488 p.
- Resh V.H., Myers M.J. y Hannaford M. J. (1996). *Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality*. In F.R. Hauer. y G.A. Lamberti (eds.). 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academic, San Diego, CA. p. 647-668
- Melcalfe, J. (1989) *Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe*. *Environmental Pollution* 60 (1989) 101-139.
- Roldán Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Medellín: Conciencias, Universidad de Antioquia.
- Stevens Institute of Technology (SIT). (2006a). *Demanda Biológica de Oxígeno*. (En línea). Consultada 18 de Sep 2007.
- Toro, J., J. Schuster, J. Kurosawa, E. Araya & M. Contreras. (2003). *Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores Rio Maipo* (Santiago: Chile) Ed. SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA XVI CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

Vázquez G., Castro G., González I., Pérez R. y Castro T. (2006). *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. 7 p.

Washington, H. (1984). *Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems*. Water Research, 18, 653-694.

Water and Rivers Commission (WRC). (2001). Water Facts. 2 ed. Xie, Z., Cai, Q., Tang, T., Ma, K., Liu, R., & Ye, L. (2003). *Structure of macrobenthos of the east dongting nature reserve, with emphasis on relationships with environmental variables*. Journal of Freshwater Ecology, 18(3), 405-413.

#### **Páginas web.**

Ministerio del Ambiente. (2012). *Parque Nacional Llanganates*. Visible body: travele's choice. New York, EU. Recuperado de: <http://www.birdlist.org/national-parks/parque-nacional-llanganates/parque-nacional-llanganates.htm>

Alonso Ramírez. (2010). *Revista de Biología Tropical. Costa Rica*. Recuperado de: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003477442010000800002](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442010000800002)

Giuseppina Da Ros. (1995). *Contaminación del agua*. Editorial Abya Yala. Recuperado de: [https://books.google.com.ec/books/about/La\\_contaminaci%C3%B3n\\_de\\_aguas\\_en\\_Ecuador.html?id=rPQrAHRxzyYC](https://books.google.com.ec/books/about/La_contaminaci%C3%B3n_de_aguas_en_Ecuador.html?id=rPQrAHRxzyYC).

David Buchwalter. (2010) *Tolerancia a los contaminantes*. Universidad De Carolina Del Norte  
Recuperado de: <http://www.solociencia.com/biologia/08081105.htm>

FAO (2007) Los “Fundamentos del desarrollo” Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112s/i0112s07.pdf>

Cráticula *Clave taxonómica de diatomeas*, Recuperado de:  
<http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/taxa.html>

Le Scienze *Survey of the State of the World's Lakes* promovido por el International Lake Environment Committee, resultado publicado por: "Le Scienze, Edición Italiana"  
Recuperado de:  
<http://www.uap.edu.pe/intranet/fac/material/24/20102BT240224506240109011/20102BT24022450624010901117911.pdf>

## 16. ANEXOS

### ANEXO A. Aval de centro 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 estudiantes: **BASTIDAS FREIRE ANA VICTORIA Y TAPIA VILLAMARÍN YESENIA NATALY** Egresadas de Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi: cuyo título versa "**DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE MACRO Y MICRO INVERTEBRADOS EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**", lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Febrero del 2017

Atentamente,

**Lic. Marcelo Pacheco Pruna**

**C.C: 050241735-0**

**DOCENTE DEL CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

## ANEXO B. Datos del analisis EPT y BMWP

**TABLA B.1.** Datos obtenidos del mes de Septiembre.

<b>MES DE SEPTIEMBRE</b>				
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>				
<b>COORDENADAS</b>	<b>X:</b> 788680	<b>Y:</b> 9892781	<b>Altitud:</b> 3951 msnm	
<b>FECHA DE COLECCIÓN</b>	17/ Septiembre/ 2016	<b>HORA DE COLECCIÓN</b>	12:03 pm	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN</b>	19/ Septiembre/ 2016			
<b>CONDICIÓN CLIMÁTICA</b>	Fuertes precipitaciones	<b>TEMPERATURA</b>	7 -10 °C	
<b>RESPONSABLE</b>	Bastidas – Tapia			
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GÉNERO Y ESPECIE</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>ÍNDICE BMWP</b>
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	145	7
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	47	8
Díptera	Simuliidae	<i>Simulium latreille</i>	3	7
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Cyanocyclas sp</i>	8	8
Díptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	4	2
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobdella sp</i>	2	5
Annelida	Oligochaeta	<i>Turbidex sp</i>	4	1
<b>TOTAL</b>			<b>213</b>	<b>38</b>
<b>EPT= 0%</b>				

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.



ANEXO B.2. Datos obtenidos del mes de Octubre.

MES DE OCTUBRE				
INFORMACIÓN GENERAL				
<b>COORDENADAS</b>	X: 788680	Y: 9892781	<b>Altitud:</b> 3951 msnm	
<b>FECHA DE COLECCIÓN</b>	23/ Octubre/ 2016	<b>HORA DE COLECCIÓN</b>	10:00 am	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN</b>	08/ Diciembre/ 2016			
<b>CONDICIÓN CLIMÁTICA</b>	Fuertes precipitaciones	<b>TEMPERATURA</b>	7 -10 °C	
<b>RESPONSABLE</b>	Bastidas – Tapia			
RESULTADOS				
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	ABUNDANCIA	ÍNDICE BMWP
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	48	7
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	70	8
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Cyanocyclas sp</i>	7	8
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobdella sp</i>	10	5
Annelida	Oligochaeta	<i>Turbidex sp</i>	1	1
Hemíptera	Notonectidae	<i>Buenoa kirkaldy</i>	1	5
Hemíptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelis mulsant y rey</i>	1	5
Tricladida	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	17	7
<b>TOTAL</b>				<b>46</b>
<b>EPT= 0%</b>				

Elaborado por: Equipo de trabajo.

ANEXO B.3. Datos obtenidos del mes de Noviembre.

<b>MES DE NOVIEMBRE</b>				
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>				
<b>COORDENADAS</b>	<b>X:</b> 788680	<b>Y:</b> 9892781	<b>Altitud:</b> 3951 msnm	
<b>FECHA DE COLECCIÓN</b>	12/ Noviembre/ 2016	<b>HORA DE COLECCIÓN</b>	10:23 am	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN</b>	08/ Diciembre/ 2016			
<b>CONDICIÓN CLIMÁTICA</b>	Moderadamente lluvioso	<b>TEMPERATURA</b>	10 -12 °C	
<b>RESPONSABLE</b>	Bastidas – Tapia			
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GÉNERO Y ESPECIE</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>ÍNDICE BMWP</b>
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	132	7
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	58	8
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Dactyobaetis sp</i>	1	7
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Cyanocyclas sp</i>	10	8
Díptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	1	2
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobia sp</i>	8	5
Annelida	Oligochaeta	<i>Turbidex sp</i>	11	1
Tricladida	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	16	7
<b>TOTAL</b>			<b>237</b>	<b>45</b>
<b>EPT= 1/237*100</b>			<b>0.42%</b>	<b>45%</b>

Elaborado por: Equipo de trabajo.

ANEXO B.4. Datos obtenidos del mes de Diciembre.

<b>MES DE DICIEMBRE</b>				
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>				
<b>COORDENADAS</b>	<b>X:</b> 788680	<b>Y:</b> 9892781	<b>Altitud:</b> 3951 msnm	
<b>FECHA DE COLECCIÓN</b>	21/ Diciembre/ 2016	<b>HORA DE COLECCIÓN</b>	11:00 am	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN</b>	19/ Enero/ 2016			
<b>CONDICIÓN CLIMÁTICA</b>	Moderadamente lluvioso	<b>TEMPERATURA</b>	10 -12 °C	
<b>RESPONSABLE</b>	Bastidas – Tapia			
<b>RESULTADOS</b>				
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GÉNERO Y ESPECIE</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>ÍNDICE BMWP</b>
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	122	7
Gastropoda	Lymnaeidae	<i>Lymnaea sp</i>	36	8
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Dactyobaetis sp</i>	5	7
Bivalvia	Sphaeriidae	<i>Cyanocyclas sp</i>	13	8
Díptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	1	2
Glossiphoniiforme	Glossiphoniidae	<i>Dacnobia sp</i>	4	5
Annelida	Oligochaeta	<i>Turbidex sp</i>	4	1
Tricladida	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	8	7
Díptera	Simuliidae	<i>Simulium latreille</i>	15	7
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia kieffer</i>	3	5
<b>TOTAL</b>			<b>255</b>	<b>57</b>
<b><math>EPT = 5/255 * 100</math></b>			<b>1.96%</b>	<b>57%</b>

Elaborado por: Equipo de trabajo.

## ÍNDICE DE SHANNON

### ANEXO C. Datos del analisis del indice de Shannon

**TABLA C.1.** Índice de Shannon del mes de Septiembre.

<b>ÍNDICE GENERAL DE SHANNON DE SEPTIEMBRE</b>					
<b>N°</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>AR (Pi)</b>	<b>Pi*LnPi</b>	<b>IS</b>
<b>1</b>	Hyaellidae	145	0,68075117	-0,2617886	<b>1,4273</b>
<b>2</b>	Lymnaeidae	47	0,22065728	- 0,33344504	
<b>3</b>	Simulidae	3	0,01408451	- 0,06003774	
<b>4</b>	Sphaeriidae	8	0,03755869	-0,123262	
<b>5</b>	Chironomidae	4	0,01877934	- 0,07464785	
<b>6</b>	Glosiiphoniidae	2	0,00938967	- 0,04383235	
<b>7</b>	Oligochaeta	4	0,01877934	- 0,07464785	
<b>TOTAL</b>		<b>213</b>		- <b>0,97166142</b>	

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**TABLA C.2.** Índice de Shannon del mes de Octubre.

<b>ÍNDICE GENERAL DE SHANNON DE OCTUBRE</b>					
<b>N°</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>AR (Pi)</b>	<b>Pi*LnPi</b>	<b>IS</b>
<b>1</b>	Hyaellidae	48	0,30967742	- 0,36301134	<b>4,4522</b>
<b>2</b>	Lymnaeidae	70	0,4516129	- 0,35900059	
<b>3</b>	Sphaeriidae	7	0,04516129	- 0,13988777	
<b>4</b>	Oligochaeta	1	0,00645161	- 0,03253823	
<b>5</b>	Glosiiphoniidae	10	0,06451613	- 0,17682839	
<b>6</b>	Notonectidae	1	0,00645161	- 0,03253823	
<b>7</b>	Mesoveliidae	1	0,00645161	- 0,03253823	
<b>8</b>	Planariidae	17	0,10967742	- 0,24241032	
<b>TOTAL</b>		<b>155</b>		- <b>1,37875309</b>	

Elaborado por: Equipo de trabajo.

**TABLA C.3.** Índice de Shannon del mes de Noviembre.

<b>ÍNDICE GENERAL DE SHANNON DE NOVIEMBRE</b>					
<b>N°</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>AR (Pi)</b>	<b>Pi*LnPi</b>	<b>IS</b>
<b>1</b>	Hyalellidae	132	0,55696203	-0,3259666	<b>2,3144</b>
<b>2</b>	Chironomidae	1	0,00421941	- 0,02307198	
<b>3</b>	Glosiiphoniidae	8	0,03375527	- 0,11438375	
<b>4</b>	Sphaeriidae	10	0,04219409	- 0,13356435	
<b>5</b>	Planariidae	16	0,06751055	- 0,18197275	
<b>6</b>	Oligochaeta	11	0,0464135	-0,1424971	
<b>7</b>	Baetidae	1	0,00421941	- 0,02307198	
<b>8</b>	Lymnaeidae	58	0,24472574	- 0,34448014	
<b>TOTAL</b>		<b>237</b>		- <b>1,28900867</b>	

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**TABLA C.4.** Índice de Shannon del mes de Diciembre.

<b>ÍNDICE GENERAL DE SHANNON DE DICIEMBRE</b>					
<b>N°</b>	<b>INDIVIDUOS</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>AR (Pi)</b>	<b>Pi*LnPi</b>	<b>IS</b>
<b>1</b>	Hyaellidae	122	0,5520362	-0,3279877	<b>2,7745</b>
<b>2</b>	Lymnaeidae	36	0,16289593	- 0,29559808	
<b>3</b>	Sphaeriidae	13	0,05882353	- 0,16665961	
<b>4</b>	Oligochaeta	4	0,01809955	-0,072613	
<b>5</b>	Glosiiphoniidae	4	0,01809955	-0,072613	
<b>6</b>	Oligochaeta	11	0,04977376	- 0,14933458	
<b>7</b>	Baetidae	5	0,02262443	- 0,08571776	
<b>8</b>	Planariidae	8	0,0361991	-0,1201347	
<b>9</b>	Simuliidae	15	0,0678733	- 0,18258682	
<b>10</b>	Ceratopogonidae	3	0,01357466	- 0,05836494	
<b>TOTAL</b>		<b>221</b>		- <b>1,53161019</b>	

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.


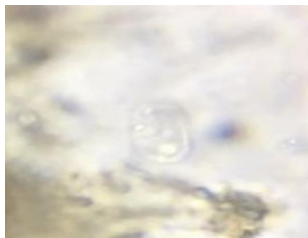

**TABLA C.5.** Promedio del índice Shannon.

<b>MESES</b>	<b>RESULTADO</b>
Septiembre	1.42
Octubre	4.45
Noviembre	2.21
Diciembre	2.77
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.71</b>

**Elaborado por:** Equipo de trabajo.



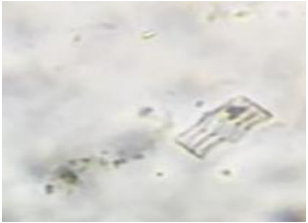

ANEXO D. Resultados observados de micro invertebrados.

TABLA D.1. Tabla de resultados de micro invertebrados.

MES DE ENERO					
INFORMACIÓN GENERAL					
COORDENADAS	X: 788680	Y: 9892781	Altitud: 3951 msnm		
FECHA DE COLECCIÓN	19 / Diciembre / 2017	HORA DE COLECCIÓN	DE 07:00 am		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	19 / Diciembre / 2017				
RESPONSABLE	Bastidas – Tapia				
RESULTADOS					
FAMILIA	ESPECIE	LAGUNA	PUNTO	X	FOTO
Reimera	<i>Reimera uniseriata</i>	Laguna 1	1	X	
			2	X	
			3	X	
		Laguna 2	1		
			2	X	
Amphora	<i>Amphora meridionalis</i>	Laguna 1	1		
			2	X	
			3	X	
		Laguna 2	1	X	
			2		
Nitzschia	<i>Nitzschia filiformis</i>	Laguna 1	1	X	
			2	X	
			3	X	
		Laguna 2	1		
			2		

Elaborado por: Equipo de trabajo.



<b>Melosira</b>	<i>Melosira varians</i>	<b>Laguna 1</b>	1		
			2		
			3		
		<b>Laguna 2</b>	1	X	
			2		
<b>Tabellaria</b>	<i>Tabellaria flocaulosa</i>	<b>Laguna 1</b>	1	X	
			2		
			3		
		<b>Laguna 2</b>	1		
			2	X	
<b>Nitzschia</b>	<i>Nitzschia linearis</i>	<b>Laguna 1</b>	1		
			2		
			3		
		<b>Laguna 2</b>	1		
			2	X	
<b>Nitzschia</b>	<i>Nitzschia pullucida</i>	<b>Laguna 1</b>	1		
			2	X	
			3		
		<b>Laguna 2</b>	1	X	
			2	X	

Elaborado por: Equipo de trabajo.

**ANEXO E.** Análisis físico - químico y microbiológico.

**ANEXO E.1.** Resultados de los análisis físico - químicos y microbiológicos.

PARÁMETROS	UNIDAD	Tabla 2, TULSMA*	MUESTRA 1	MÉTODO
		LÍMITE PERMISIBLE	Resultado	
<b>Potencial de Hidrogeno</b>	U. pH	6,5 – 9	7.15	S.M. 4500-H+B
<b>Temperatura</b>	°C	Condiciones naturales +3	16.8	Mam-33/Apha 2550B
<b>Turbiedad</b>	NTU	-	2.5	S.M. 2130 B
<b>Conductividad Eléctrica</b>	Us/ cm	-	50	S.M. 2520 B
<b>Sólidos disueltos</b>	mg/l	-	32	S.M. 2540 C
<b>Nitratos</b>	mg/l	13	10	S.M. 4500-NO3- B
<b>Fosfatos</b>	mg/l	-	0.21	Mam-17/Apha 4500 P
<b>D.B.O</b>	mg/l	20	1.2	Mam-38/Apha 5210 B
<b>D.Q.O</b>	mg/l	40	1.91	Mam- 23 A Merck 112
<b>Aerobios Mesòfilos</b>	Ufc/ 100ml.	-	270	Colilert-EPA
<b>Colibacilos Totales</b>	Ufc/ 100ml	-	236	Colilert-EPA
<b>Colibacilos Fecales</b>	Ufc/ 100ml	Máximo 20-200	0	Colilert-EPA

Elaborado por: Equipo de trabajo.

ANEXO F. Descripción de bioindicadores.


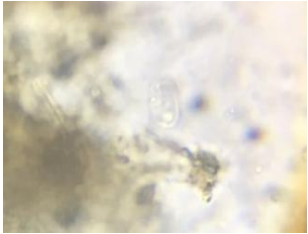

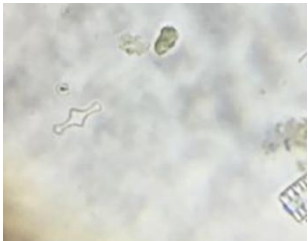
TABLA E.1. Tabla de descripción y registro fotográfico de macro invertebrados.

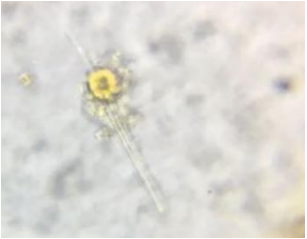
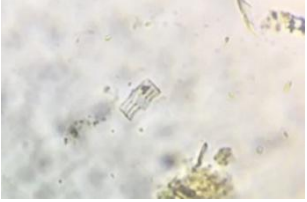

FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
<p><b>Orden:</b> <i>Amphipoda</i>  <b>Familia:</b> <i>Hyaellidae</i>  <b>Género:</b> <i>Hyaella sp</i></p>	<p>Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán 2003). Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos (Peralta 2001).</p>	
<p><b>Orden:</b> <i>Veneroidea</i>  <b>Familia:</b> <i>Sphaeriidae</i>  <b>Clase:</b> <i>Bivalvia</i>  <b>Género:</b> <i>Cyanocyclas sp</i></p>	<p>Se encuentran en aguas tranquilas adheridos a vegetación emergente, siendo por lo tanto herbívoros, además son organismos filtradores. (Carrillo 2002).</p>	
<p><b>Orden:</b> <i>Gasterópoda</i>  <b>Familia:</b> <i>Lymnaeidae</i>  <b>Clase:</b> <i>Gastropoda</i>  <b>Género:</b> <i>Lymnaea sp</i></p>	<p>Viven prácticamente en todo tipo de agua y resisten cierto grado de contaminación (Roldán 1996). Se pueden encontrar adheridos a vegetación emergente, por lo que también se consideran herbívoros (Carrillo 2002).</p>	
<p><b>Orden:</b> <i>Tricladida</i>  <b>Familia:</b> <i>Planariidae</i>  <b>Clase:</b> <i>Turbellaria</i>  <b>Género:</b> <i>Polycelis felina</i></p>	<p>Viven en aguas poco profundas, tanto corrientosas como estancadas, debajo de piedras, troncos, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación, son fuente de alimento para ninfas de odonatos y otros insectos acuáticos (Roldán 1996).</p>	
<p><b>Orden:</b> <i>Glossiphoniiformes</i>  <b>Familia:</b> <i>Glossiphoniidae</i>  <b>Clase:</b> <i>Hirudinea</i>  <b>Género:</b> <i>Dacnobdella sp</i></p>	<p>Las sanguijuelas viven por lo regular en aguas quietas o de poco movimiento, sobre troncos, plantas, rocas y residuos vegetales. Toleran baja concentración de oxígeno, por lo que es frecuente encontrarlas en gran número en lugares donde existe abundante materia orgánica (Physis, 1972).</p>	

<p><b>Orden: Díptera</b>  <b>Familia: Chironomidae</b>  <b>Género: <i>Larsia sp</i></b></p>	<p>Se encuentra en cuerpos de agua o fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición. Son indicadores de agua mesoeutróficas (Roldán, 1996).</p>	
<p><b>Orden: Hemíptera</b>  <b>Familia: Notonectidae</b>  <b>Clase: Insecta</b>  <b>Género: <i>Buenoa kirkaldy</i></b></p>	<p>Lagos, charcas y estanques, pocas en orillas de corrientes, en aguas abiertas o con poca vegetación. Indicadores: aguas oligomesotróficas. (Álvarez y Roldán, 1983).</p>	
<p><b>Orden: Díptera</b>  <b>Familia: Ceratopogonidae</b>  <b>Clase: Insecta</b>  <b>Género: <i>Stilobezzia kieffer</i></b></p>	<p>Habitan en aguas lóxicas, adheridos a rocas emergentes, en aguas lénticas, charcas y lagos con material vegetal en descomposición (Roldán, 1996).</p>	
<p><b>Orden: Ephemeroptera</b>  <b>Familia: Baetidae</b>  <b>Clase: Insecta</b>  <b>Género: <i>Dactyobaetis sp</i></b></p>	<p>Aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridas a vegetación, también se encuentran en medios turbulentos y fondos arenosos. Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas (Roldán, 1980- 1985).</p>	
<p><b>Familia: Annelida</b>  <b>Clase: Oligochaeta</b>  <b>Género: <i>Turbidex sp</i></b></p>	<p>Viven en aguas eutroficadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus. Los turbificados pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea (Roldán, 1973).</p>	
<p><b>Orden: Hemíptera</b>  <b>Familia: Mesoveliidae</b>  <b>Género: <i>Mesovelia mulsant y rey</i></b></p>	<p>Aguas quietas y remansos con mucha vegetación; “patinadores”. Indicadores: aguas oligomesotróficas (Álvarez y Roldán, 1983).</p>	
<p><b>Orden: Díptera</b>  <b>Familia: Simuliidae</b>  <b>Género: <i>Simulium latreille</i></b></p>	<p>Su hábitat es muy variados; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagunas a todas las profundidades. Aguas corrientes muy oxigenadas. Debajo de rocas y troncos. Indicadores: aguas oligotróficas (Bedoya y Roldán, 1984).</p>	

**Fuente:** (Guía de para el estudio de los macro invertebrados acuáticos del departamento de Antioquia, Roldán, 1998).

**TABLA F.2.** Tabla de descripción y registro fotográfico de micro invertebrados.

FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
<i>Reimera uniseriata</i>	<p>Las válvulas son lineales-lanceoladas con extremos subcapitales, dorsiventral con lado dorsal convexo y lado ventral más o menos recto, de 4,0-7,0 <math>\mu\text{m}</math> de ancho, 12,5-24 <math>\mu\text{m}</math> de largo.                      Son indicadoras de una buena calidad de agua. (Lanza,2010)</p>	
<i>Amphora meridionalis</i>	<p>Esta es una especie fósil aparentemente sin poblaciones existentes, género Amphora.                      Esta especie es indicadora de buena calidad de agua. (Lanza, 2010)</p>	
<i>Nitzschia filiformis</i>	<p>Las especies de Nitzschia, pertenecientes a varios grupos taxonómicos diferentes dentro del género, fueron originalmente clasificadas en un género separado.                      Especie bentónica de agua salobre y agua dulce con alto contenido iónico. (Smith, 1998)</p>	
<i>Melosira varians</i>	<p>Común en hábitats de agua dulce, especialmente aguas eutróficas. En los ríos, a menudo forma finos filamentos marrones en las zonas marginales donde la corriente no es tan fuerte, pero estos filamentos son fácilmente eliminados durante los spates. (Smith, 1998).</p>	

<p><i>Tabellaria flocaulosa</i></p>	<p>Se encuentran ligeramente adheridos a rocas y vegetación en regiones de lagos. A menudo se desprenden y se enredan con vegetación. Es muy sensible a la contaminación. (Smith, 1998)</p>	
<p><i>Nitzschia linearis</i></p>	<p>Células solitarias. Frustules isopolar, bilateralmente simétrico. Las células generalmente se encuentran en la vista de la cintura, que parecen lineales. Tolerante de la contaminación moderada. (Smith, 1998)</p>	
<p><i>Amphipleura pellucida</i></p>	<p>Válvulas lineales-lanceoladas a ligeramente rómbicas con extremidades agudas y redondeadas, restringidas a los polos. Estrías. Muy sensible a la contaminación. (Smith, 1998)</p>	

**Fuente:** (Guía de para el estudio de diatomeas. Smith, 1998, Guía de diatomeas de la cuenca del Deuro. Lanza et al., 2010).

## ANEXO G. Tolerancia para el índice BMWP.


ANEXO G.1. Tabla de tolerancia de las familias para el índice BMWP.

FAMILIAS				PUNTO
Anomalopsychidae Atriplectididae Blephariceridae	Ptilodactylidae Chordodidae Gripopterygidae	Lampyridae Odontoceridae Perlidae	Polymitarcyidae Polythoridae Psephenidae	10
Coryphoridae Ephemerae Euthyplociidae	Gomphidae Hydrobiosidae Leptophlebiidae	Limnephilidae Oligoneuriidae Philopotamidae	Platystictidae Polycentropodidae Xiphocentronidae	9
Atyidae Calamoceratidae Hebridae Helicopsychidae Hydraenidae	Hydroptilidae Leptoceridae Limnephilidae Lymnaeidae Naucoridae	Palaemonidae Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaridae)	Pseudothelpusidae Saldidae Sialidae Sphaeriidae	8
Ancylidae Baetidae Calopterygidae Coenagrionidae	Dicteriadidae Dixidae Glossosomatidae Hylalellidae	Hydrobiidae Hydropsychidae Leptohiphidae Lestidae	Pyralidae Simuliidae Veliidae	7
Aeshinidae Ampullriidae Caenidae Corydalidae	Dryopidae Dugesidae Elmidae Hyriidae	Limnichidae Lutrochidae Megapodagrionidae	Mycetopodidae Pleidae Staphylinidae	6
Ceratopogonidae Corixidae Gelastocoridae	Glossiphoniidae Gyrinidae Libellulidae	Mesoveliidae Nepidae Notonectidae	Tabanidae Thiaridae	5
Belostomatidae Chrysomelidae Curculionidae Ephydriidae	Haliplidae Hydriidae Muscidae	Scirtidae Empididae Dolichopodidae	Hydrometridae Noteridae Sciomyzidae	4
Chaoboridae Cyclobdellidae	Hydrophilidae (larvas)	Physidae Stratiomyidae	Tipulidae	3
Chironomidae ( cuando no es la familia dominante, si domina es 1)		Culicidae Psychodidae	Syrphidae	2
Tubificidae, Oligochaeta				1

Fuente: (modificado de Roldán, 2003 por Álvarez, 2006).

**ANEXO H.** Análisis físico – químico y microbiológico.

**ANEXO H.1.** Resultados del laboratorio




## CASA DEL QUÍMICO 2

LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL - SERVICIO PROFESIONAL  
AGUAS – ALIMENTOS – COSMÉTICOS – SUELOS.

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO - BACTERIOLOGICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 641	
Orden de trabajo	No.	641	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml.	500	
Identificación	M1	muestra de agua	
Sector		Laguna de Antejos Parque Nacional Llanganates	
Solicita		Ing. Jorge Rivas Gavilanez	
Fecha de muestreo		05-01-17	
Fecha de informe		10-01-17	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.15	S.M. 4500-H+ B
Temperatura	o C	16.8	Mam- 33/Apha 2550 B
Turbiedad	NTU	2.5	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	50	S.M. 2520 B
Sólidos Disueltos	mg / L	32	S.M. 2540 C
Nitratos	"	10	S.M. 4500-NO3-B
Fosfatos	"	0.21	Mam- 17/Apha 4500 P
D.B.O.	"	1.2	Mam- 38/Apha 5210 B
D.Q.O.	"	1.91	Mam- 23 A Merck 112
Aerobios Mesófilos	ufc/ 100 ml.	270	Colilert- EPA
Colibacilos Totales	"	236	Colilert- EPA
Colibacilos Fecales	"	0	Colilert- EPA



**CASA DEL QUÍMICO 2**  
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL  
Dr. ENRIQUE VAYAS

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO - MICROBIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS**  
 Dr. Enrique Vayas López M.Sc. Av. 17 de Noviembre #42, Maldonado, Telf: 097 22 316 0984066277  
 e-mail: enrique.vayas@casadelquimico2.com.ec - QUITO - ECUADOR

**Fuente:** La casa del químico 2.



ANEXO I. Registro fotográfico.

**FOTOGRAFÍA I.1.** Área de estudio Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.



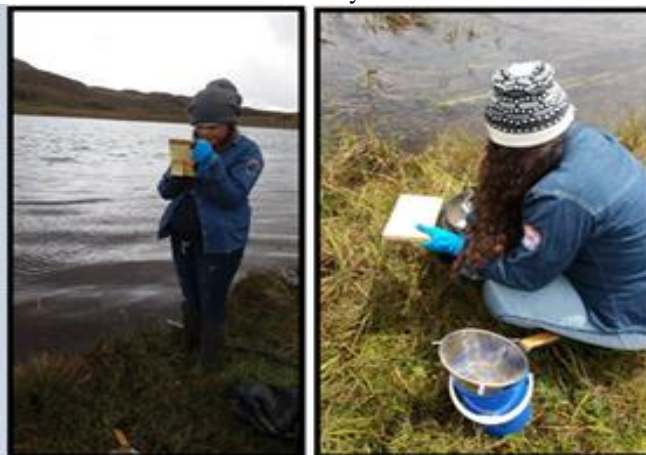
Elaborado por: Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.2.** Materiales utilizados en campo para el muestreo y recolección de macro invertebrados dentro de las lagunas.



Elaborado por: Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.3.** Recorrido y recolección de datos in situ.



Elaborado por: Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.4.** Muestreo y recolección de muestras de macro invertebrados acuáticos de la Laguna de Antejos.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.5.** Muestreo y recolección de muestras de micro invertebrados y análisis físico - químico y microbiológico realizados en la Laguna de Antejos.



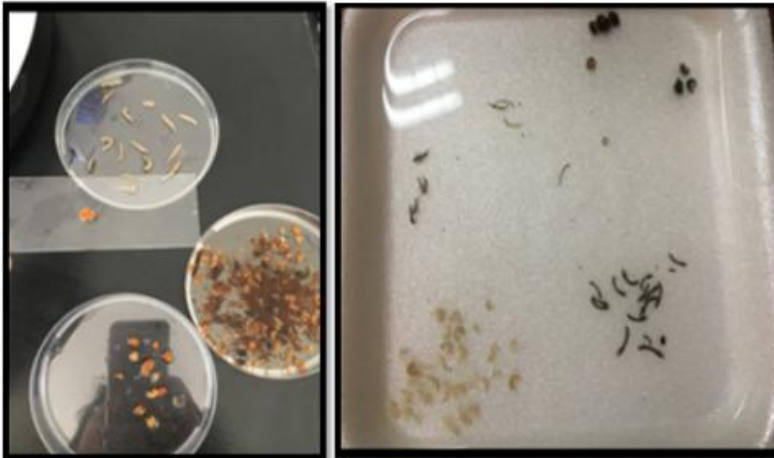
**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.6.** Equipo de laboratorio utilizado para la identificación y análisis de las muestras de macro invertebrados recogidos en campo.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.7.** Selección, identificación y análisis de las muestras de macro invertebrados de la Laguna de Antejos.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.8.** Muestras de micro invertebrados recolectados de los puntos establecidos dentro de la laguna.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo.

**FOTOGRAFÍA I.9.** Equipo de trabajo de la investigación.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo.