

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

### CARRERA INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA  
MEDIANTE BIOINDICADORES DEL RÍO CALOPE, EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE  
LA HIDROELÉCTRICA ENERMAX S.A. DEL CANTÓN LA MANÁ.**

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

**Autores:**

Guarochico Alomoto María Paulina

Guishca Ayala Ángel Rolando

**Tutor:**

M.Sc. Patricio Clavijo

Latacunga – Ecuador

Febrero 2018

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos bajo juramento ser autores del presente proyecto de investigación: **Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná.**, siendo **M.Sc. Patricio Clavijo** 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.

Nombres completos de los autores:

---

**Guaro Chico Alomo María Paulina**

**CI: 050398092-2**

---

**Guishca Ayala Angel Rolando**

**CI: 050330087-3**

## 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 **Guarocho Alomoto María Paulina**, identificado con C.C. N° **050398092-2** de estado civil **soltera** y con domicilio en Latacunga, Parroquia Belisario Quevedo, y **Guishca Ayala Angel Rolando**, identificado con C.C. N° **050330087-3** de estado civil **soltero** a quienes en lo sucesivo se denominarán **LOS 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. - LOS CEDENTE**, son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **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. - octubre 2013 – marzo 2018

Aprobación HCA. – febrero, 2018

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo

Tema: **“Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, en el área de influencia de la hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná”**

**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, **LOS CEDENTES** autoriza a **EL CESIONARIO** 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 **LOS CEDENTES**, transfiere definitivamente a **EL CESIONARIO** 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 **LOS CEDENTES** declara 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 **LOS CEDENTES** podrán utilizarla.

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, 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, del mes de febrero del 2018.

---

María Paulina Guarochico Alomoto

---

Angel Rolando Guishca Ayala

**LOS CEDENTES**

---

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

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

**“Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del Cantón La Maná”** de Guarochico Paulina – Guishca Angel, de la carrera 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 Consejo Directivo de la FACULTAD de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2018

**Tutor de trabajo de investigación**

---

M.Sc. Patricio Manuel 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 de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente por cuanto:

- ✓ Guarochico Alomoto María Paulina
- ✓ Guishca Ayala Angel Rolando

Con el título de Proyecto de Investigación: **“Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná”**, 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, 09 febrero del 2018

Para constancia firman:

---

**Lector 1**

Ing. Mg. Alexander Espinoza

CI: 171995554-2

---

**Lector 2**

Lic. Mg. Jaime Lema

CI: 171375993-2

---

**Lector 3**

Ing. Mg. Juan Espinoza

CI: 171347432-6

## AGRADECIMIENTO

*Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi por habernos abierto las puertas, a los docentes que nos brindaron todos sus conocimientos en la etapa formativa reconociendo sus valores y principios que serán puestos en práctica en el transcurso del tiempo.*

*Agradecemos también a nuestro tutor M.Sc. Patricio Clavijo por haber compartido su valiosa experiencia y conocimiento.*

*A nuestros lectores en especial al M.Sc. Alexander Espinoza, que con su apoyo en conocimiento y profesionalismo fue parte fundamental de la finalización del proyecto.*

*A los técnicos de la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi (MAE) en especial al abogado Carlos Sánchez e Ingeniero Mauricio Zambrano por habernos apoyado en una de las etapas importantes durante el desarrollo del proyecto.*

*Nuestro profundo agradecimiento a nuestros amigos que siempre estuvieron presentes en todos los ciclos académicos por lo que reconocemos su apoyo absoluto para culminar este proyecto y vida universitaria.*

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida académica.*

*A mis padres quienes con su arduo esfuerzo han velado por mi bienestar y educación.*

*De igual forma a mis hermanos que siempre han estado a mi lado brindándome su apoyo incondicionalmente (María Paulina Guarochico Alomoto).*

*En primera instancia les dedico a mis queridos padres por dejar la mejor herencia como es la educación.*

*A mis hermanos y hermanas que estuvieron siempre apoyándome incondicionalmente a pesar de las dificultades presentadas.*

*A mis familiares y amigos que siempre estuvieron presentes en cada etapa de formación académica (Guishca Ayala Ángel Rolando).*

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO:** EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES DEL RÍO CALOPE EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA HIDROELÉCTRICA ENERMAX S.A. DEL CANTÓN LA MANÁ.

**AUTORES:**

Guarochico Paulina

Guishca Angel

## RESUMEN

En el proyecto de investigación se evaluó la variabilidad de la calidad y cantidad del agua del río Calope en el área de influencia de la hidroeléctrica Enermax S.A; dicha evaluación se realizó por medio de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, para lo cual se establecieron 4 puntos de estudio: los puntos 1 y 2 a 200 m antes de la bocatoma de la hidroeléctrica (río San José y río Chuquiragua respectivamente); el punto 3, en el cauce medio del área de influencia, y el punto 4, a 200 m después de la descarga del caudal autorizado, aguas abajo de la casa de máquinas. También se realizaron aforos en cinco puntos, en donde se midieron solo caudales. Con los datos obtenidos se aplicaron distintos índices biológicos; uno de ellos fue el índice de Shannon, en donde se verificó que la diversidad disminuye a caudales altos; también se aplicó el índice ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera), que determinó una calidad de agua desde buena a regular en época lluviosa, mientras que, en la época de estiaje, se mantiene en buena calidad. En cuanto al índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), en época de estiaje, se identificó una calidad de agua aceptable en todos los puntos; solo en el mes de enero se registra una calidad de agua dudosa en el punto 1. La medición de caudales en los 5 puntos establecidos permitió identificar que el mínimo caudal se registra en el mes de octubre, considerado como época de estiaje. Finalmente la investigación se complementó con análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en dos meses

(octubre y enero), que permitieron aplicar el índice de calidad de agua NFS (National Sanitation Foundation), determinándose un valor correspondiente a agua de buena calidad; la mayoría de los parámetros analizados cumplen con la normativa ambiental vigente.

**Palabras claves:** Enermax, río Calope, ICA NFS, macroinvertebrados, caudal, índices, calidad.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**THEME:** “EVALUATION OF THE VARIABILITY IN THE QUALITY AND QUANTITY OF THE WATER THROUGH BIOINDICATORS OF THE CALOPE RIVER IN THE HYDROELECTRIC ENERMAX S.A. AREA OF INFLUENCE FROM LA MANÁ CANTON”

## ABSTRACT

In the research project, the variability of the quality and quantity of water from the Calope River in the area of influence of the Enermax S.A hydroelectric was evaluated; that evaluation was carried out by through aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality, 4 study points were established to do the study: points 1 and 2 at 200 m before the hydroelectric intake (San José River and Chuquiragua River respectively ); point 3, in the middle riverbed of the area of influence, and point 4, at 200 m after the discharge of the authorized flow, downstream from the machine house. It was also done gauges in five points, where only water flows were measured. Different biological indexes were applied with the obtained data; one of them was the Shannon rage, where it was verified that diversity decreases at high water flows; the ETP rage (Ephemeroptera, Trichoptera, and Plecoptera) was also applied which determined a quality of water from good to regular parameters in the rainy season, while in the dry season, it remains in good quality. As for the BMWP rage (Biological Monitoring Working Party), during the dry season, acceptable water quality was identified at all points; only in January is an uncertain water quality registered in point 1. The water flows measurement in the 5 points established allowed determining that the minimum flow is registered in October, considered as the dry season. Finally, the investigation was complemented with the analysis of physicochemical and microbiological parameters in two months (October and January), that allowed applying the NFS water quality rage (National Sanitation Foundation), determining a value corresponding to good quality water; Most of the analyzed parameters comply with current environmental regulations.

**Keywords:** Enermax, Calope River, ICA NFS, macroinvertebrates, water flow, rages, quality.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	16
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	17
3. BENEFICIARIOS.....	18
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
5. OBJETIVOS .....	20
<b>5.1. General</b> .....	20
5.1.1. Específicos .....	20
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	21
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	23
<b>7.1. El agua</b> .....	23
7.1.1. Demanda y Usos del agua .....	23
7.1.2. El uso del agua en el sector energético.....	24
7.1.3. Contaminación del agua .....	24
7.3. Variabilidad de la calidad del agua .....	25
<b>7.4. Servicios de los ecosistemas fluviales</b> .....	25
7.4.1. El río como ecosistema .....	26
7.5. Importancia del caudal en el río .....	26
<b>7.6. Calidad del agua</b> .....	28
7.6.1. Parámetros de la Calidad de Agua .....	28
7.6.2. Parámetros Físicos.....	29

7.6.3.	Parámetros Químicos .....	30
7.6.4.	Parámetros biológicos .....	31
<b>7.7.</b>	<b>Indicador biológico.....</b>	<b>31</b>
7.7.1.	Grupos de organismos como bioindicadores.....	32
<b>7.8.</b>	<b>Bioindicadores para calidad del agua.....</b>	<b>34</b>
7.9.	Índices de calidad de las aguas.....	34
7.9.4.	Tipos de índices biológicos. ....	37
7.9.5.	Índice ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) .....	38
7.9.6.	Índice BMWP.....	38
7.9.7.	Índice de Shannon-Wiener (H).....	40
<b>7.10.</b>	<b>NORMATIVA LEGAL .....</b>	<b>40</b>
8.	HIPÓTESIS .....	41
<b>9.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO .....</b>	<b>42</b>
10.	MÉTODO DE ESTUDIO .....	50
11.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	61
<b>11.1.</b>	<b>Caudales .....</b>	<b>61</b>
<b>11.2.</b>	<b>Índice ETP .....</b>	<b>62</b>
<b>11.3.</b>	<b>Índice de Shannon .....</b>	<b>63</b>
<b>11.4.</b>	<b>Índice BMWP .....</b>	<b>64</b>
<b>11.5.</b>	<b>Resultado de la variación índices biológicos vs caudales .....</b>	<b>65</b>
<b>11.6.</b>	<b>Índice de calidad del agua NFS .....</b>	<b>67</b>
<b>11.7.</b>	<b>Comparación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con límites máximos permisibles del libro VI del TULSMA.....</b>	<b>70</b>
12.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	73
13.	CONCLUSIONES .....	74
14.	RECOMENDACIONES .....	76
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	77
16.	ANEXOS.....	80
	CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS.....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Beneficiarios del proyecto de investigación .....	18
<b>Tabla 2:</b>	Actividades del proyecto de investigación.....	21
<b>Tabla 3:</b>	Calidad de agua según NFS .....	37

<b>Tabla 4:</b> Calidad del agua según el índice EPT .....	38
<b>Tabla 5:</b> Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP (Roldán, 2003).....	39
<b>Tabla 6:</b> Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante índice BMWP.....	39
<b>Tabla 7:</b> Normativa legal en referencia al cuidado y control del componente agua. ....	41
<b>Tabla 8:</b> División política .....	42
<b>Tabla 9:</b> Coordenadas UTM y alturas de los puntos de estudio .....	42
<b>Tabla 10:</b> Estación meteorológica: San Juan La Maná .....	46
<b>Tabla 11:</b> Promedio multianual de temperaturas y precipitaciones periodo 2003 – 2012 .....	46
<b>Tabla 12:</b> Determinación de los puntos estudio .....	51
<b>Tabla 13:</b> Cálculo del índice ETP.....	54
<b>Tabla 14:</b> Cálculo del índice BMWP.....	55
<b>Tabla 15:</b> Cálculo de índice de Shannon .....	56
<b>Tabla 16:</b> Datos para el cálculo del área del primer punto de Estudio. ....	58
<b>Tabla 17:</b> Materiales y equipos utilizados en la investigación .....	60
<b>Tabla 18:</b> Resultado de los caudales aforados en los 5 meses de estudio .....	61
<b>Tabla 19:</b> resultados del ETP de los 5 meses de estudio .....	62
<b>Tabla 20:</b> Resultado del índice de Shannon en los 5 meses de estudio.....	63
<b>Tabla 21:</b> Resultado de BMWP de los 5 meses de estudio .....	64
<b>Tabla 22:</b> Resultado de índices vs caudales punto 1 .....	65
<b>Tabla 23:</b> Resultado de índices vs caudales punto 2.....	65
<b>Tabla 24:</b> Resultado de índices vs caudales punto 3 .....	66
<b>Tabla 25:</b> Resultado de índices vs caudales punto 4 .....	67
<b>Tabla 26:</b> Resultado de ICA NFS de los 2 meses de estudio .....	67
<b>Tabla 27:</b> Resultados de los parámetros obtenidos en los meses de (octubre 2017 y enero 2018) comparados con el TULSMA .....	70
<b>Tabla 28</b> Criterios de Calidad para la DBO5.....	71
<b>Tabla 29:</b> Impactos del proyecto .....	72
<b>Tabla 30:</b> Presupuesto del proyecto.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador.....	23
--	----

<b>Figura 2:</b> Evaluación de la calidad de aguas .....	29
<b>Figura 3:</b> Curva de función para identificar el valor Q .....	36
<b>Figura 4:</b> Mapa de la delimitación de los puntos de estudios .....	43
<b>Figura 5:</b> Mapa de ubicación de los puntos estudios dentro de la Unidad Hidrográfica .....	44
<b>Figura 6:</b> Mapa de relieve en los puntos de estudio .....	45
<b>Figura 7:</b> Diagrama de Guaseen .....	47
<b>Figura 8:</b> Mapa de elevaciones .....	48
<b>Figura 9:</b> Mapa de poblaciones.....	49
<b>Figura 10:</b> Captura de pantalla del Programa IQADATA.....	57
<b>Figura 11:</b> Sección transversal de un río para el aforo.....	58
<b>Figura 12:</b> Variación de caudal aforado en los 5 meses de estudio.....	61
<b>Figura 13:</b> Variación del ETP de los 5 meses de estudio .....	62
<b>Figura 14:</b> Variación del índice de Shannon de los 5 meses de estudio .....	63
<b>Figura 15:</b> Variación del BMWP de los 5 meses de estudio.....	64
<b>Figura 16:</b> Variación de índices biológicos vs caudales .....	65
<b>Figura 17:</b> Variación de índices biológicos vs caudales .....	66
<b>Figura 18:</b> Variación de índices biológicos vs caudales .....	66
<b>Figura 19:</b> Variación de índices biológicos vs caudales .....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Aval de traducción del centro de idiomas .....	80
<b>Anexo 2:</b> Permiso de investigación de la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi....	81
<b>Anexo 3:</b> Fase de campo .....	83
<b>Anexo 4:</b> Fase de Laboratorio .....	85
<b>Anexo 5:</b> Registro fotográfico de macroinvertebrados identificados .....	85
<b>Anexo 6:</b> Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.....	90
<b>Anexo 7:</b> Resultados del índice NFS .....	91
<b>Anexo 8:</b> Análisis fisicoquímicos y microbiológicos .....	92
<b>Anexo 9:</b> Matriz de caracterización .....	93
<b>Anexo 10:</b> Curriculum Vitae de los estudiantes y tutor .....	97

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto**

Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná.

### **Fecha de inicio:**

Abril 2017 – agosto 2017

### **Fecha de finalización:**

Octubre 2017 – marzo 2018

### **Lugar de ejecución:**

Área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. cantón La Maná

### **Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Medio Ambiente

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

Enermax S.A.

### **Equipo de trabajo:**

Guarochico Alomoto María Paulina

Guishca Ayala Ángel Rolando

### **Tutor:**

M.Sc. Patricio Clavijo

**Lector 1:** Ing. Alexander Espinoza

**Lector 2:** Ing. Jaime Lema

**Lector 3:** Ing. Juan Espinosa

### **Área de conocimiento:**

Servicios

### **Subárea conocimiento:**

Protección del Medio Ambiente-Conservación, vigilancia y protección del medio ambiente.

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Sub líneas de investigación de la carrera:**

Impactos Ambientales

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El uso no consuntivo del agua considera que no debe de haber variación en la cantidad y calidad de este recurso, sin embargo, la actividad de generación eléctrica puede modificar la calidad del agua por lo que es necesario realizar una evaluación del recurso, con el propósito de determinar medidas adecuadas para la conservación de especies acuáticas como los macroinvertebrados.

La evaluación de la calidad de agua a través de bioindicadores (macroinvertebrados) permitió identificar el impacto generado por la presencia de la hidroeléctrica, ya que en el lugar donde está implantada se puede evidenciar una variación radical en la cantidad de caudal.

La cantidad y calidad del recurso hídrico del río Calope es importante para identificar el estado de conservación de especies acuáticas, así se puede conocer las condiciones para mantener un ambiente en equilibrio.

Otro de los aportes de esta investigación abarcó al ámbito social debido a que beneficiará a la población en la comprensión de los límites máximos permisibles para mantener la vida acuática. Además, la evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua del río Calope, en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A., ayudará a comprender los servicios eco sistémicos acuáticos que brinda este río y servirá a la empresa Enermax S.A., para cumplir con reglamentaciones y el marco legal que determinan instituciones como el MAE, SENAGUA, GAD- MUNICIPAL, etc.

La investigación es importante para establecer bases en cuanto a la evaluación de la calidad del agua a través de bioindicadores que servirá para identificar la modificación de la calidad de agua en función de la cantidad. Finalmente, el presente trabajo de investigación, será de gran utilidad para futuros estudios enfocados a la evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad en diferentes cuerpos de agua dulce.

### 3. BENEFICIARIOS

**Tabla 1:** Beneficiarios del proyecto de investigación

<b>Cantón/ Empresa</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Género</b>	<b>Cantidad de habitantes</b>
Quevedo	Directos	Hombres	86.821
		Mujeres	86.754
		<b>Total</b>	<b>173.575</b>
La Maná	Indirectos	Hombres	21.420
		Mujeres	20.796
		<b>Total</b>	<b>42.216</b>

Fuente: INEC, 2010

El aporte para los beneficiarios directos está enfocado a la identificación de la calidad del agua a través de la aplicación del ICA FNS que establece puntuaciones para consumo humano ya que en el cauce medio del área de influencia de la hidroeléctrica existe una captación de caudal destinado para consumo humano para la ciudad de Quevedo, el Cantón La Maná conocerá cual es el impacto generado por la hidroeléctrica.

### 4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

En las últimas décadas a nivel mundial, uno de los principales problemas ambientales es el deterioro o modificación del recurso hídrico debido a la intervención del ser humano con varias actividades como la agricultura, la industria, la ganadería, entre otros.

Una de las actividades que afectan a los recursos hídricos es la generación de energía eléctrica, con el propósito de satisfacer las necesidades de la población (Rodríguez Santiago, 2010).

La actividad mencionada anteriormente ha provocado el deterioro de las condiciones naturales del agua, tanto en la cantidad como en la calidad, causando la disminución y pérdida de especies acuáticas y reduciendo sus condiciones naturales para su óptimo desarrollo de vida.

Además, la construcción de hidroeléctricas en los cauces hídricos, ha constituido una de las principales amenazas para el equilibrio ecológico de especies acuáticas. Esto ha generado la pérdida y alteración de flora y fauna acuática, así como la alteración de los bienes y servicios ecos sistémicos que brinda el recurso agua a lo largo de un tramo fluvial.

Cabe recalcar que la Secretaria Nacional de Agua (SENAGUA) es la institución que se encarga de administrar los recursos hídricos de forma integrada y sostenible y de generar políticas pertinentes. Desde su creación, la SENAGUA ha liderado varios retos, entre ellos se menciona

principalmente, el mantener el equilibrio entre los programas del gobierno para satisfacer las necesidades energéticas del país y salvaguardar las garantías constitucionales del agua para la ciudadanía y derecho universal al acceso a este recurso (Zambrano, P. 2016).

Las normativas nacionales constituidas se encuentran debidamente aprobadas y documentadas, sin embargo, el problema es que muchos de estos cuerpos legales no se aplican de forma adecuada.

El cantón La Maná posee una gran cantidad de recursos hídricos, debido a que se halla atravesado por una extensa red de ríos, que en los últimos tiempos han sufrido modificaciones por actividades humanas, provocando la disminución o alterando la calidad y cantidad del agua, al mismo tiempo que han afectado la fauna acuática existente.

Uno de los principales afluentes de la cuenca del Guayas es el río Calope, en cuyo cauce se encuentra construido la Hidroeléctrica Enermax S.A., la misma que tiene un caudal autorizado que es captado en el Recinto San Pedro, que abarca la unión de dos ríos San José y Chuquiraguas y este es devuelto en el sector de la Envidia, disminuyendo su caudal unos 8 km aproximadamente, modificando así las necesidades y demandas de la vida acuática macroinvertebrado e ictiofauna.

El caudal del río Calope ha tenido una disminución río abajo del punto de captación, lo que podría afectar el estado de la biodiversidad del medio fluvial en el área de influencia de la hidroeléctrica. Con estos antecedentes, es apropiado realizar investigaciones enfocadas hacia la evaluación de especies bioindicadores acuáticos, presentes en ambientes acuáticos como los ríos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

- ✓ Evaluar la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A., Cantón La Maná.

#### **5.1.1. Específicos**

- ✓ Caracterizar el sitio de estudio en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.
- ✓ Identificar la presencia de macroinvertebrados en los puntos de estudio en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.
- ✓ Determinar la variabilidad de la calidad y cantidad del agua en función de los bioindicadores y análisis, fisicoquímicos y microbiológico en el río Calope.

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

**Tabla 2:** Actividades del proyecto de investigación

<b>Objetivo 1</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Caracterizar el sitio de estudio en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.	<p><b>1.1</b> Georreferenciación del área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.</p> <p><b>1.2</b> Delimitar el sitio de estudio dentro del área de influencia.</p> <p><b>1.3</b> Recolección de información en campo.</p>	<p>Coordenadas GPS de la Hidroeléctrica Enermax S.A.</p> <p>Mapa de ubicación del área de influencia Hidroeléctrica Enermax S.A.</p> <p>Los puntos de estudio dentro el área de influencia.</p>	<p>Se utilizó datos y observación de campo además información bibliográfica e instrumentos como:</p> <p>GPS Garmin 64S</p> <p>Software ArcGIS</p> <p>Libreta de campo</p>
<b>Objetivo 2</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Identificar la presencia de macroinvertebrados en los puntos de estudio en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.	<p><b>2.1</b> Determinación de caudales de los cinco puntos de estudio en el río Calope.</p> <p><b>2.2</b> Muestreo de los macroinvertebrados presentes en los puntos de estudio.</p> <p><b>2.3</b> Identificación los macroinvertebrados recolectados y sistematización de la información.</p>	<p>Identificación de la diferencia del caudal en los puntos de estudio.</p> <p>Caracterización y clasificación (fase de laboratorio) de macroinvertebrados colectados.</p> <p>Documentación (fase gabinete) de macroinvertebrados reconocidos.</p>	<p>Para el cálculo de caudal se realizó aforos además se utilizó el método de Roldán (BMWP) que permitieron coleccionar e identificar la presencia de los macroinvertebrados, con los siguientes materiales:</p> <p>Estereomicroscopio.</p> <p>Manuales.</p> <p>Lupa.</p> <p>Malla.</p> <p>Envases.</p> <p>Etiquetas.</p>

<b>Objetivo 3</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
<p>Determinar la variabilidad de la calidad y cantidad del agua en función de los bioindicadores y análisis, fisicoquímicos y microbiológico en el río Calope.</p>	<p><b>3.1</b> Cálculo de los índices biológicos BMWP y EPT.  <b>3.2</b> Cálculo del índice de diversidad de Shannon.  <b>3.3</b> Análisis del agua fisicoquímicos y microbiológico de los tres puntos de referencia.  <b>3.4</b> Aplicación del ICA NFS</p>	<p>Abundancia de especies.  Análisis fisicoquímicos y microbiológico obtenido.  Estado de la calidad del agua.</p>	<p>La determinación de la calidad del agua se realizó a través del uso de macroinvertebrados bioindicadores adicionalmente se aplicó el ICA NFS y se comparó los parámetros con el TULSMA complementando así el estudio de calidad del agua en donde se utilizó los siguientes equipos e instrumentos:  Multiparámetro  Turbidímetro.</p>

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 7.1. El agua

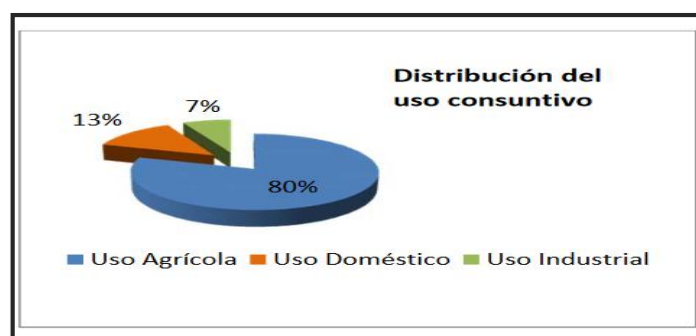
El agua es el disolvente universal, que se encuentra en tres estados líquido, sólido, y gaseoso, con características únicas de gran importancia para los seres bióticos, es el elemento más abundante en la ambiente y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que dominan el medio natural (Garcia Marta & Sanchez Felix. etal, 2010).

#### 7.1.1. Demanda y Usos del agua

Se conoce como demandas a la cantidad de agua requerida para satisfacer los usos a los cuales están consignados, de acuerdo a una situación deseable y evaluando el avance real en lo tecnológico. El uso y demanda del agua pueden dividirse en consuntivos, donde hay un consumo de agua en cantidad o calidad, se incluyen los abastecimientos domésticos, industriales y regadíos. Mientras que los usos no consuntivos son aquellos donde no hay un consumo en cantidad o calidad importante; constan en este grupo la energía, la navegación, etc. (CEPAL, 2012).

Según la base de datos de concesiones de SENAGUA publicada en el año 2011, en las demandas sectoriales, el uso consuntivo predominante en el país es para actividades agrícolas, pues representa el 80% del caudal utilizado, seguido por el uso doméstico (13%) y la industria (7%).

**Figura 1:** Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador



Fuente: (CEPAL, 2012)

Si se considera el uso no consuntivo para hidroelectricidad, resulta que este sector utiliza el 53% del caudal total. La energía hidroeléctrica representa el 48% de la energía generada en el país, pero se hacen esfuerzos importantes para cambiar la matriz energética planteándose incluso la posibilidad de ser exportadores de energía eléctrica, a partir del año 2017. La hidroelectricidad es el uso no consuntivo que más volumen de agua demanda (CEPAL, 2012).

### **7.1.2. El uso del agua en el sector energético**

El agua es utilizada para la generación de energía eléctrica. La hidroelectricidad es la que se obtiene a través de la energía hidráulica (Esquivel Gabriela, 2012).

La energía hidroeléctrica se produce cuando el agua embalsada previamente en una presa cae por gravedad en una central hidroeléctrica, haciendo girar una turbina engranada a un alternador de energía eléctrica. Este tipo de energía es de bajo coste, no produce contaminación, y es renovable (Esquivel Gabriela, 2012).

El agua es fundamental para varios procesos industriales y maquinarias, como la turbina de vapor, el intercambiador de calor, y también su uso como disolvente químico. Otra de las aplicaciones industriales es el agua presurizada, la cual se emplea en equipos de hidrodemolición, en máquinas de corte con chorro de agua, y también se utiliza en pistolas de agua con alta presión para cortar de forma eficaz y precisa varios materiales como acero, hormigón, hormigón armado, cerámica, etc. El agua a presión también se usa para evitar el recalentamiento de maquinaria como las sierras eléctricas o entre elementos sometidos a un intenso rozamiento (Esquivel Gabriela, 2012).

### **7.1.3. Contaminación del agua**

Se entiende por contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir algún material o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales (Pacheco & Toapanta, 2015).

El agua es el elemento vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, la agricultura y la industria, por eso las exigencias higiénicas son más rigurosas cuando se trata de aguas destinadas al consumo de la población, exigencias que están siendo cada vez menos satisfechas por su contaminación, lo que reduce la cantidad y calidad del agua disponible, como también sus fuentes naturales (Pacheco & Toapanta, 2015).

## **7.2. Tipos de Contaminación**

### **a) Contaminación Natural**

La contaminación natural consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, estas sustancias pueden tener procedencias muy diversas. Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos (Pacheco & Toapanta, 2015).

### **b) Contaminación Artificial (Antropogénica)**

Resultado de la actividad humana que genera sustancias ajenas a la composición natural del agua o modifica las concentraciones de las ya existentes (Pacheco & Toapanta, 2015).

## **7.3. Variabilidad de la calidad del agua**

Dentro de la estimación de la calidad del agua mediante bioindicadores es común el uso de promedios de caudales, pero esto genera la omisión de una característica importante como es la irregularidad intraanual (momento) e interanual (variabilidad) potenciado la pérdida de valores ecológicos (Moreno Marta, 2008).

Además, menciona que la variabilidad temporal del régimen natural de caudales fluctúa con una distribución con probabilidad estadística y el régimen hidrológico presenta periodos de flujo máximos y mínimos, que cumplen con funciones específicas. Esta variable tiene influencia directa en la dinámica y función de los ecosistemas acuáticos, como en la diversidad biológica, la distribución de las especies, el transporte de materia orgánica, la calidad del agua, la capacidad de abastecimiento, entre otros.

Moreno (2008) también menciona que indudablemente las especies se han desarrollado de acuerdo con los cambios del régimen del caudal y éstas a su vez utilizan para programar sus ciclos de vida de manera más eficiente. Por ello, el régimen de caudales ambientales debe ser representativo del régimen natural del río, de tal forma que corresponda con las características hidrológicas naturales de la cuenca.

## **7.4. Servicios de los ecosistemas fluviales**

Se entiende por servicio ambiental a las funciones y procesos naturales que desarrollan los ecosistemas y que se traducen en beneficios para satisfacer necesidades y mejorar la calidad de vida de las sociedades humanas (Soria Ismael, 2016).

El mismo autor establece que los servicios ambientales que un ecosistema fluvial provee son:

- ✓ Disponibilidad de agua en calidad y cantidad para uso humano (industrial, agrícola, potable, navegación, y obtención de energía eléctrica).
- ✓ Producción de alimentos y otros bienes (madera, pesca).
- ✓ Reciclaje de nutrientes o sumidero de desechos (depuración y auto purificación del agua).
- ✓ Regulación de perturbaciones (avenidas o inundaciones, sequías extremas).
- ✓ Recarga de acuíferos y regulación del clima.
- ✓ Disponibilidad de hábitat para la vida acuática.
- ✓ Mantenimiento y regulación de los flujos de sedimentos, nutrientes y salinidad (filtración y limpieza).
- ✓ Aporte de recursos tróficos para los ecosistemas aledaños.
- ✓ Belleza escénica natural, turismo, cultura, recreación e investigación.

#### **7.4.1. El río como ecosistema**

Los ríos son sistemas en equilibrio dinámico que generan importantes servicios ecosistémicos y, por tanto, beneficios para los seres vivos. Los cursos fluviales, al ser tridimensionales, actúan como corredores, barreras, fuentes y sumideros; sin embargo, estas características los han hecho proclives a ser deteriorados en su calidad a consecuencia de diversas actividades antropogénicas que tienden a alterar su estructura, composición y funciones (Hernandez Ivonne, 2014).

Debido a la complejidad del estudio de los ríos, en ocasiones estos se dividen en tramos, diferenciándose características particulares para cada tramo. En otros casos los modelos de funcionamiento de los ríos propuestos por los ecólogos fluviales no los disgrega en tramos, sino que analizan su funcionamiento como el de un sistema continuo que exporta agua, nutrientes, sedimentos y seres vivos de la cabecera hacia la desembocadura (Baeza Domingo, 2012).

#### **7.5. Importancia del caudal en el río**

En una cuenca los caudales permiten conocer la cantidad de agua disponible y por ende de cuanto es posible asignar en los diferentes usos. El caudal varía en función de la profundidad y ancho del cauce, además influye en la población de flora y fauna acuática y riparia (Moreno Marta, 2008).

Las zonas montañosas son zonas consideradas como de recarga hídrica, que, junto con el aporte de las precipitaciones, acumulan el líquido en la superficie terrestre. Si las precipitaciones son

inferiores a lo normal durante periodos de tiempo extremadamente largos, el río puede llegar a disminuir drásticamente su caudal, incluso llegando a secarse; lo que podría tener consecuencias desastrosas para la vida del río, sus riberas y demás organismos vivos que dependen de este elemento sustancia (Siquiche& Rocano, 2014, pág. 18).

Kramer (2003), afirma que el caudal de los ríos, sus variaciones y su regularidad, son de gran importancia para los seres vivos, plantas, animales y personas que viven a lo largo de su curso.

Los ríos y las llanuras que se inundan periódicamente constituyen el sostén de diversos y valiosos ecosistemas, los cuales son la base de la vida y de sus cadenas tróficas. En el cauce de los ríos, podemos encontrar comunidades de peces, macro bentos (indicadores de la calidad del agua), insectos, comunidades de vida vegetal y animal.

### **7.5.1. Caudales**

El caudal de un río, es decir la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo.

El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio (OMM, 1994). La medición del caudal en ríos, arroyos y canales se puede hacer con base en varios procedimientos. A continuación, se menciona el método de flotador.

#### **Procedimiento con el método del flotador**

Existen otros métodos de medición más complejos y caros, pero que para este estudio se utilizará el método del flotador que es económico y sencillo, y para este fin se tiene que conocer el área de la sección y la velocidad del agua, para medir la velocidad se utiliza un flotador con él se mide la velocidad del agua en la superficie, pudiendo utilizarse como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote: como un corcho, un pedacito de madera, una botella lastrada, este método se emplea en los siguientes casos:

- ✓ A falta de correntómetro.
- ✓ Excesiva velocidad del agua que dificulta el uso del correntómetro.
- ✓ Presencia frecuente de cuerpos extraños en el curso del agua, que dificulta el uso del correntómetro.
- ✓ Cuando peligran la vida del técnico de que efectúa el aforo.
- ✓ Cuando peligran la integridad del correntómetro.

El cálculo consiste en:

$$Q = A * v * fc$$

$$v = e/t$$

**Dónde:**

$v$  = Velocidad en m / s

$e$  = Espacio recorrido en m del flotador

$t$  = Tiempo en segundos del recorrido por el flotador

$A$  = Área de la sección transversal

$fc$  = Factor de corrección o coeficiente de rugosidad (0,8 para ríos de base rocosa y 0,9 para ríos sedimentados o lodosos).

$Q$  = Caudal

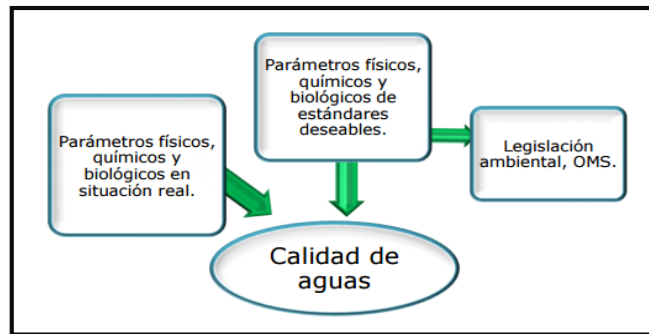
### **7.6. Calidad del agua**

La contaminación del recurso hídrico y la degradación de los ecosistemas asociados a ellos, son dos de los más grandes problemas que afectan al desarrollo sostenible. Incide en esta situación, el crecimiento poblacional y su creciente demanda de agua, la falta de cumplimiento de normas y la ausencia de aplicación de sanciones rigurosas a los causantes de impactos ambientales adversos. La calidad del agua se ve alterada por: 1) El vertimiento de aguas residuales; 2) La disposición final de residuos sólidos; y, 3) Agroquímicos y nutrientes que por escorrentía se desplazan hacia los cuerpos de agua. Como potenciales agentes de contaminación están los asentamientos poblacionales, las actividades industriales y agropecuarias (CEPAL, 2012).

#### **7.6.1. Parámetros de la Calidad de Agua**

La determinación de la calidad del agua puede realizarse de 2 formas: según lo manifiesta el autor (Huertas Diego, 2014).

- ✓ Mediante variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.) química (pH, acidez, etc.) o biológicas (bioensayos).
- ✓ Utilizando un índice de calidad de agua compuesto por varios parámetros físico químicos y biológicos.

**Figura 2:** Evaluación de la calidad de aguas

**Fuente:** (Carrera Gabriela, 2011)

**Métodos físico químicos:** Se los realiza mediante toma de muestras y se basan en el estudio de las características físicas del agua con el análisis de sus componentes químicos. Estos métodos son puntuales ya que indican el estado del agua en el instante en que se obtuvo la muestra (Carrera Gabriela, 2011).

**Métodos biológicos:** Existen varios indicadores e índices biológicos (peces, macroinvertebrados, microorganismos, bacterias), pero para este estudio se utilizarán macroinvertebrados, debido a que son fáciles de recolectar e identificar a nivel familia.

El método biológico se basa en el estudio de macroinvertebrados bentónicos y de plantas acuáticas, debido a que cada comunidad responde a las condiciones físico químicas del medio en que vive (Carrera Gabriela, 2011).

### 7.6.2. Parámetros Físicos

Son características que tienen incidencia directa sobre las condiciones organolépticas del agua y que se detallan con los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato (Guzmán & Arellano, 2011).

**Sólidos Totales:** Se define como sólidos totales a la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C; generalmente las aguas contienen sólidos disueltos, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables, que son partículas muy gruesas, las cuales unas se depositan en el fondo y otras flotan. (Villareal Willam, 2015).

**Turbiedad:** Es la medida de la propiedad de dispersión de la luz en las aguas, debido al material coloidal que impide la transmisión de la luz y que la absorbe o dispersa reduciendo su transparencia (Cardenas Jorge, 2005).

**Color:** El color aparente es causado por los sólidos suspendidos, el color verdadero lo constituye el material coloidal y sustancias en solución (Crites, R., Middlebrooks, J., & Reed, S., 2006).

**Olor:** Es producto de la degradación biológica (bacterias y algas) bajo condiciones anaerobias de las aguas o puede ser también por la presencia de contaminantes industriales que le dan olor al agua. El principal compuesto de olor indeseable es el (H<sub>2</sub>S) sulfuro de hidrógeno (Sierra Ramírez, 2011).

**Temperatura:** La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento, como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La temperatura de los efluentes urbanos no plantea grandes problemas, ya que oscila entre 15 y 25° C (Baruth Edward, 2005).

### 7.6.3. Parámetros Químicos

Son parámetros relacionados con la capacidad del agua para disolver, las concentraciones en el agua se deben a la presencia e interacción de varias sustancias y elementos químicos (Guzmán & Arellano, 2011).

**Potencial Hidrógeno:** El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de un agua (Cárdenas, 2005). Si el agua tiene acidez, ésta tiende a ser muy corrosiva, la cual puede atacar químicamente tanto a los sistemas de distribución como a los órganos de las plantas de tratamiento. Mientras que agua residual básica provoca incrustaciones tanto en los sistemas de distribución como en las plantas de tratamiento (Drinan & Spellman, 2012).

**Conductividad:** La conductividad del agua es la capacidad de las sales disueltas especialmente de iones de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos para conducir la corriente eléctrica (Sierra Ramírez, 2011).

**Oxígeno disuelto:** Es la cantidad de oxígeno que proviene de la mezcla agua y aire ocasionada por el viento y en la mayoría de los casos del proceso fotosintético de las plantas acuáticas (Cardenas Jorge, 2005).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La oxidación microbial o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que cuantificar.

Materia orgánica + O<sub>2</sub> + nutrientes → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + nuevas células + nutrientes + energía

Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas es el ensayo de DBO a cinco días.

Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un período de cinco días y a 20 °C.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** Es el consumo de oxígeno, en la oxidación total por vía húmeda de la materia carbonácea. La DQO es una estimación de la concentración de materia orgánica presente en el agua, susceptible a ser oxidadas químicamente, cualquiera que sea su origen (nitritos, amoníaco) orgánico o mineral (Gil Manuel, 2004).

**Nitratos:** El nitrógeno es un elemento necesario para que todas las plantas y los animales vivientes produzcan proteínas. En los ecosistemas acuáticos, el nitrógeno está presente en muchas formas. El cual puede combinarse con el oxígeno formar los nitratos.

**Fosfatos:** Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas.

**Coliformes Totales:** El grupo coliformes incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período 48 horas a 35°C (o 37°C).

#### 7.6.4. Parámetros biológicos

La evaluación de la calidad del agua mediante el uso parámetros biológicos, es una alternativa que poco a poco va siendo más utilizada a nivel mundial. Se trata del uso de organismos indicadores o bioindicadores de la calidad ambiental. La meta de la evaluación biológica es detectar y comprender los cambios en los sistemas biológicos que resultan de las actividades antropogénicas (Carrera Gabriela, 2011).

#### 7.7. Indicador biológico

Es un organismo que con su presencia nos informa del estado de salud del medio acuático en el cual se desarrolla su ciclo biológico. Los organismos presentan cierta sensibilidad a la contaminación y alteración del medio y se pueden utilizar muchos grupos de organismos como indicadores (Gil Manuel, 2004)

Los índices biológicos son una herramienta que mide la calidad del agua en función de los organismos indicadores que viven en ellas. Dependiendo de la sensibilidad que cada organismo tiene a la contaminación, el índice biológico le asigna un valor y la suma de los valores de la comunidad da un valor que indica el estado de la calidad del agua en este punto o tramo. Los índices biológicos complementan, pero no sustituyen a los parámetros fisicoquímicos, (Hellawell Alan, 2002).

Hellawen, (2002) también menciona que los indicadores biológicos:

- ✓ Dan una visión más completa en el espacio y el tiempo, ya que los organismos analizados viven gran parte de su ciclo biológico en el agua.
- ✓ La presencia de un determinado organismo indicador asegura una mínima calidad del agua durante todo su ciclo vital.
- ✓ Integran todos los procesos de se dan en el río.
- ✓ Permiten conocer realmente el estado de salud del sistema acuático.

#### **7.7.1. Grupos de organismos como bioindicadores**

A continuación, se mencionan algunos grupos de organismos que se emplean como bioindicadores de la calidad del agua. (De la Lanza, et al, 2000).

**Bacterias.** Para este bioindicador la metodología está bien desarrollada, este tipo de indicadores favorecen la identificación de cambios en el agua como la contaminación.

**Protozoos.** Es de fácil muestreo se puede encontrar mucha información acerca de este indicador sin embargo es necesario contar con un equipo que conozca y tenga experiencia para la caracterización de la especie.

**Fitoplancton.** El estudio con este tipo de indicador está relacionado directamente con la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua, la acumulación de materia orgánica acelera el proceso de eutrofización.

**Macrofitas.** Especies fijas en el sustrato usualmente con facilidad de caracterización a la vista, ayudan a identificar material suspendido con abundancia en nutrientes.

**Peces.** De fácil muestreo e identificación, al ser la cúspide de la cadena alimentaria, los peces reflejan efectos de contaminación directa e indirecta, esta última por alimentarse de otros peces contaminados.

### **Los macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas por lo que el autor (Roldán Gabriel, 2003) establece que:

- ✓ Son razonablemente sedentarios, ya que, debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas.
- ✓ Tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que nos permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo.
- ✓ Abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico.
- ✓ Tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos.

### **Descripción de los principales órdenes de macroinvertebrados comunes**

Los principales órdenes de macroinvertebrados se mencionan a continuación según el autor (Roldán Gabriel, 1988).

#### **a) Ephemeroptera**

Las ninfas de Ephemeroptera viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación. En general se consideran indicadores de buena calidad del agua.

#### **b) Plecoptera**

Las ninfas de los Plecóptera viven en aguas rápidas, bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se ha observado en ciertos casos que son especialmente abundantes en riachuelos con fondo pedregoso, de corrientes rápidas y muy limpias situadas alrededor de los 2000m de altura. Son, por tanto, indicadores de aguas muy limpias y oligotróficas.

#### **c) Trichoptera**

En los ambientes acuáticos especialmente ríos y quebradas, los Trichoptera juegan un papel importante, tanto en las cadenas alimentarias como el reciclaje de nutrientes. Debido a su gran diversidad y el hecho de que las larvas poseen distintos ámbitos de tolerancia y según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de calidad de agua y la salud del ecosistema.

#### **d) Coleóptera**

La mayoría de coleóptera acuáticos viven en aguas continentales lóxicas y léxicas. En las zonas lóxicas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergida y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias.

#### **e) Odonata**

Los Odonata viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos y corrientes lentas y poco profundas, por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Viven en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas.

### **7.8. Bioindicadores para calidad del agua**

Los organismos indicadores o bioindicadores son aquellos que son empleados para detectar cambios en la calidad del hábitat, alteraciones ambientales de diversos tipos o la existencia de concentraciones de determinados contaminantes en los sitios donde se encuentran (o se ausentan), entre otros (Nuez Daril, 2012)

El uso de bioindicadores es cada vez más aplicado en los estudios de contaminación de aguas superficiales ya que ofrece numerosas ventajas siendo una evaluación más económica que los métodos convencionales, ya que consiste en estudiar una comunidad biológica, debido a que en su estructura se encontrará el efecto de muchos factores ambientales, no solamente del momento sino de factores ambientales que sucedieron varios meses atrás, ya que una comunidad biológica necesita de un tiempo prolongado para recuperarse tras sufrir una perturbación (Carrera Gabriela, 2011).

### **7.9. Índices de calidad de las aguas**

Los índices de calidad son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico (Huertas Diego, 2014).

Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general.

La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo. En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua (Torres Patricia , 2009).

### **7.9.1. Índice de Calidad de Agua NSF**

El índice de calidad de la National Sanitation Foundation (NSF), utiliza 9 parámetros tomados in situ y en laboratorio, para lo cual se le asignan pesos ponderados para cada una de las variables en que se basan y el promedio aritmético determina el valor de cada índice (Viky Gonzales et al, 2013).

Este índice se basó en tres estudios que se mencionan a continuación:

En el primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice; los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo así el parámetro debía ser “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo 1 la clasificación más significativa (Ott, 1978; Brown et al., 1970).

En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, de tal manera que se modifican las respuestas si se determinaba conveniente. Como resultados de este segundo estudio, nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia, las cuales son:

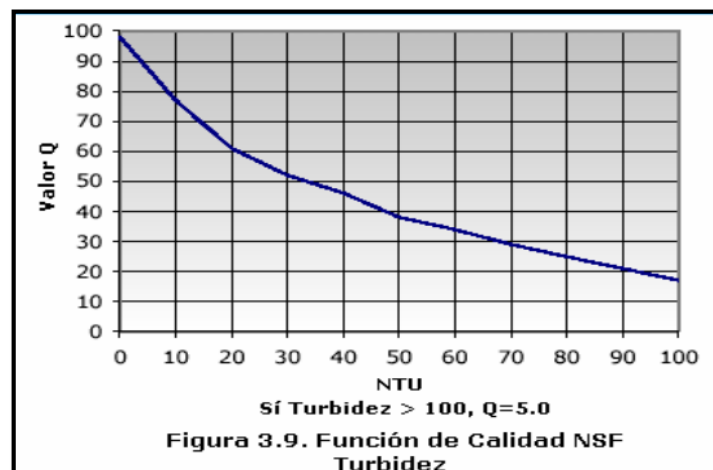
- ✓ Coliformes Fecales (en NMP/100 ml)
- ✓ pH
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ l)
- ✓ Nitratos ( $\text{NO}_3$  en mg/l)
- ✓ Fosfatos ( $\text{PO}_4$  en mg/l)
- ✓ Desviación de la Temperatura (en °C)
- ✓ Turbidez (en NTU)
- ✓ Sólidos disueltos totales (en mg/ l)

Finalmente, en el tercer estudio, los participantes desarrollaron una curva de variación para cada variable. Los valores Q del ICA- NFS se determinaron en un rango de 0 a 100 los cuales se ubicaron en las ordenadas y los valores de las variables en las abscisas. Cada participante realizó la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, causada por el nivel de contaminación de las variables. Estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función” (Ott, 1978; Brown et al., 1970).

### 7.9.2. Curvas De Función

Los investigadores promediaron todas las curvas para establecer una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través de uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. Límites de confianza cercanos a la media representaba un contaminante variable, hecho que se verificaba en los estudios, mientras que límites de confianza amplios representaba desacuerdos entre las respuestas. Por ejemplo, el Oxígeno Disuelto tuvo una banda estrecha y la turbidez una gráfica mucho más amplia, como se observa en las figuras correspondientes a cada variable con su respectivo valor Q (Valor De Calidad). A continuación, se adjunta un ejemplo de las 9 curvas de función para identificar el valor Q;

**Figura 3:** Curva de función para identificar el valor Q



Fuente: [http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi\\_nsf](http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf).

### 7.9.3. Formulación y cálculo del Índice de calidad de agua NSF

El establecimiento de los pesos para los subíndices fue una tarea crítica, era importante que los pesos sumaran uno, para lograr esto se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia, que este caso se lo

considero al oxígeno disuelto. Así los pesos temporales fueron divididos individualmente entre la suma de los pesos temporales, teniendo como resultado los siguientes pesos finales: oxígeno disuelto, 0.17; coliformes fecales, 0.15; pH, 0.12; DBO5, 0.10; nitratos, 0.10; fosfatos, 0.10; desviación de temperatura, 0.10; turbiedad, 0.08; y solidos totales, 0.08 (Ott, 1978; Brown et al., 1970).

Para el cálculo del índice de calidad de agua agregado, se usa una suma lineal ponderada de los subíndices. El resultado de su aplicación, debe dar un número entre 0 y 100 con la siguiente escala de clasificación en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango como se evidencia a continuación:

**Tabla 3:** Calidad de agua según NFS

<b>Excelente: 91-100</b>
<b>Buena: 71-90</b>
<b>Media: 51-70</b>
<b>Mala: 26-50</b>
<b>Muy mala: 0-25</b>

$$INFS(ica) = \sum_{i=1}^9 (SI * Wi)$$

Donde, SI es el subíndice de la variable y Wi es el peso ponderado del subíndice. Las curvas para la determinación del valor subíndice (SI) fueron obtenidas de las publicaciones de NFS International, Consumer (2004). Esta fórmula se emplea teniendo en cuenta la agregación del producto ponderado para evitar los valores cero de algún subíndice. (Ott, 1978; Brown et al., 1970).

#### **7.9.4. Tipos de índices biológicos.**

##### **a) Índices bióticos**

Suelen ser específicos para un tipo de contaminación y/o región geográfica, y se basan en el concepto de organismo indicador. Permiten la valoración del estado ecológico de un ecosistema acuático afectado por un proceso de contaminación. Para ello a los grupos de invertebrados de una muestra se les asigna un valor numérico en función de su tolerancia a un tipo de contaminación, los más tolerantes reciben un valor numérico menor y los más sensibles un valor numérico mayor, la suma de todos estos valores nos indica la calidad de ese ecosistema (Miliarium, 2004).

## b) Índices de diversidad

Miden la abundancia y biodiversidad de especies de un sitio, a mayor biodiversidad mayor puntuación. Reflejan alteraciones del número total de comunidades de organismos. Como ventajas de estos índices respecto a los bióticos destacan que no es necesaria la identificación de especies o familias, que no se requiere información sobre la tolerancia a contaminación y que sirven para detectar episodios leves de contaminación. Por contra no existe un consenso claro sobre los valores de los índices. (Miliarium, 2004).

### 7.9.5. Índice ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua, los cuales son ampliamente usados debido a que son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera (Tercedor Alba, 1996).

Este análisis toma en cuenta el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes, por esta razón se debe determinar la presencia de los diferentes grupos de macroinvertebrados y no el número de individuos (Tercedor Alba, 1996).

**Tabla 4:** Calidad del agua según el índice EPT

Clase	Índice EPT	Calidad de agua
1	75-100	Muy buena
2	50-74	Buena
3	25-49	Regular
4	0-24	Mala

Fuente:(Carrera & Fierro, 2001).

### 7.9.6. Índice BMWP

El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System), fue propuesto por Armitage, en Gran Bretaña al amparo del “National Water Council”, con la finalidad de ser utilizado como una metodología para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores (Tercedor Alba, 1996).

Los científicos han clasificado a cada macroinvertebrado 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 esto se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP (Roldán, 2003)

Familias	Puntaje
Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae,	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae, Corydalidae,	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Veliidae, Calamoceratidae. Leptophlebiidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Elmidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Simuliidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Hydropsychidae, Baetidae, Tipulidae, Libellulidae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Naucoridae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

**Tabla 6:** Clases, Valores y Características para aguas naturales clasificadas mediante índice BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Característica
I	>121	Muy buena	Aguas muy limpias
II	102-120	Buena	Aguas limpias
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas
IV	36-60	Dudosa	Aguas muy contaminadas
V	16-35	Critica	Aguas muy contaminadas
VI	<15	Muy critica	Agua fuertemente contaminada

Fuente:(Roldan, 1988).

### 7.9.7. Índice de Shannon-Wiener (H)

En un primer momento se usó para medir la diversidad de los peces sometidos a la contaminación del agua durante la década de 1960 (Davis 1995). Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada especie presente en la muestra. Sin embargo, ha sido criticado debido a que no considera aspectos importantes como la periodicidad y el tipo de muestreo, el nivel de la resolución taxonómica y porque responde de manera irregular a los cambios naturales del medio acuático (Davis 1995, Karr 1998). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i$$

Dónde:  $p_i = n_i/N$  (Número de individuos de la especie  $i$  sobre el número total de individuos de toda la comunidad).

Los índices de diversidad que más se emplean son los basados en la teoría de la información (Shannon-Weaver, 1949 y Roldán, 1992) y han sido aplicados por Wilhm y Dorris (1968 en Manson, 1984), autores que llegaron a la conclusión de que un valor de diversidad ( $H'$ ) superior a 3, lo que corresponde a agua limpia, los valores entre 1 y 3 son característicos del agua ligeramente contaminada y los inferiores a 1 corresponden al agua intensamente contaminada. (Miliarium, 2004)

Los índices anteriormente mencionados ayudaron a cuantificar e identificar a los macroinvertebrados colectados, como también a identificar la calidad de agua.

### 7.10. NORMATIVA LEGAL

Para el marco legal de esta investigación, se tomaron como referencias varias leyes que rigen el cuidado del recurso hídrico tanto a nivel nacional e internacional, teniendo en cuenta el orden cronológico. Estas normativas no solo abarcan únicamente el cuidado y protección del recurso hídrico, sino también establecen los niveles máximos permisibles de descarga que se realizan en los cuerpos de agua y sus diferentes usos de acuerdo al grado de contaminación. Sin embargo, no existen normativas que señalen las categorías y metodologías para obtener índices de calidad de agua. El marco legal para esta investigación se detalla a continuación.

**Tabla 7:** Normativa legal en referencia al cuidado y control del componente agua.

<b>Ley</b>	<b>País</b>	<b>Anexos/Artículos</b>	<b>Año / Fecha</b>
Constitución de la República de Ecuador, 2008	Ecuador	Art. 1, Art.3, Art. 12, Art. 14, Art. 15, Art. 66, Art. 72, Art. 411, Art. 412, Art. 413	R.O.No. 449 del 20 de octubre de 2008
Tratado Internacional, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, río de Janeiro	Brasil	Agenda 21- Programa 18	República Federativa del Brasil, junio de 1992
Ley de Gestión Ambiental, 2004	Ecuador	Art. 2, Art. 5, Art. 19, Art. 20	R.O.S.No. 418 del 10 de septiembre de 2004
Ley de Prevención y Contaminación Ambiental, 2004	Ecuador	Art. 6, Art. 10	R.O. No. 418 del 10 de septiembre de 2004
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	Ecuador	Art. 64, Art. 65, Art. 66, Art. 76, Art. 79, Art. 111	R.O. 305, Segundo Suplemento, del 6 de agosto del 2014
Leyes Orgánicas, Código Orgánico Integral Penal	Ecuador	Art. 251	R.O.180, del 10 febrero del 2014
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente	Ecuador	Anexo 1. Tabla 3	R.O. Edición Especial No.387 del 4 de noviembre de 2015

Fuente: (Carvajal Xavier, 2017)

## 8. HIPÓTESIS

### 8.1. Hipótesis alternativa

La variabilidad en la calidad y cantidad del agua del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. afecta la presencia/ausencia de macroinvertebrados ratificando con los índices biológicos y de calidad de agua.

### 8.2. Hipótesis nula

La variabilidad en la calidad y cantidad del agua del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. no afecta la presencia/ausencia de macroinvertebrados ratificando con los índices biológicos y de calidad de agua.

## 9. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Los puntos de muestreo se encuentran dentro de la unidad hidrográfica nivel 5 con la codificación 14999, que así lo establece la Secretaria Nacional del Agua del Ecuador según la codificación Pfafstetter, la misma que se encuentra dentro de la vertiente del río Guayas.

### 9.1. Ubicación cartográfica

**Tabla 8:** División política

<b>División Política</b>	
Provincia	Cotopaxi
Cantón	La Maná – Pangua
Parroquias	La Maná – Moraspungo
Sectores	San José de los Esteros- Los Laureles- Las Peñas-La Envidia

**Fuente:** Plan de ordenamiento territorial de Cotopaxi, 2015

### 9.2. Ubicación de los puntos de estudio

**Tabla 9:** Coordenadas UTM y alturas de los puntos de estudio

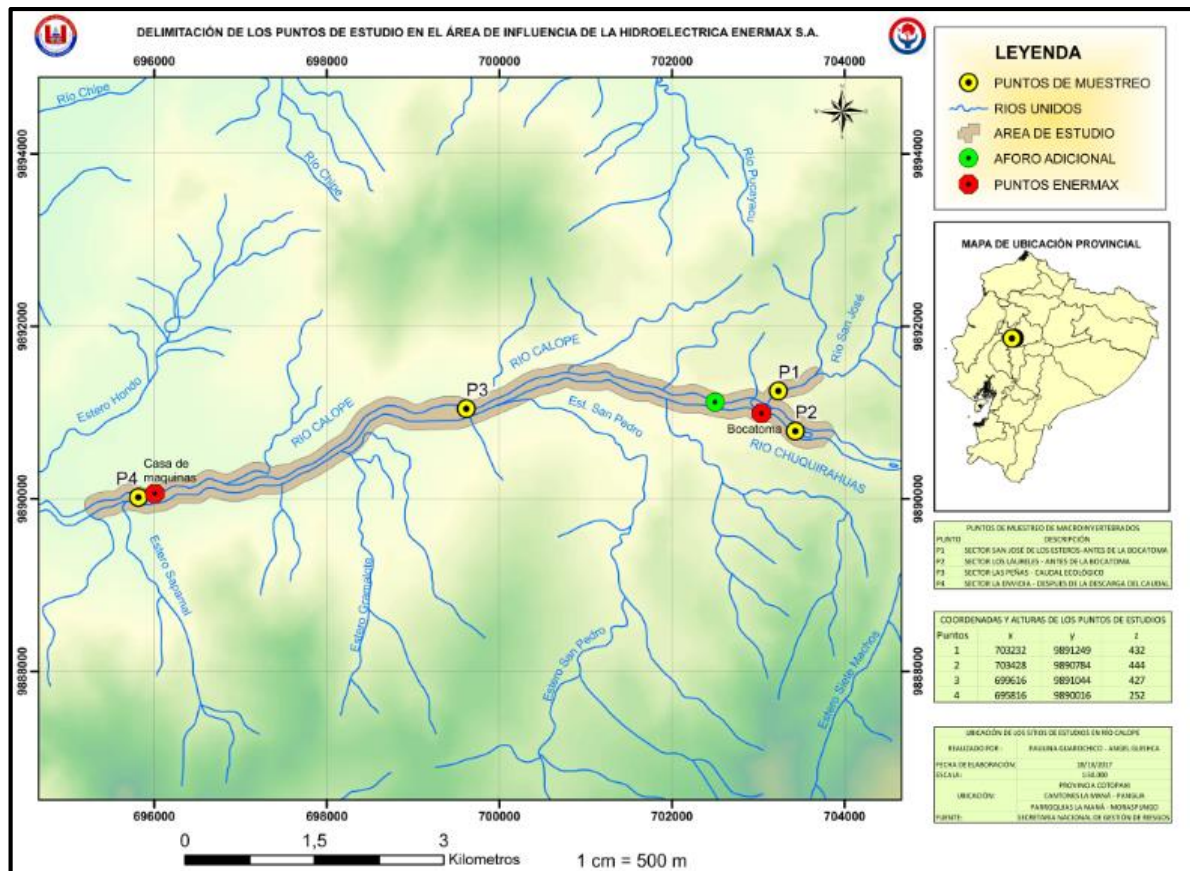
<b>Coordenadas UTM y alturas de los puntos de estudio</b>			
Punto	X	y	z
1	703232	9891249	432
2	703428	9890784	444
3	699616	9891044	427
4	695816	9890016	252

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

### 9.3. Delimitación del área de influencia directa

La delimitación del área de estudio se realizó a partir de la georreferenciación, de los puntos de estudio utilizando el software ArcGIS aplicado a las ciencias ambientales, con el cual se delimitó por medio de la herramienta buffer, que permite establecer una distancia alrededor del objeto de estudio (río Calope). La distancia que se determinó para la delimitación fue de 100 m a cada lado del tramo fluvial, de acuerdo al Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, establecidas en el Artículo 64 “Zonas De Protección Hídrica: Extensión y Modificación”.

**Figura 4:** Mapa de la delimitación de los puntos de estudios



**Elaborado:** Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

## 9.4. Características biofísicas

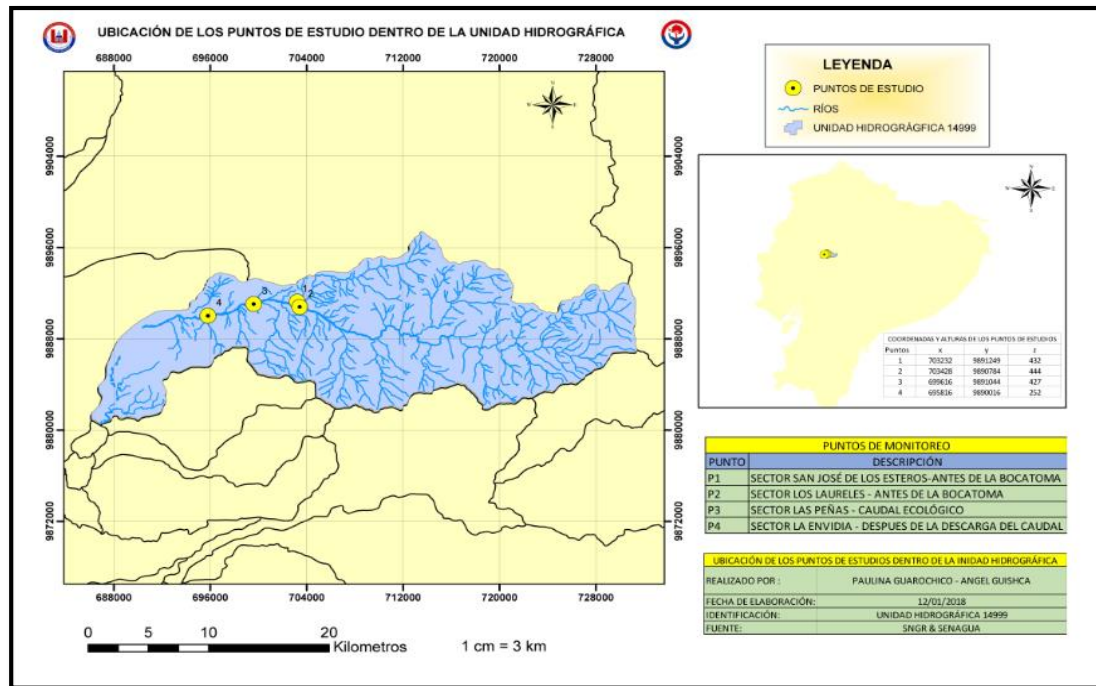
### 9.4.1. Hidrología

La hidrología de los puntos de estudio abarca dos ríos principales, el Chuquiraguas y el San José, que conjuntamente conforman el río Calope que a su vez delimita, los cantones de La Maná y Pangua.

Existen varias microcuencas que desembocan al río Calope, las principales provienen de la parroquia Moraspungo y en un mínimo porcentaje de la parroquia La Maná; la unión de estas microcuencas forma la subcuenca del río Calope y esta a su vez forma parte de la Demarcación Hidrográfica del Guayas.

Cabe recalcar que en la actualidad a las microcuencas y subcuencas se las conoce como Unidades Hidrográficas que están establecidas por la Secretaría Nacional del Agua del Ecuador según la codificación Pfafstetter.

**Figura 5:** Mapa de ubicación de los puntos estudios dentro de la Unidad Hidrográfica



**Elaborado:** Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

## 9.5. Relieve

El relieve del área de estudio se clasificó mediante la geomorfología física obteniendo así diferentes tipos de relieve. Estos son: el relieve de vertientes en los 3 puntos principales y el relieve abanico aluvial en el último punto de estudio según; El Plan de Ordenamiento Territorial de los cantones Pangua y La Maná. Así también se identifica las alturas del área de influencia directa de la hidroeléctrica, estas van desde 250 msnm a 444 msnm y con una pendiente de 12% a 25 %, considerada como pendiente moderada.

Para determinar la pendiente en el tramo del río, se estableció mediante la diferencia total de elevación del cauce principal (cota máxima – cota mínima), dividida por su longitud total, obteniendo así una pendiente media ponderada de 0,025 %.



**Tabla 10:** Estación meteorológica: San Juan La Maná

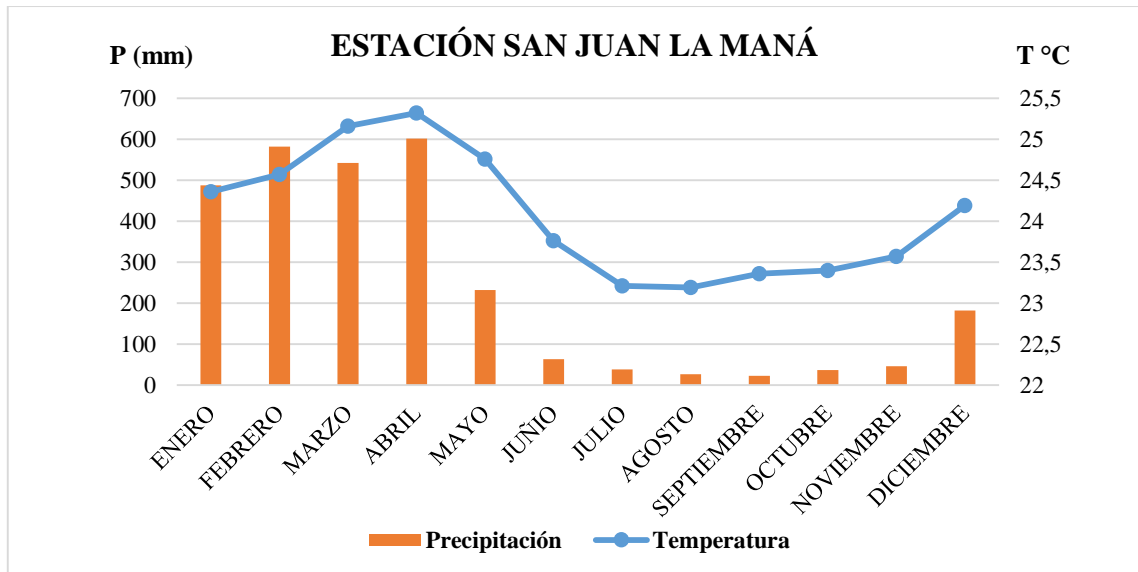
Estación meteorológica: San Juan La Maná			
<b>Cantón:</b>	La Maná	<b>Cuenca del río:</b>	Guayas
<b>Altitud:</b>	215msnm	<b>Código:</b>	M124
<b>Fecha de instalación:</b>	22/06/1905	<b>Nombre:</b>	San Juan La Maná
<b>Latitud:</b>	00:54:59 S	<b>Tipo:</b>	CO
<b>Longitud:</b>	79:14:44 W	<b>Provincia:</b>	Cotopaxi
<b>Parroquia:</b>	La Maná	<b>Estado:</b>	Activo

Fuente: INAMHI

**Tabla 11:** Promedio multianual de temperaturas y precipitaciones periodo 2003 – 2012

<b>Datos</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
Enero	24,36	487,86
Febrero	24,57	581,91
Marzo	25,16	542,21
Abril	25,32	601,58
Mayo	24,76	232,2
Junio	23,76	63,53
Julio	23,21	38,551
Agosto	23,19	26,27
Septiembre	23,36	22,75
Octubre	23,4	36,87
Noviembre	23,57	46,14
Diciembre	24,19	182,04

Fuente: INAMHI

**Figura 7:** Diagrama de Guaseen

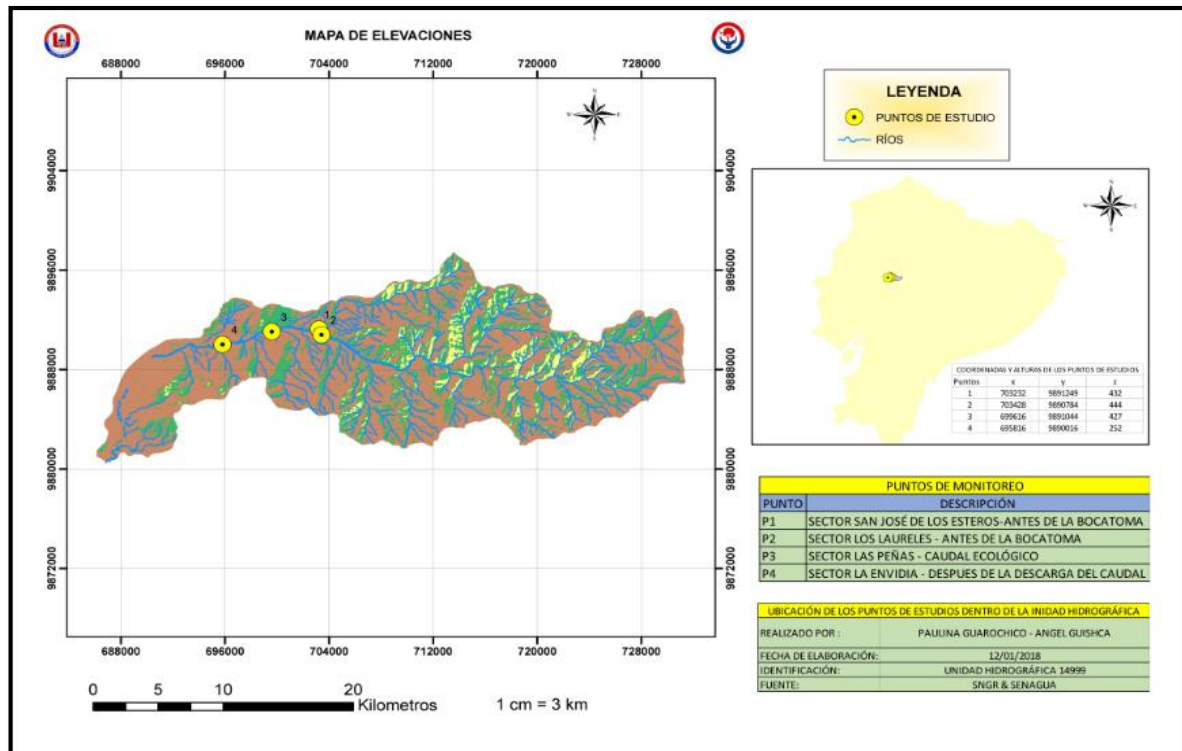
Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

### 9.7. Características geomorfológicas

La geomorfología del área de estudio varía entre los de 444 msnm (Los Laureles) la máxima y los 252 msnm (La Envidia) la mínima; la mayor parte de los terrenos que lindan al área de estudio zonas planas; a su alrededor se puede apreciar la existencia de bosque tropical húmedo parcialmente modificado por el avance de la frontera agrícola.

La deforestación de la flora nativa para implementar arboricultura tropical genera la pérdida de la cubierta vegetal de la zona, lo que puede ocasionar la erosión del suelo, modificando su condición natural.

Figura 8: Mapa de elevaciones

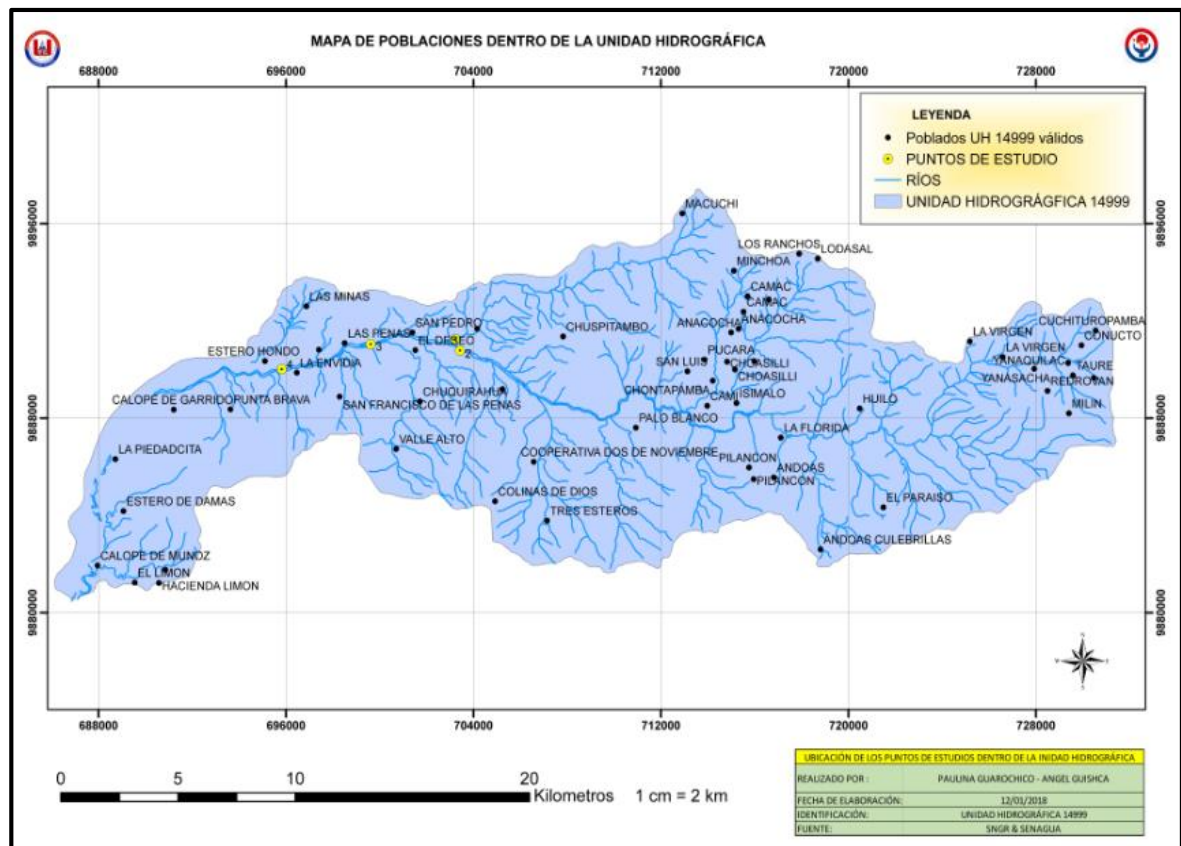


Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

## 9.8. Características demográficas

El área de influencia de la hidroeléctrica a barca principalmente los siguientes recintos San José, Los Laureles, El Deseo, Las Peñas y La Envidia; existe un estimado de 10 a 15 casas por recinto, con 20 a 25 habitantes por poblado, en el sector se evidencia carreteras de segundo orden, con puentes sobre el río Calope; además, se observó que la mayoría de los recintos tienen escuelas.

Figura 9: Mapa de poblaciones



Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

### 11.6. Flora y Fauna de los sitios de estudio dentro del área de influencia directa Hidroeléctrica Enermax S.A.

En la zona de estudio se pudo observar la existencia de flora alrededor del río con una estructura boscosa con árboles como Caña Guadua, Balsa, Niguito, Guarumo, Sapan de paloma, Palma, Laurel, etc. Además, se evidencia plantas arbustivas y frutales (naranja, guaba, limón, mandarina, guayaba cacao, entre otras).

Alrededor del área influencia directa se encuentra implementada la arboricultura con la especie melina especialmente. Según Green Better (2015), La vegetación del cantón La Maná se le define como Bosque Siempre Verde Pie Montano, por encontrarse en la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes y cuenta con una altitud de 280 msnm aproximadamente, en el Cantón. La composición florística consiste en una mezcla entre especies herbáceas y arbustivas y especies montañas de recuperación.

## **10. MÉTODO DE ESTUDIO**

Se recopiló información necesaria de manera sistemática y ordena teniendo en cuenta que esta investigación se centró específicamente en evaluar la variación de la calidad y cantidad del agua mediante macroinvertebrados dentro del área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A.

Este estudio abarco la aplicación de los siguientes índices biológicos: ETP, BMWP, Shannon y el índice de calidad de agua NFS, por tal motivo se realizaron cuatro muestreos en diferentes puntos, teniendo en cuenta que los dos puntos principales son de referencias debido a que estos puntos se encuentran ubicados antes de la hidroeléctrica, el tercer punto en el intermedio del área de influencia y el último después de la descarga del caudal autorizado a la hidroeléctrica.

La estructura de la investigación se divide la metodología en 3 fases:

- ✓ Fase de campo
- ✓ Fase de laboratorio
- ✓ Fase de gabinete

### **10.1. Fase de campo**

En esta fase se recolectaron muestras cada mes, durante 5 fechas: 02/09/2017 - 28/10/2017- 11/11/2017 - 30/12/2017 - 20/01/2018, considerando la época de estiaje (septiembre) y la época de invierno (enero), con la finalidad de identificar el estado de la calidad del agua del río Calope, dentro del área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. en ambas épocas.

#### **10.1.1. Recopilación de información**

Se contó con el apoyo de un técnico forestal, mismo que pertenecía a la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi, oficina técnica La Maná, quien nos guió durante el primer recorrido, reconociendo así los sitios de estudio dentro del área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. En la confluencia de los ríos Chuquiraguas y San José está ubicado el dique desde donde se capta el agua para la generación hidroeléctrica, el que se encuentra estructurado por una escalera de peces que conduce el caudal ecológico y un canal de segmento rectangular que transporta el caudal autorizado de 4,2 m<sup>3</sup>/s en época de estiaje y 14 m<sup>3</sup>/s en época de lluvia (SENAGUA, 2004) a través de una tubería de 2 m de diámetro y un canal de ducto cajón hasta un reservorio, desde el cual parte la tubería de presión hasta la casa de máquinas desde donde es descargado el caudal autorizado; cabe recalcar que este río toma su nombre a partir de la unión de los dos ríos antes mencionados.

### 10.1.2. Puntos de monitoreo y distancias

Se establecieron 4 puntos de estudio dentro del área de influencia directa de la hidroeléctrica, los cuales se ubican a lo largo del tramo fluvial del río Calope; estos son: los puntos 1 y 2, los cuales se ubican a 200 m aguas arriba de la bocatoma antes de la hidroeléctrica (río San José y río Chuquiraguas, respectivamente) cabe recalcar que estos puntos son considerados como referencia; el punto 3, en el cauce medio del área de influencia, y el punto 4, 200 m después de la generación hidroeléctrica.

También se realizaron aforos de caudal en 5 puntos, por lo tanto, se estableció un punto adicional denominado punto 0 a (200 m aproximadamente después del dique), en donde se midieron solo caudales. Estos puntos fueron ubicados a través del programa ArcGIS, y la distancia fue establecida con la herramienta measure del mismo programa.

**Tabla 12:** Determinación de los puntos estudio

CUENCA NOMBRE	MICROCUENCA NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUD	OBSERVACIONES
			X	Y	(msnm)	
río Guayas	río San José	P1	703232	9891249	432	Calidad y Cantidad
	río Chuquiraguas	P2	703428	9890784	444	Calidad y Cantidad
	río Calope	P0	702499	9891121	429	Cantidad (adicional)
	río Calope	P3	699616	9891044	427	Calidad y Cantidad
	río Calope	P4	695816	9890016	252	Calidad y Cantidad

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

### 10.1.3. Muestreo de macroinvertebrados

Para realizar el muestreo, se utilizó una red de mano o pantalla de 1 m de alto por 0,80 m de ancho, con un ojo de malla de 1mm aproximadamente, esta red se encuentra sujeta a dos mangos de madera. El muestreo se realizó de la siguiente manera: una persona se situó en contra corriente, sujetando la red, mientras tanto la otra persona se colocó en dirección de la corriente, removiendo todos los sustratos con los pies y manos en las orillas, considerando los lugares menos profundos del río; este procedimiento se repitió tres veces en los cuatro puntos de estudio.

#### **10.1.4. Recolección de macroinvertebrados**

Las muestras recolectadas se depositaron en un recipiente blanco, para posteriormente ser almacenadas en envases plásticos de 250 ml, totalmente rotulados y etiquetados (fecha, altitud, código de la muestra, responsables, sector, etc.), con alcohol al 70%, con la finalidad de conservar las muestras; seguidamente se procedió a depositar en un recipiente aislante térmico con el objetivo de trasladarlas a otro punto de estudio y finalmente al laboratorio; este proceso se repitió en los 4 puntos de estudio en las cinco fechas, en las que se realizó el trabajo de campo.

#### **10.1.5. Toma de muestras de agua in situ y para su posterior análisis en laboratorio**

Para el análisis fisicoquímico y microbiológico se tomó una muestra simple, en función de la normativa NTE INEN 2169:2013, la cual establece los lineamientos técnicos, cadena de custodia, rotulado, muestreo, manejo y conservación de muestras; las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Internacional del Ecuador (SEK), en donde se midieron los parámetros (nitratos, fosfatos, DBO5, coliformes fecales y sólidos disueltos totales) para la aplicación de ICA NFS.

Además, se midió otros parámetros fisicoquímicos in situ, como temperatura, pH, turbidez, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica (multiparámetro y turbidímetro), tomando en cuenta que el punto de muestreo elegido debe contener las características representativas del cauce del río, por tanto, se eligió un punto en donde la turbulencia sea media; es decir, que no sea una zona de rápidos ni tampoco una zona de agua estancada.

#### **10.1.6. Aforos de caudal**

Los aforos de caudal se realizaron en base al protocolo de evaluación de integridad ecológica para ríos austral del Ecuador. En donde se selecciona un sitio regular del río, para medir profundidades, ancho del cauce y velocidad superficial. La velocidad fue establecida con el método del flotador, los cuales se realizaron de manera cautelosa, al mismo tiempo se registró datos climatológicos como temperatura ambiente, estado del clima, altura de los sitios, además de esta información se tomó la hora, y fecha, entre otros.

#### **10.1.7. Caracterización de los puntos de estudio**

La información levantada in situ, se registró en matrices previamente establecidas por DÌAZ. P (2007), que se modificaron según la caracterización de la situación actual de las actividades

antrópicas que predominan en cada zona de intervención, esta caracterización se realizó considerando una distancia de 100 metros alrededor de cada uno de los puntos, la información se recopiló según lo observado en los puntos de estudio.

## **10.2. Fase de laboratorio**

Las muestras recolectadas de macroinvertebrados se identificaron en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi facultad CAREN, después de cada muestreo, mismas que se conservaron y transportaron dentro de frascos plásticos, con alcohol etílico de 70° y libres de impurezas, por lo que no hizo falta lavarlas previamente para su separación e identificación.

Las herramientas que se utilizaron para la identificación de las muestras fueron el estereomicroscopio (AmScope), cámara de fotográfica, lupa, caja Petri y porta objetos.

Para la clasificación e identificación de los organismos se utilizó la siguiente documentación que contiene manuales de apoyo:

- ✓ Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col (Roldán, 2003).
- ✓ Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia (Roldán, 1988).

### **10.2.1. Identificación de macroinvertebrados**

Se procedió a identificar las muestras según la codificación (M1, M2...) dada a cada en campo, seguidamente se colocó a los macroinvertebrados en una caja Petri donde se visualizó y se separó los organismos mediante el estereoscopio, una vez identificados los macroorganismos, según el orden y familia a la que pertenecen, se procedió a fotografiarlos, finalmente se cuantificó y registró el número de individuos en la ficha de laboratorio. Para la ejecución de esta actividad se utilizó el laboratorio un tiempo de 2 semanas, ya que la identificación de los macroinvertebrados requiere de un trabajo meticuloso, este proceso se realizó después de cada muestreo.

### **10.2.2. Análisis de las muestras de agua**

Los análisis fisicoquímicos y microbiológico de las muestras recolectadas fue realizado en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, con los técnicos laboratoristas; los parámetros que se midieron fueron (nitratos, fosfatos, DBO5, coliformes fecales y sólidos disueltos totales).

### 10.3. Fase de gabinete

Con los resultados obtenidos de la identificación de las muestras de diferentes órdenes y familias de macroinvertebrados, se procedió a realizar el cálculo de los índices biológicos ETP, BMWP y Shannon; mientras que con los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el laboratorio de la SEK y tomadas in situ se aplicó el ICA NFS.

#### 10.3.1. Análisis de la información

Una vez ejecutada la fase de campo y laboratorio, en el mes de enero se procedió al análisis de datos cuantitativos, para lo cual se utilizó la siguiente metodología:

#### Índice ETP

Para el cálculo del resultado del índice ETP se realizó la cuantificación e identificación de los macroinvertebrados, principalmente los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera y el número total de individuos de la muestra en cada punto de estudio. Para este cálculo se aplicó la fórmula que se expresa de la siguiente manera:

$$ETP = \frac{N^{\circ} ETP}{N^{\circ} TOTAL DE INDIVIDUOS} \times 100$$

#### Ejemplo

**Tabla 13:** Cálculo del índice ETP

Muestreo de calidad de agua – río San José		
Macroinvertebrados - Índice EPT		
Formulario para el cálculo del ETP		
Microcuenca: río Calope		río: San José
Fecha: 02/09/2017		Código del sitio: P1
Nombre del colector: Paulina Guarochico & Angel Guishca		Código de la muestra: M1
Punto # 1		
ORDEN	FAMILIA	Abundancia ETP
Neuroptera	(Corydalidae)	3
Ephemeroptera	(Baetidae)	18
Ephemeroptera	(Tricorythidae)	28
Ephemeroptera	(Leptophlebiidae)	33
Hemiptera	(Naucoridae)	6
Coleoptera	(Elmidae)	23
Coleoptera	(Psephenidae)	2
Trichoptera	(Hydropsychidae)	13
Trichoptera	Philopotamidae)	12
Odonata	(Libellulidae)	1
Droyopsendisti	(Dryopydae)	1
Plecoptera	(Perlidae)	10
Coleoptera	(Elmidae)	2

Diptera	(Stratiomyidae)	1
Tricladida	(Dugesiidae)	1
Hemiptera	(Naucoridae)	5
Diptera	(Chironomidae)	5
<b>TOTAL</b>		164
<b>TOTAL, ETP</b>		114
<b>Valor EPT (%)</b>		<b>69,5</b>
<b>ÍNDICE DE ABUNDANCIA EPT: BUENA</b>		

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

### Índice BMWP

Para realizar el cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), es necesario hacer una lista de todos los macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada muestreo y asignarles la puntuación respectiva a cada familia y adaptación, cuyo sumatorio nos dará el valor total del índice, estos valores fueron asignados según la **tabla 5**.

### Ejemplo

**Tabla 14:** Cálculo del índice BMWP

<b>Muestreo de calidad de agua – río San José</b>		
<b>Macroinvertebrados – Índice BMWP</b>		
<b>Formulario para el cálculo del BMPW</b>		
<b>Microcuena:</b> río Calope		<b>río:</b> San José
<b>Fecha:</b> 02/09/2017		<b>Código del sitio:</b> P1
<b>Nombre del colector:</b> Paulina Guarochico & Angel Guishca		<b>Código de la muestra:</b> M1
<b>Punto # 1</b>		
<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>VALOR BMWP</b>
Neuroptera	(Corydalidae)	9
Ephemeroptera	(Baetidae)	5
Ephemeroptera	(Tricorythidae)	7
Ephemeroptera	(Leptophlebiidae)	8
Hemiptera	(Naucoridae)	3
Coleoptera	(Elmidae)	6
Coleoptera	(Psephenidae)	10
Trichoptera	(Hydropsychidae)	5
Trichoptera	Philopotamidae)	9
Odonata	(Libellulidae)	5
Droyopsendisti	(Dryopyidae)	7
Plecoptera	(Perlidae)	10
Diptera	(Stratiomyidae)	4
Tricladida	(Dugesiidae)	5
Diptera	(Chironomidae)	2
<b>TOTAL, BMWP</b>		<b>95</b>
<b>ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP: Aceptable</b>		

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

## Índice de Shannon

Los índices de diversidad que más se emplean son los basados en la teoría de la información (Shannon-Weaver, 1949 y Roldán, 1992) y han sido aplicados por Wilhm y Dorris (1968 en Manson, 1984), autores que llegaron a la conclusión de que un valor de diversidad ( $H'$ ) superior a 3, lo que corresponde a agua limpia, los valores entre 1 y 3 son característicos del agua ligeramente contaminada y los inferiores a 1 corresponden al agua intensamente contaminada. La ecuación de dicho índice es la siguiente:

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i$$

Dónde:  $p_i = n_i/N$  (Número de individuos de la especie  $i$  sobre el número total de individuos de toda la comunidad).

Para identificar logaritmo en base dos ( $\log_2$ ), se aplicó la siguiente fórmula:

$$\log_2 p_i = \frac{\log(p_i)}{\log(2)}$$

## Ejemplo

**Tabla 15:** Cálculo de índice de Shannon

<b>Muestreo de calidad de agua – río Calope</b>						
<b>Macroinvertebrados – Índice Shannon</b>						
<b>Formulario para el cálculo de Shannon</b>						
<b>Microcuenca:</b> río Calope				<b>río:</b> río Calope		
<b>Fecha:</b> 28/10/2017				<b>Código del sitio:</b> P4		
<b>Nombre del colector:</b> Paulina Guarochico & Angel Guishca				<b>Código de la muestra:</b> M4		
<b>PUNTO # 4</b>						
<b>Orden/Familia</b>	<b>TOTAL</b>	<b>pi</b>	<b>Log pi</b>	<b>Log 2</b>	<b>Log 2 pi</b>	<b>pi x log 2 pi</b>
Neuroptera (Corydalidae)	2	0,043	-1,362	0,301	-4,524	-0,197
Hemiptera (Naucoridae)	3	0,065	-1,186	0,301	-3,939	-0,257
Ephemeroptera (Baetidae)	3	0,065	-1,186	0,301	-3,939	-0,257
Ephemeroptera (Tricorythidae)	6	0,130	-0,885	0,301	-2,939	-0,383
Ephemeroptera (Leptophlebiidae)	9	0,196	-0,709	0,301	-2,354	-0,460
Plecoptera (Perlidae)	3	0,065	-1,186	0,301	-3,939	-0,257
Trichoptera (Hydropsychidae)	7	0,152	-0,818	0,301	-2,716	-0,413
Trichoptera (Philopotamidae)	6	0,130	-0,885	0,301	-2,939	-0,383
Hemiptera (Naucoridae)	2	0,043	-1,362	0,301	-4,524	-0,197
Coleoptera (Elmidae)	3	0,065	-1,186	0,301	-3,939	-0,257
Tricladida (Dugesidae)	2	0,043	-1,362	0,301	-4,524	-0,197
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>					<b>-3,258</b>
<b>INDICE DE SHANNON</b>	<b>H=3,26</b>					

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

## Índice ICA NFS

Con los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, se aplicó el ICA NFS; con el uso del software IQADATA 2015.

Para obtener los resultados del ICA NFS en el software; se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se accede al programa con un usuario y contraseña ya establecidas, una vez abierto en IQADATA, se dirige al icono registro de muestras.
- ✓ En la opción incluir, se elige la ICA NFS, se registra datos como hora, fecha cuenca hidrográfica, sector, etc. El programa indica los 9 parámetros que son necesarios para su aplicación, finalmente se ingresa el valor de cada parámetro, el programa tiene ya establecido los pesos ponderados y los valores Q de los parámetros, de esta forma se obtiene el resultado del valor de ICA NFS.

**Figura 10:** Captura de pantalla del Programa IQADATA

**Registro de Muestras**

Datos

Código: [ ] Ciudad: LA MANÁ Condiciones climáticas: lluvioso Cuenca Hidrográfica: CALOPE

Cuerpo Hídrico: Río San José Alitud (metros): 432 Fecha: 22/01/2018 Hora: 13:00

Local: SAN JOSÉ DE LOS ESTEROS

Observación: [ ]

Código	Variable	Unidad	Valor
102	Temperatura (Tr-Ti)	° C	A 4,00
200	Oxígeno disuelto	mg / L, O2	* 8,14
301	Coliformes fecales	NMP/100ml	* 60
302	Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L, O2	* 1,78
303	Fósforo total	mg / L, P	* 0,09
401	Nitrógeno total Kjeldahl	mg / L, N	
402	Nitrógeno amoniacal	mg / L, NH3 - N	
403	Nitritos	mg / L, NO2 - N	
404	Nitratos	mg / L de NO3 - N	* 0,04
405	Nitrógeno total (TKN + NO2 + NO3)	mg / L, N	A 0,04
501	Saturación de oxígeno	%	A 101,632
502	pH	-	* 8

**Indicadores de Calidad**

- 4-IQA QUITO
- 3-LAGUNAS 1
- 1-NFS
- 2-UNISC 4
- 5-unisc lobo rio pardo

**Nota:**  
 Usted debe seleccionar qual es el índice de calidad que se aplicará a la muestra.  
 Después de esta taxa, se dará cuenta que algunas cosas están marcados en rojo. Esto indica que el ICA seleccionado requiere que el valor de la variable como obligatoria.  
 Las variables marcadas con "A" no deben ser incluidas, e que ellas sao calculadas a partir de otras variables.  
 Para incluir el valor de la variable basta insertir el valor directamente en la tabla.  
 Use una coma (",") para separar decimales.

Clasificación Buena ( 71,95 ) ICA utiliza= NSF

Guardar Cancelar

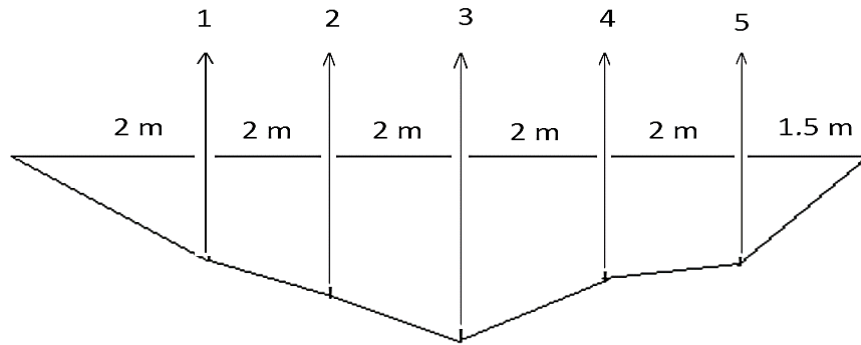
**Fuente:** IQADATA (UISEK)

### Cálculo de caudales.

Para medir caudales, se realizó como se observa a continuación:

#### Ejemplo Punto 1 río San José

**Figura 11:** Sección transversal de un río para el aforo



**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Tabla 16:** Datos para el cálculo del área del primer punto de Estudio.

Ancho del río: 11.50 m						
Base (m)	2	2	2	2	2	1.50
Altura (m)	0.19	0.22	0.24	0.18	0.09	-
Segmentos	1	2	3	4	5	6

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

$$A_1 = \frac{bxh}{2} = \frac{2m \times 0,19m}{2} = 0,19m^2$$

$$A_2 = \frac{B + b}{2} \cdot h = \frac{0,22m + 0,19m}{2} \cdot 2m = 0,41m^2$$

$$A_3 = \frac{B + b}{2} \cdot h = \frac{0,24m + 0,22m}{2} \cdot 2m = 0,46m^2$$

$$A_4 = \frac{B + b}{2} \cdot h = \frac{0,24m + 0,18m}{2} \cdot 2m = 0,42m^2$$

$$A_5 = \frac{B + b}{2} \cdot h = \frac{0,18m + 0,09m}{2} \cdot 2m = 0,27m^2$$

$$A_6 = \frac{bxh}{2} = \frac{1,5m \times 0,09m}{2} = 0,067m^2$$

$$A_{total} = 1,817m^2$$

**Tiempo**

$$T_1 = 26,52s$$

$$T_2 = 25,30s$$

$$T_3 = 30,48s$$

$$T_4 = 27,33s$$

$$T_p = 27,40s$$

**Velocidad**

$$Velocidad = \frac{distancia}{tiempo}$$

$$V = \frac{10m}{27,40s}$$

$$V = 0,364 \frac{m}{s}$$

**Caudal**

$$Caudal = Area T \times Velocidad \times fc$$

$$Q = 1,817m^2 \times 0,364 \frac{m}{s} \times 0,8$$

$$Q = 0,529 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 529.11 \frac{l}{s}$$

Este proceso se realizó, en los 5 puntos de estudio y en las 5 fechas establecidas para la ejecución del proyecto.

## Materiales y Equipos para la ejecución del proyecto

**Tabla 17:** Materiales y equipos utilizados en la investigación

Materiales	Equipos
Cinta métrica Aislante térmico Flexómetro Red de mano o pantalla Libreta de campo Esferos, lápiz Cinta adhesiva Pinzas Botellas 680 ml Envases esterilizados Etiquetas Tiras de pH manuales Flotador Guantes Botas de caucho	Multiparámetro Hatch portátil Turbidímetro portátil GPS Garmin 64S Cámara de fotos Cronometro Termómetro Computadora Estereomicroscopio

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

## 11. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

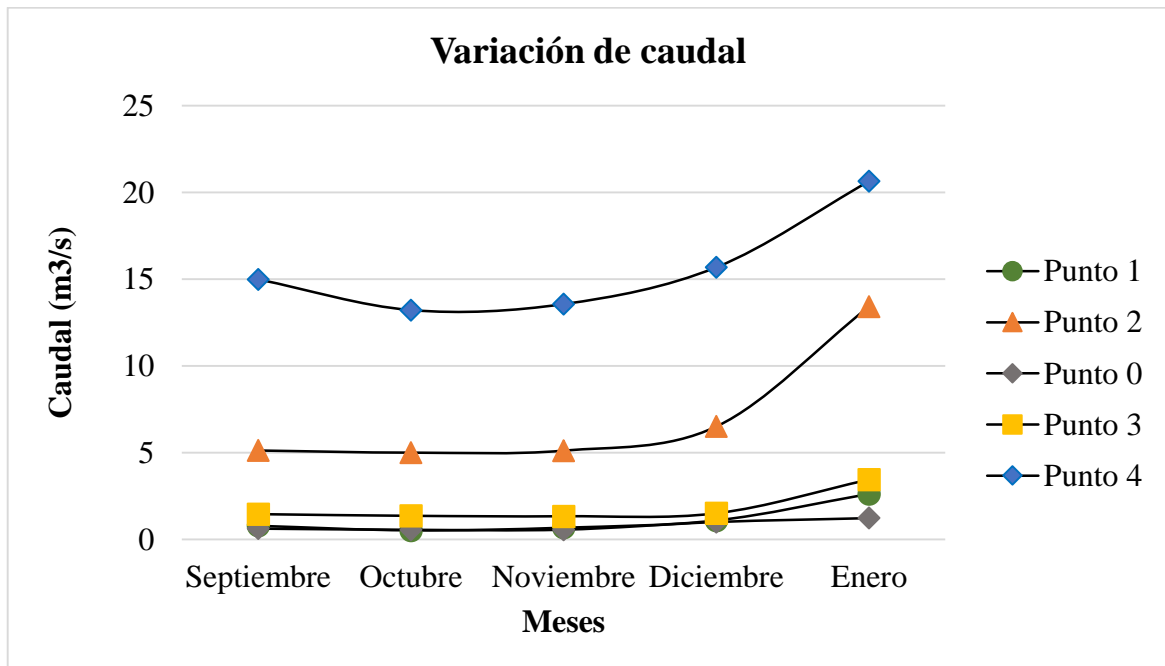
### 11.1. Caudales

**Tabla 18:** Resultado de los caudales aforados en los 5 meses de estudio

Variación de Caudal (m <sup>3</sup> /s)						
Meses	Fechas	Punto 1	Punto 2	Punto 0	Punto 3	Punto 4
Septiembre	02/09/2017	0,792	5,132	0,629	1,465	14,99
Octubre	28/10/2017	0,529	5,008	0,562	1,368	13,224
Noviembre	11/11/2017	0,682	5,124	0,5685	1,344	13,567
Diciembre	30/12/2017	1,102	6,512	1,01	1,512	15,687
Enero	20/01/2018	2,628	13,423	1,235	3,456	20,645

Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

**Figura 12:** Variación de caudal aforado en los 5 meses de estudio



Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

De acuerdo a los cálculos realizados y la figura de variación de caudales, en las 5 fechas estudiadas, se puede observar que en los meses de septiembre, octubre y noviembre (época seca) se mantienen los caudales en un valor similar, registrando un mínimo caudal en el mes de octubre con 0,529 m<sup>3</sup>/s en el punto 1; el caudal máximo en la época de estiaje se registra en el mes de septiembre, con un caudal de 14,99 m<sup>3</sup>/s en el punto 4.

El mes de diciembre, considerado como el inicio de la época de transición los caudales tienden a aumentar registrándose un aumento considerable en el mes de enero, en el cual se midió un caudal de 20,64 m<sup>3</sup>/s, como máximo en el punto 4.

Además de los cuatro puntos en donde se midió caudal y parámetros físicoquímicos y microbiológicos, se realizó un aforo extra, a unos 200 m aproximadamente después del dique, registrando que por la escalera de peces fluye un caudal mínimo de  $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de octubre y un máximo de  $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de enero, dicho caudal es el considerado como caudal ecológico por la hidroeléctrica Enermax; este punto se aforó con la finalidad de identificar la cantidad de agua que la hidroeléctrica mantiene en los meses de estiaje; para la conservación de la vida acuática.

Se identificó que, en los meses considerados de sequía, se registró el mínimo en el punto 1, en el mes de octubre con  $0,529 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $5,008 \text{ m}^3/\text{s}$  en el punto 2, siendo este afluente el que mayor caudal aporta para la formación del río Calope.

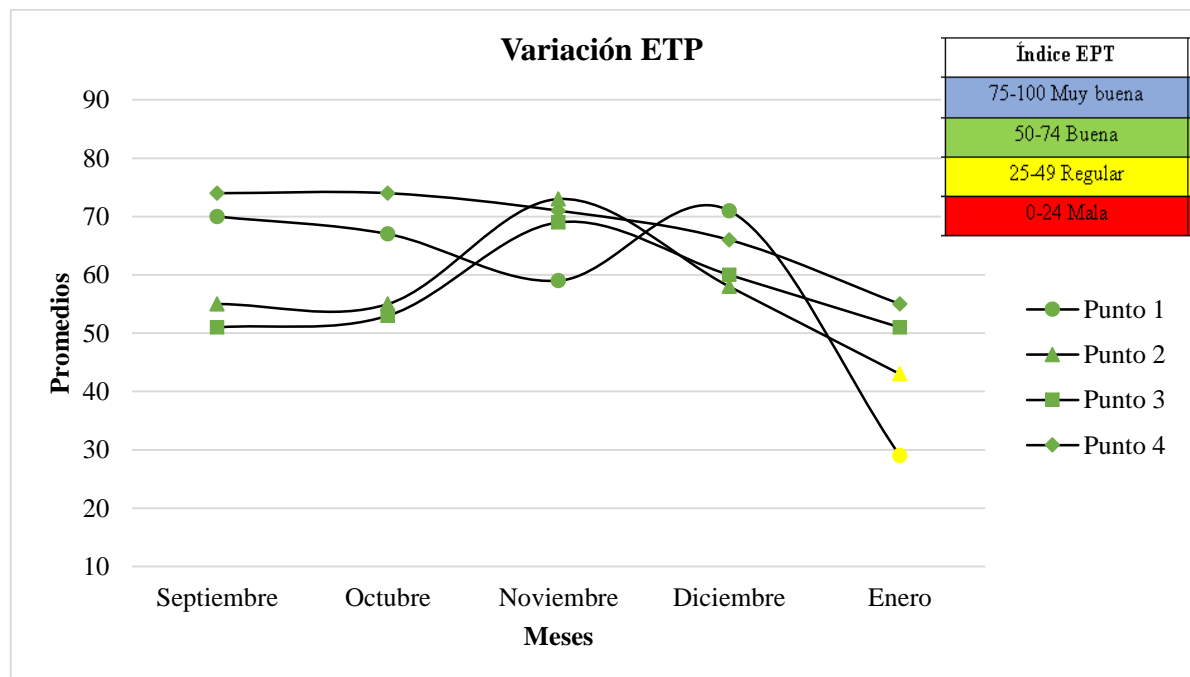
### 11.2. Índice ETP

**Tabla 19:** resultados del ETP de los 5 meses de estudio

Variación del ETP					
Meses	Fechas	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Septiembre	02/09/2017	70	55	51	74
Octubre	28/10/2017	67	55	53	74
Noviembre	11/11/2017	59	73	69	71
Diciembre	30/12/2017	71	58	60	66
Enero	20/01/2018	29	43	51	55

Elaborado: Paulina Guarochico & Guishca Angel, 2018

**Figura 13:** Variación del ETP de los 5 meses de estudio



Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Se constató que la variación de la calidad del agua según el índice biológico ETP en las 5 fechas establecidas se identificó, que en los meses de septiembre, octubre y enero la puntuación asignada por el índice aumenta en el punto 4; en el resto de sitios los valores no varían de manera considerable. De acuerdo a la aplicación del índice, el valor mínimo se registra en el mes de enero, con 29 en el punto 1 y 43 en el punto 2, valores correspondientes a una de calidad de agua regular. En este mismo mes se evidencia que en los puntos 3 y 4 la puntuación aumenta, llegando al valor de 55 en el punto 4, correspondiente a un estado de buena calidad de agua.

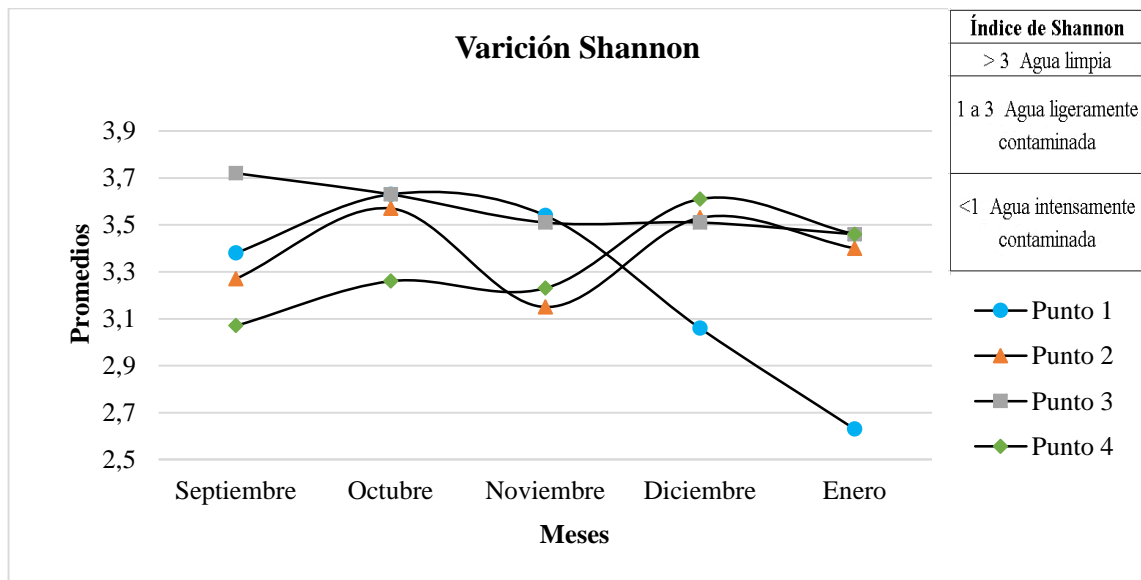
### 11.3. Índice de Shannon

**Tabla 20:** Resultado del índice de Shannon en los 5 meses de estudio

Variación del índice de Shannon					
Meses	Fechas	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Septiembre	02/09/2017	3,38	3,27	3,72	3,07
Octubre	28/10/2017	3,63	3,57	3,63	3,26
Noviembre	11/11/2017	3,54	3,15	3,51	3,23
Diciembre	30/12/2017	3,06	3,53	3,51	3,61
Enero	20/01/2018	2,63	3,40	3,46	3,46

Elaborado: Paulina Guarochoico & Angel Guishca, 2018

**Figura 14:** Variación del índice de Shannon de los 5 meses de estudio



Elaborado: Paulina Guarochoico & Angel Guishca, 2018

La variación de Shannon en los meses considerados de estiaje (septiembre, octubre y noviembre) los valores se mantienen en los 4 puntos de estudio, con un valor de 3,07 como mínimo en el punto 4; en época de lluviosa se identifica una disminución del valor en el punto 1 con 2,63. Este índice demuestra una calidad de agua limpia; a excepción del mes de enero en el punto 1, que establece una agua ligeramente contaminada.

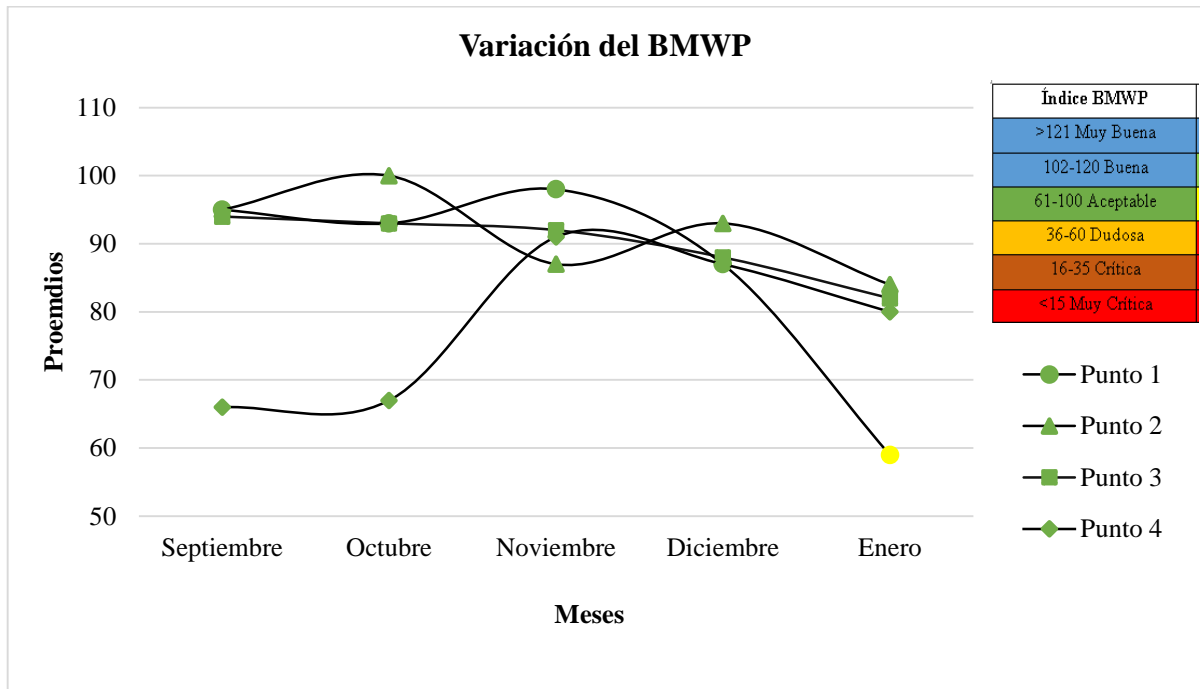
### 11.4. Índice BMWP

Tabla 21: Resultado de BMWP de los 5 meses de estudio

Variación del BMWP					
Meses	Fechas	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Septiembre	02/09/2017	95	95	94	66
Octubre	28/10/2017	93	100	93	67
Noviembre	11/11/2017	98	87	92	91
Diciembre	30/12/2017	87	93	88	87
Enero	20/01/2018	59	84	82	80

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Figura 15: Variación del BMWP de los 5 meses de estudio



Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

El índice demuestra que en el mes de septiembre y octubre el valor en el punto 4 disminuye; en noviembre y diciembre, el valor entre los 4 puntos se mantiene con puntuaciones similares, finalmente en enero se registró, que el valor de BMWP en el punto1 disminuye a 59 variando la calidad de agua de aceptable a dudosa.

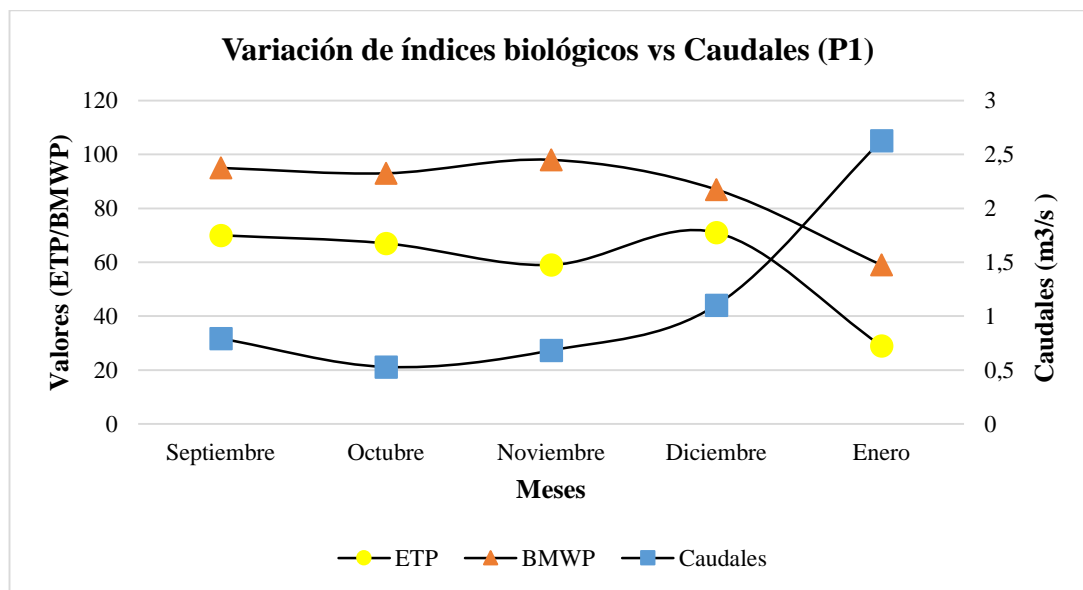
### 11.5. Resultado de la variación índices biológicos vs caudales

Tabla 22: Resultado de índices vs caudales punto 1

Variación de índices biológicos vs caudal punto 1			
Meses	ETP	BMWP	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
Septiembre	70	95	0,792
Octubre	67	93	0,529
Noviembre	59	98	0,682
Diciembre	71	87	1,102
Enero	29	59	2,628

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Figura 16: Variación de índices biológicos vs caudales



Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

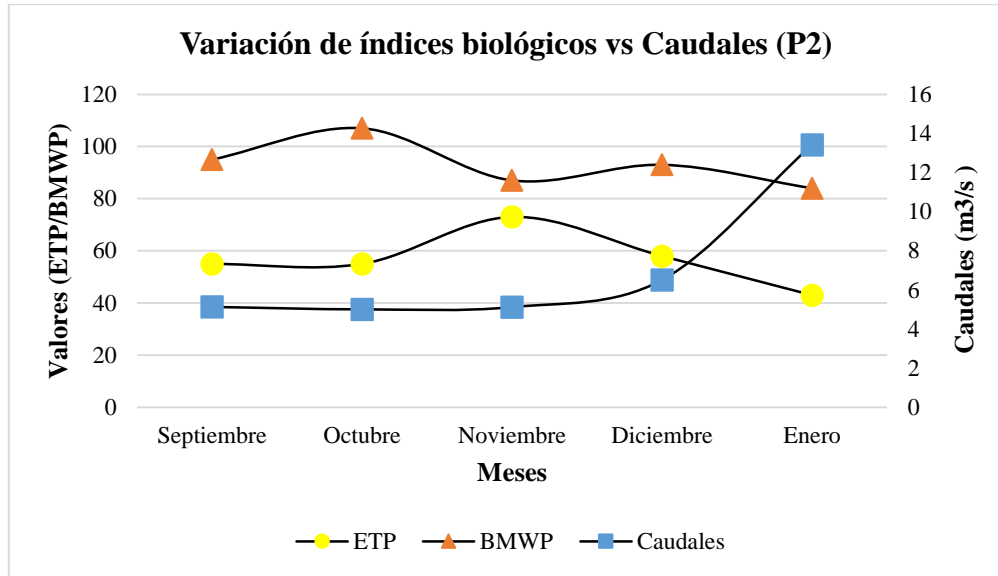
Como se puede observar en la figura anterior, en los meses en los que el caudal empieza a aumentar, el valor de los índices ETP y BMWP empiezan a disminuir; esta tendencia se ve marcada en el mes de enero

Tabla 23: Resultado de índices vs caudales punto 2

Variación de índices biológicos vs caudal punto 2			
Meses	ETP	BMWP	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
Septiembre	55	95	5,132
Octubre	55	107	5,008
Noviembre	73	87	5,124
Diciembre	58	93	6,512
Enero	43	84	13,423

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Figura 17:** Variación de índices biológicos vs caudales



Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

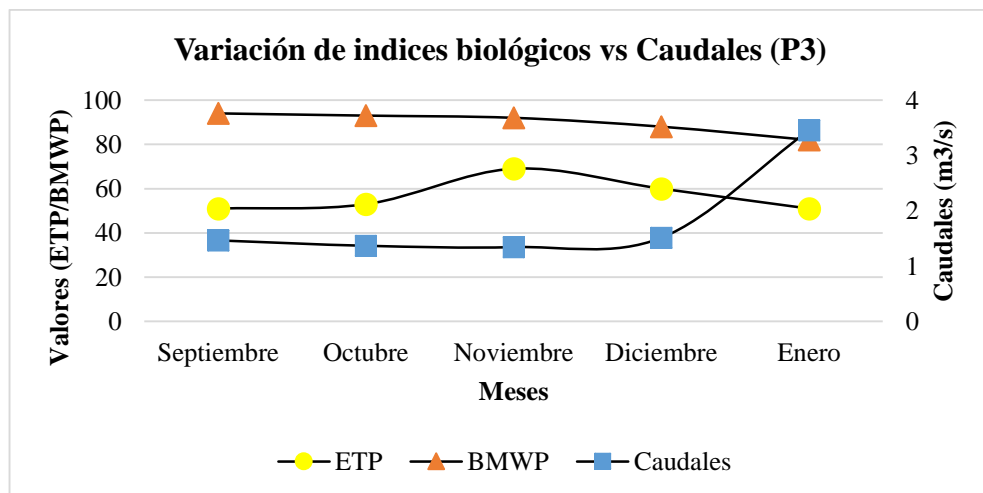
Al igual que en el punto anterior, la tendencia se mantiene; es decir, existe una disminución del valor de los índices biológicos respecto al aumento del caudal.

**Tabla 24:** Resultado de índices vs caudales punto 3

Meses	ETP	BMWP	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
Septiembre	51	94	1,465
Octubre	53	93	1,368
Noviembre	69	92	1,344
Diciembre	60	88	1,512
Enero	51	82	3,456

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Figura 18:** Variación de índices biológicos vs caudales



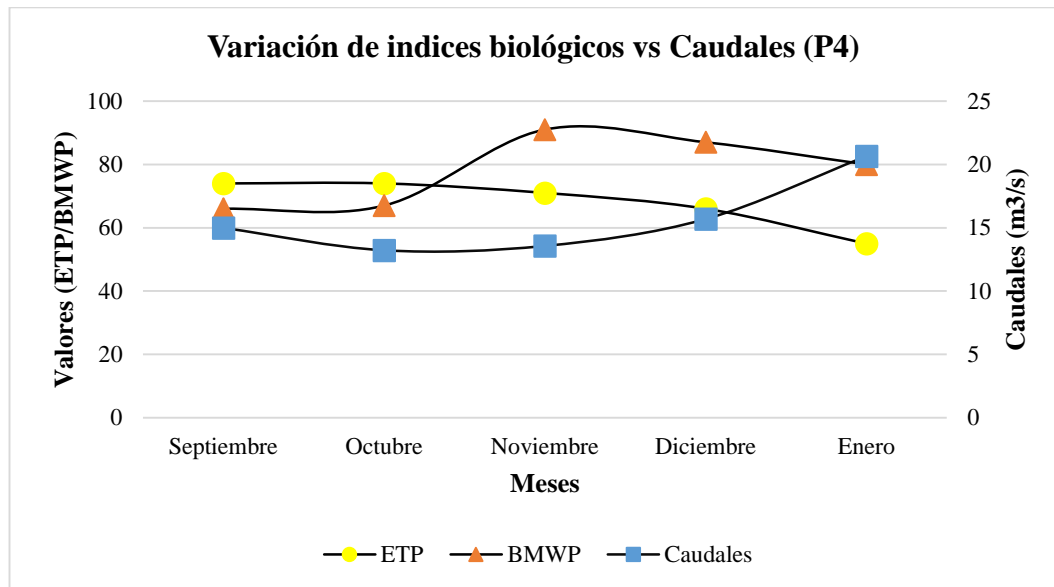
Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

A mayor caudal las tendencias se mantienen al igual que en los puntos anteriores.

**Tabla 25:** Resultado de índices vs caudales punto 4

Variación de índices biológicos vs caudal punto 4			
Meses	ETP	BMWP	Caudales (m <sup>3</sup> /s)
Septiembre	74	66	14,99
Octubre	74	67	13,224
Noviembre	71	91	13,567
Diciembre	66	87	15,687
Enero	55	80	20,645

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Figura 19:** Variación de índices biológicos vs caudales

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Al igual que en los puntos 1, 2 la tendencia entre el aumento del caudal y la disminución del valor de los índices biológicos se mantiene en los puntos 3 y 4.

### 11.6. Índice de calidad del agua NFS

**Tabla 26:** Resultado de ICA NFS de los 2 meses de estudio

Variación ICA NFS						Excelente: 91-100
Meses	Fecha	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Buena: 71-90
Octubre	28/10/2017	80,05	80,43	78,90	72,98	Media: 51-70
Enero	20/01/2018	71,55	78,55	79,27	78,74	Mala: 26-50
						Muy mala: 0-25

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

En la tabla se observa, que en el mes de octubre la puntuación disminuye en el punto 4; en el mes de enero se registra, una disminución en la calificación en el punto 1, en los demás puntos el valor se mantiene; las calificaciones del ICA se conservan entre 71 y 90 lo que establece, una categoría de calidad de agua buena, por lo tanto, no se evidencia una variación en calidad.

### **Resumen de resultado**

Según se observa en la figura 13, el valor del índice ETP tiende a disminuir según avanza la época lluviosa; en la mayoría de puntos y fechas, las condiciones se mantienen en buen estado según el valor del índice, solo en el punto 1 y 2 pasa de buen estado a regular en el mes de enero.

En el caso del BMWP, los valores del índice en todos los puntos y fechas se conservan en un rango correspondiente a calidad de agua aceptable según se evidencia en la figura 15; solo en el mes de enero en el punto 1 el valor del índice BMWP se corresponde a una calidad de agua dudosa.

Según el índice de Shannon, el cual estima el estado de la calidad basándose en la diversidad de las especies, la tendencia se mantiene similar a los índices antes mencionados, es decir, en todos los puntos y fecha los valores corresponden a agua limpia disminuyendo solo en el mes enero en el punto 1 a un agua ligeramente contaminada.

En relación a la variación de los índices BMWP y ETP respecto al caudal, se puede observar que en los puntos 1,2 y 3 (figura 16,17 y 18, respectivamente), existe una tendencia marcada al inicio de la época de lluvia, es decir, según aumenta el caudal, los valores de dichos índices tienden a disminuir llegando a valores correspondientes a calidad de agua regular o dudosa. En el caso del punto 4, la relación entre el caudal y el valor del índice ETP es similar a la de los otros puntos; sin embargo, esta tendencia es distinta en el índice BMWP en donde los valores más bajos corresponden a los primeros meses de muestreo es decir los meses de septiembre y octubre.

Además de medir parámetros biológicos, también se midieron parámetros fisicoquímicos para la aplicación del índice ICA NFS; como se puede observar en la tabla 26, solo se realizaron muestreos en dos fechas, octubre y enero, donde se obtuvieron valores correspondientes a agua de buena calidad en todos los puntos.

En relación a los valores de los índices ETP y BMWP respecto al caudal en el mes en donde se registraron los menores caudales, correspondiente al mes de octubre, se observa que los valores de dichos índices corresponden a un buen estado de calidad de agua según ETP y a calidad de agua aceptable en BMWP; sin embargo, realizando un análisis de los valores numéricos del índice ETP, se observa que existe una ligera disminución en este valor entre el área de influencia directa (punto 3) de la hidroeléctrica y los puntos muestreados antes de la captación de la misma, según se puede observar en la tabla 19.

En cuanto al mes de máximos caudales, correspondientes al mes de enero, se observa que el valor del ETP en el punto 1 y 2 corresponde a agua de calidad regular mientras que en la misma fecha en el punto 3 correspondiente al área de influencia directa, este valor corresponde a agua de buena calidad. Respecto al índice BMWP, el valor en el área de influencia directa de la hidroeléctrica (punto 3), corresponde a una calidad de agua aceptable; mientras que en el punto 1 el valor del índice en esa misma fecha, corresponde a una calidad de agua dudosa y en el punto 2 una calidad de agua aceptable.

En el índice de Shannon con respecto al mes de octubre se evidencia que los valores entre los puntos 1 y 2 en relación con el punto 3 que corresponde al área de influencia directa, el índice se mantiene con valores semejantes; en enero el valor del índice en el punto 1 disminuye con respecto al punto 3 (área de influencia directa), mientras tanto en el punto 2 mantiene una similitud con el punto 3.

### 11.7. Comparación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con límites máximos permisibles del libro VI del TULSMA.

**Tabla 27:** Resultados de los parámetros obtenidos en los meses de (octubre 2017 y enero 2018) comparados con el TULSMA

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario											
Parámetros	Expresado como	Unidades	Punto1 San José		Punto2 Chuquiragua		Punto3 Calope		Punto4 Calope		Límite máximo permisible
			octubre	enero	Octubre	enero	octubre	enero	octubre	enero	Agua dulce
Oxígeno Disuelto	O.D.	% saturación	97,9	102,4	89,2	101,7	94,8	100,9	89,2	101,4	> 80
Potencial de hidrógeno	pH	unidades de p H	7,73	7,59	7,5	7,71	8	7,56	8	7,8	6,5-9
Temperatura	°C		20,95	23,7	22,45	22	22,5	22,3	21	23,2	Condicione s naturales Máxima 32
Nitratos	N O3	mg/l	0,12	0,04	0,31	0,16	0,10	0,13	0,09	0,08	13
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	NMP/100 ml	77	60	56	54	50	56	44	43	200
Turbidez	NTU	NTU	0,98	52,2	1	0,93	3,90	3,89	3,50	3,47	5*
Sólidos disueltos totales	SST	mg/l	67	370	65	61	58	63	74	75	500*

\* valor máximo permisible para aguas destinada a consumo humano y doméstico que para su potabilización solo requieren de desinfección.

\* Estándares secundarios para agua potable según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Tabla 28** Criterios de Calidad para la DBO5

<b>CRITERIOS DE LA CALIDAD ADMISIBLE DE LA DBO5 PARA LA PROTECCION D ELA VIDA ACUÁTICA</b>										
Objetivos de calidad	DBO5 (mg/l)	Condición de la vida acuática	Punto1 San José		Punto2 Chuquiragua		Punto3 Calope		Punto4 Calope	
			octubre	Enero	octubre	enero	octubre	enero	octubre	enero
I	1	Vida acuática no impactada								
II	1-2	Vida acuática no impactada	<b>1,42</b>	<b>1,6</b>	<b>2,48</b>	<b>2,67</b>	<b>1,87</b>	<b>2,37</b>	<b>5,74</b>	<b>5</b>
III	2-6	Vida acuática con impacto moderado								

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Según se puede comprobar en las tablas anteriores, en los dos meses (octubre y enero) y en los 4 puntos, los resultados de los parámetros oxígeno disuelto, pH, temperatura, nitratos y coliformes fecales cumplen con los límites máximos permisibles para mantener la vida acuática; en cuanto a los sólidos disueltos totales en el TULSMA no existe un límite máximo permisible para esta variable, así que se comparó con los estándares secundarios para agua potable según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), su valor máximo admisible es de 500 mg STD/l, por tanto en todas la fechas y puntos cumplen. En el caso de la turbidez no existe un límite máximo para la conservación de la vida acuática; sin embargo, comparando este valor con las condiciones de agua mas restrictivas correspondiente a la tabla 2 del libro VI del TULSMA “aguas destinada a consumo humano y doméstico que para su potabilización solo requieren de desinfección”, el cual determina un límite máximo permisible de 5 NTU, se puede comprobar que en el mes de enero en el punto 1 los valores no cumplen.

Respecto al contenido de materia orgánica (DBO5), en el punto 1 en el mes de enero y octubre, y en el punto 3 en el mes de octubre, el valor de DBO5 se encuentra dentro de un rango correspondiente a vida acuática no impactada; en los puntos 2, 3 y 4 los valores del DBO5 en el resto de fecha corresponden a vida acuática con impacto moderado.

## 11.8. IMPACTOS POSITIVOS

**Tabla 29:** Impactos del proyecto

PROYECTO	IMPACTOS GENERADOS DEL PROYECTO			OBSERVACIONES
	SOCIAL	ECONÓMICO	AMBIENTAL	
Evaluación de la variabilidad en la calidad y cantidad del agua mediante bioindicadores del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná.	La población del sector puede conocer el estado de la calidad del agua del río Calope en función de los índices biológicos ICA NFS y comparación de parámetros con el TULSMA en el área de influencia de la hidroeléctrica.	La aplicación de índices biológicos para identificar la calidad del agua tiene la misma similitud que los convencionales con parámetros fisicoquímicos que tienen un costo mayor.  El uso de índices biológicos disminuye costo.	Un buen estado de calidad de agua ayuda a conservar la vida acuática en el sector.  La conservación de un caudal mínimo en las épocas de sequía después del dique de la hidroeléctrica es fundamental.	Según los índices biológicos y el ICA NFS, la calidad de agua dentro del área de influencia directa de la hidroeléctrica no varían, mientras tanto que el caudal tiene una alta variación en tiempo y espacio.  De acuerdo con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, el resultado del DBO5 establece una condición de vida acuática con impacto moderado, en los tres puntos.
	Los resultados de las variaciones de caudales en cada punto ayudaran a comprender los cambios o modificaciones en cuanto a servicios eco sistémico que brinda el río Calope.		Los macroinvertebrados ayudan a evaluar la calidad de agua.	

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

## 12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 30: Presupuesto del proyecto

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. Unitario \$</b>	<b>Valor Total \$</b>
<b>Equipos</b>				
Computadora	2	u	300	600
Multiparámetro	1	u	-	-
GPS	1	u	100	100
Estereomicroscopio	2	u	-	-
Microscopio	2	u	-	-
Cámara digital	1	u	250	250
<b>Transporte y salida de campo</b>	10 viajes	u	10	160
Viajes /visita técnica a la Hidroeléctrica Enermax S.A.				
<b>Materiales y suministros</b>				
Cinta métrica	1	u	8	8
Flash Memory	1	u	16	16
Papel	2	Paquetes	5	10
Lápiz	2	u	1	2
Esfero	4	u	1	4
Mallas	2	u	3	6
Redes	2	u	5	10
Otros	-	-	-	20
<b>Material Bibliográfico y fotocopias.</b>				
Internet	200	Horas	1	200
Copias	400	u	0,05	20
Libreta de campo	2	u	3	6
Impresiones	200	u	0,15	30
<b>Gastos Varios</b>				
Alimentación	60	u	3	180
Hospedaje	10	u	10	200
EPP	2			
<b>Otros Recursos</b>				
Asesoría técnica	-	-	-	200
<b>Sub Total</b>				2022
<b>10%</b>				202,2
<b>TOTAL</b>				<b>2224.2</b>

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

### **Comprobación de la hipótesis**

En el estudio realizado se ratifica la hipótesis nula, que establece que la variabilidad en la calidad y cantidad del agua del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. no afecta la presencia/ausencia de macroinvertebrados ratificando con los índices biológicos y de calidad de agua. Debido a que la variabilidad de la cantidad en los puntos muestreados dentro del área de influencia directa no disminuye la presencia de macroinvertebrados según los índices biológicos (ETP y BMWP) por ende la calidad del agua se mantiene, aguas abajo del dique; los parámetros del ICA NFS, determinan una calidad de agua buena con una puntuación de 71 a 90 lo que establece una calidad de agua en buen estado, además el índice de Shannon, ratifica que los macroinvertebrados no disminuyen la diversidad de forma considerable, dentro del área de influencia directa de la Hidroeléctrica Enermax S.A.; con valores sobre 3 que corresponde a agua limpia.

### **13. CONCLUSIONES**

- ✓ La caracterización de los sitios de estudio permitió identificar que existe la presencia de poblados cercanos, aguas arriba del dique y alrededor del área de influencia directa de la hidroeléctrica por lo que se evidenció, que esta zona se encuentra intervenida por actividades antrópicas como: el avance de la frontera agrícola, ganadería bovina y porcícola, pesca, etc.
- ✓ Los macroinvertebrados que predominan en los 4 puntos de estudio son los órdenes: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; estos individuos tienden a disminuir al inicio de la época lluviosa, estas tres órdenes se encontraron en todos los muestreos y fechas.
- ✓ El índice biológico ETP, concluye que la calidad de agua dentro del área de influencia de la hidroeléctrica Enermax se mantiene en época seca en un valor que se considera de buena calidad en los 4 puntos, mientras que en enero el valor del índice disminuye en el punto 1 y 2 correspondiente a una calidad de agua regular; mientras que en el punto 3 y 4 la calidad se mantiene en buen estado en esa fecha.
- ✓ El índice BMWP establece que en los 4 puntos durante los meses de muestreo la calidad del agua se mantiene en un rango considerado como aceptable; solo en el mes de enero la calidad del agua varía en el punto 1, determinándose una calidad de agua en estado dudosa.

- ✓ En el índice de diversidad de Shannon en época seca en los puntos de muestreo, los valores se mantienen en un rango correspondiente a agua limpia; mientras que en el mes de enero el valor del índice disminuye en el punto 1, que según el índice define un agua ligeramente contaminada, esta variación pudo generar por el aumento del caudal.
- ✓ Como se pudo evidenciar en el análisis de resultados, existe una clara tendencia, entre la variación del caudal y de los índices biológicos, de manera que en la mayoría de casos, al inicio de la época de lluvia cuando el caudal aumenta, los valores de los índices ETP y BMPW disminuyen llegando a valores de calidad de agua regular o dudosa, respectivamente. Esta situación puede ser debida a los siguientes factores:
  - Debido a que al inicio de la época de lluvia puede haber arrastres de material suspendidos o disueltos, las condiciones de calidad de agua pueden disminuir, alterando las condiciones del medio acuático, provocando condiciones adversas para el desarrollo normal de los macroinvertebrados.
  - Otro factor a tener en cuenta, es que dicha condición puede estar relacionada con los hábitos de los individuos perteneciente a cada familia de macroinvertebrados, debido a que en la mayoría de los casos estos organismos desarrollan las primeras fases de su vida en el medio acuático y salen del mismo para desarrollar su vida adulta, razón por la cual el número y tipo de individuos tienden a disminuir.
  - Debido a las condiciones adversas que pueden presentarse a inicios de época lluviosa, cuando el caudal aumenta, las condiciones de muestreo también se dificultan debido a que no es posible acceder a todos los puntos del río como en la época seca, lo que pudo ocasionar que la recolección de organismos no se pudo realizar adecuadamente.
- ✓ Respecto a la incidencia de la hidroeléctrica en el mes más seco en el tramo de río estudiado, se pudo observar que los valores del índice ETP se mantienen en un rango de buena calidad; sin embargo, si existe una pequeña disminución en el valor del índice aguas abajo de la obra de captación de la hidroeléctrica; por lo que se concluye que no existe una alteración considerable en la calidad del agua en este tramo del río.
- ✓ En relación al índice BMWP en el mes más seco, se determina que el estado de la calidad de agua se mantiene en un rango aceptable, tanto aguas arriba de la captación como en el punto 3 correspondiente al área de influencia directa de la hidroeléctrica; del mismo modo, los valores del índice de Shannon, se mantiene valores correspondientes a agua limpia tanto aguas arriba como aguas abajo de la obra de captación.

- ✓ Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados correspondientes a oxígeno disuelto, pH, temperatura, nitratos y coliformes fecales, cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la tabla 3 libro VI del TULSMA, relacionado a la conservación de la vida acuática; en el caso de la turbidez, debido a que este parámetro no existe en la tabla 3, se comparó con la tabla 2 del Anexo 1 del libro VI del TULSMA, correspondiente a agua para consumo humano que requiere solo de desinfección, comprobando que este parámetro no cumple con dicha tabla en el mes de enero en el punto 1; esta variación se pudo generar debido al aumento de sólidos disueltos arrastrados por la escorrentía superficial, ya que en este mes se pudo evidenciar un cambio notable en el color del agua.
- ✓ El ICA NFS establece que la calidad del agua se mantiene en todas las fechas y puntos, con una mínima variación en la puntuación en el mes de enero, esto se pudo generar por el alto valor que se registró en la turbidez y sólidos disueltos totales.

#### **14. RECOMENDACIONES**

- ✓ Las autoridades encargadas de controlar las actividades de producción como la ganadería, agricultura, crianza de porcinos, etc., deben mantener una mayor vigilancia de sus derechos y obligaciones, considerando que se encuentran el límite de los cantones Pangua y La Maná. Los pequeños recintos que se encuentran dentro de la unidad hidrográfica y sus necesidades socio-económicas, de este estudio casi nunca son tomados en cuenta por ninguno de los GAD municipales, la correcta planificación y políticas de ordenamiento territorial evitarían la disminución de la calidad del agua del Calope.
- ✓ Conservar una vegetación nativa alrededor del cauce en el área de influencia de la hidroeléctrica Enermax a través de programas y proyectos de reforestación que deben ser monitoreados y controlados hasta su desarrollo total. Este tipo de actividades debe ser llevados a cabo por los responsables de la hidroeléctrica.
- ✓ Realizar una adaptación de un método orientado a bioindicadores acuáticos, acoplados a la realidad de cada región del país (costa, sierra y oriente) en especial para ríos de zonas subtropicales, este estudio serviría como base para dicho estudio.
- ✓ En cuanto a la relación que existe entre el aumento del caudal y la disminución de los valores de los índices biológicos, se expusieron algunas posibles hipótesis en las conclusiones, sin embargo, no fue posible establecer la causa o las causas concretas de

dicha tendencia, por lo que se recomienda que se tenga en cuenta el presente trabajo, para la realización de futuros estudios que busquen determinar los factores que influyen en dichos cambios.

- ✓ Realizar un estudio enfocado a la calidad del agua para el consumo humano dentro del área de influencia de la hidroeléctrica Enermax ya que después del dique de la misma existe una captación de caudal del río Calope para abastecer del recurso a la población de Quevedo.
- ✓ Mantener mayor control a la hidroeléctrica por parte de las autoridades competentes en especial en época de estiaje cuando el caudal disminuye, con el propósito de forjar el cumplimiento con la ley, que establece mantener un caudal ecológico con parámetros de calidad y cantidad que permitan acercarse a una conservación de vida acuática en condiciones naturales.
- ✓ Debido a que, en la normativa relacionada a la gestión de recurso hídrico, no existe una metodología técnica para la determinación del caudal ecológico, la cual solamente fija un 10% del caudal multianual, se recomienda que se realicen estudios enfocados en aspectos tanto hidrológicos como bióticos para establecer un caudal ecológico acorde con las condiciones naturales de los ríos.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta R., Hampel H., González H., Mosquera P., Sotomayor G., y Galarza X. (2014). *Protocolo de evaluación de la calidad biológica de los ríos de la región austral del Ecuador*. Obtenido de ETAPA EP, SENAGUA - DHS. Universidad de Cuenca Programa PROMETEO de la SENESCYT.
- Baeza Domingo. (2012). *Fundación Nueva Cultura del Agua*. Obtenido de <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/el-rio-como-ecosistema>
- Baruth Edward. (2005). *Water Treatment Plant Design*. (I. 0-07-14187272-5, Ed.) Chicago: Technical Editor.
- Cardenas Jorge. (2005). *Turbiedad*. Obtenido de Repositorio: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4326/1/03%20RNR%20191%20TESIS.pdf>
- Carrera Gabriela. (Junio de 2011). *Métodos Biológicos*. Recuperado el 20 de Junio de 2017, de Repositorio Espe: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3702/1/T-ESPE-031368.pdf>
- Carvajal Xavier. (Enero de 2017). *Marco Legal*. Obtenido de Escuela Politecnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16996/3/CD-7573.pdf>
- CEPAL. (sf de 2012). *DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR*. Recuperado el 12 de Junio de 2017, de

<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20Ilic%202012-2.pdf>

- Crites, R., Middlebrooks, J., & Reed, S. (2006). *Natural wastewater treatment systems*. London: Taylor & Francis Group.
- De la Lanza, et al. (2000). *Organismos Indicadores de la Calidad de Agua y la Contaminación*. México.
- Drinan & Spellman. (2012). *Water and wastewater treatment: A guide for the nonengineering*. United States of America: CRC Press.
- Espinosa, A. (Junio de 2014). *Caracterización preliminar de dos Microcuencas en el cantón Zaruma y elaboración de propuesta de seguimiento de la calidad de agua*.
- Esquivel Gabriela. (2012). *El uso del agua en el sector energético*. Obtenido de Repositorio Institucional UTC : <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1577>
- Fiallo & Mosquera. (Abril de 2016). *Distribución del agua e Importancia en el Medio Ambiente*. Obtenido de Repositorio UTC: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2685/1/T-UTC-00221.pdf>
- Gabriela, P. (2012). El agua virtual: conceptos e implicaciones. *Orinoquia*, 70.
- García Marta & Sánchez Félix. et al. (2010). *El Agua*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>
- García, M & Sánchez, F. et al. (2010). *El Agua*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>
- Gil Manuel. (2004). *Procesos de descontaminación de aguas: cálculos avanzados informáticos*. (I. 1. 9788497323574, Ed.) Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Guzmán & Arellano . (2011). *CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA*.
- Hellawell Alan. (2002). *Índice BMWP*. Obtenido de Miliarium : <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm#Biologicos>
- Hernández Ivonne. (Diciembre de 2014). La calidad del agua en los ríos de México. *Impluvion*, pág. 7.
- Huertas Diego. (Noviembre de 2014). *Índices de calidad de las aguas*. Recuperado el 20 de Junio de 2017, de Repositorio.UTE: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf)
- Litoral, U. N. (2012). *Programa Nacional Olimpiada de Geografía de la República Argentina*. Obtenido de <http://www.fhuc.unl.edu.ar/olimpiadageo/2012/B%20-%202012/171-218%20-%20Hidrosfera%201.pdf>
- Miliarium. (2004). *Los índices biológicos* . Recuperado el 23 de Junio de 2017, de Miliarium: <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm#Biologicos>
- Moreno Marta. (Julio de 2008). *Variabilidad del agua*. Obtenido de Repositorio UPN: [www.repositorio-UPN.edu.ec](http://www.repositorio-UPN.edu.ec)
- Nuez Daril. (2012). *Organismos Bioindicadores Ambientales*. *Vix*, 3.

- Pacheco & Toapanta. (Julio de 2015). *Contaminación del agua*. Obtenido de Repositorio Institucional UTC: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2681>
- Rodriguez Santiago. (2010). *Manejo de Recursos Hídricos*. Colombia: Philips.
- Roldán Gabriel. (2003). *Los macroinvertebrados*. Obtenido de BDIGITAL.UNAL: [http://www.bdigital.unal.edu.co/2177/5/43615961.2009\\_5.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/2177/5/43615961.2009_5.pdf)
- Sierra Ramírez. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. (I. 9789588692067, Ed.) Medellín: Universidad de Medellín.
- Siquiche & Rocano. (Diciembre de 2014). *Importancia del caudal en el río*. Obtenido de Repositorio Digital-UPS: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7932>
- Soria Ismael. (Octubre de 2016). *Servicios de los ecosistemas fluviales*. Recuperado el 6 de Junio de 2017, de Repositorio EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16736>
- Tercedor Alba. (22 de Julio de 1996). *Índice ETP*. Obtenido de Revista Iberoamericana de Ciencias: [repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/222/.../03%20REC%20125%20TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/222/.../03%20REC%20125%20TESIS.pdf)
- Torres Patricia . (2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES*. *Scielo*, 4-5.
- Viky Gonzales et al. (01 de Mayo de 2013). *Índice de Calidad de Agua*. Obtenido de NFS: [https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Ftesis.udea.edu.co%2Fdspace%2Fbitstream%2F10495%2F7857%2F1%2FAguirreNestor\\_2013\\_AplicacionIndicesCalidad.pdf&h=ATMoQRbmBLUuEMV-g7n8jJcqnPFKwU1HCPYKUGbIkBUBnTFkoG97rVhuh7FBUOckMTB0YiPaDa3cvKbkbo1oNa7Arpn3CCPJv2vtm](https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Ftesis.udea.edu.co%2Fdspace%2Fbitstream%2F10495%2F7857%2F1%2FAguirreNestor_2013_AplicacionIndicesCalidad.pdf&h=ATMoQRbmBLUuEMV-g7n8jJcqnPFKwU1HCPYKUGbIkBUBnTFkoG97rVhuh7FBUOckMTB0YiPaDa3cvKbkbo1oNa7Arpn3CCPJv2vtm)
- Villareal Willam. (Febrero de 2015). *Sólidos*. Obtenido de Repositorio : <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4326/1/03%20RNR%20191%20TESIS.pdf>

## 16. ANEXOS

### Anexo 1: Aval de traducción del centro de idiomas



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del Proyecto de Titulación al Idioma Inglés presentado por los señores estudiantes: GUAROCHICO ALOMOTO MARIA PAULINA y GUSHCA AYALA ANGEL ROLANDO, cuyo título versa “EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES DEL RÍO CALOPE, EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA HIDROELÉCTRICA ENERMAX S.A. DEL CANTÓN LA MANÁ. ”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, febrero del 2018


Atentamente,

  
Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg.  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 0501801252



CENTRO  
DE IDIOMAS

**Anexo 2: Permiso de investigación de la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi**



Ministerio  
del Ambiente

AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

N° 04-17 IC-FAU-FLO-DPAC/MA

**FLORA                      FAUNA X**

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere La Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

Investigador	C./I/ Pasaporte	Nacionalidad
María Guarochico	050398092-2	Ecuatoriano
Ángel Guishca	050330087-3	Ecuatoriano

Para que lleven a cabo la investigación "Evaluación de la calidad y variabilidad del agua mediante bioindicadores del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del cantón La Maná".

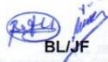
**De acuerdo a las siguientes especificaciones:**

1. Solicitud de: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos.
2. Valoración técnica del proyecto: Dra. Bety Leiton, Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi
3. Auspicio de Institución Científica Extranjera: Ninguna.
4. Auspicio de Institución Científica Nacional: Universidad Técnica de Cotopaxi.
5. Contraparte del Ministerio del Ambiente: Coordinadora de Patrimonio Natural de esta Dirección Provincial y Administrador de la Reserva Ecológica Los Ilinizas.
6. Complementos Autorizados de la Investigación:
  - 6.1 Colección de Muestras Fauna: Macroinvertebrados.
7. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin el correspondiente permiso que deberá obtenerse en la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi, tampoco habilita la **EXPORTACIÓN**, permiso que es emitido por la Dirección Nacional de Biodiversidad-Ministerio del Ambiente.
8. Estas muestras no podrán ser utilizadas en cualquier actividad de bioprospección ni acceso a recurso genético sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente.
9. De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
10. Duración: 27 de octubre del 2017 al 26 de octubre del 2018.

**Obligaciones del Investigador:**

11. SE COMPROMETE A DEPOSITAR DUPLICADOS DE LAS COLECCIONES DE ESTA INVESTIGACIÓN EN UNA UNIDAD DE MANEJO AUTORIZADA POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE: INSTITUTO NACIONAL DE BIODIVERSIDAD.
12. ENTREGAR 2 (DOS) COPIAS DEL INFORME FINAL, EN LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI DONDE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN, EN ESPAÑOL, IMPRESO Y DIGITAL EN FORMATO PDF.
13. ENTREGAR LA LOCALIZACIÓN EXACTA DE LAS MUESTRAS DE FAUNA COLECTADAS U OBSERVADAS Y UNA COPIA DE LAS FOTOGRAFÍAS QUE FORMEN PARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN FORMATO DIGITAL A LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI.
14. EL PLAZO DE ENTREGA DEL INFORME VENICE EL 26 DE OCTUBRE DEL 2018.
15. ENTREGAR A LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI EL CERTIFICADO DEL DEPÓSITO DE LAS MUESTRAS EMITIDA POR UNA INSTITUCIÓN CIENTÍFICA ECUATOTIANA DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO.
16. CUMPLIR CON TODOS LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS POR NUMERALES EN LA PARTE POSTERIOR DE ESTA AUTORIZACIÓN.

Del cumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 11, 12, 13, 14, 15, 16, se responsabiliza a: María Guarochico, Ángel Guishca y Patricio Clavijo.



BLJF

**La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.**



**OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:**

17. SE AUTORIZA LA INVESTIGACIÓN EN: PARROQUIA LA ENVIDIA, CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.
18. SE AUTORIZA LA COLECCIÓN DE MUESTRAS DE FAUNA CON EL PROPÓSITO DE:
  - a. Evaluar la calidad y variabilidad del agua mediante bioindicadores del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A., cantón La Maná.
19. SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN:

EQUIPO	MATERIALES
Computadora	Red Surber
GPS	Red manual
Multiparámetro	Alcohol al 70%
Estereomicroscopio	Frascos de plástico de 50 ml.
Microscopio	Agua destilada
Molinete hidráulico	Tiras de ph
Cámara digital	Termómetro
	Pinzas
	Tijeras
	Lupa
	Cooler

20. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERÁN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO. FAUNA: DESDE EL NÚMERO 01-04-17 IC-FAU-FLO-DPAC/MA HASTA EL NÚMERO INDETERMINADO-04-17 IC-FAU-FLO-DPAC/MA. BASADO EN LA SOLICITUD DE INVESTIGACIÓN.
21. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
22. EN EL CASO DE ENCONTRARSE NUEVAS ESPECIES, DEBERÁ NOTIFICARSE A LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DE COTOPAXI LA DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE ADJUNTANDO LA RESPECTIVA PUBLICACIÓN. DE ACUERDO A LO ESPECIFICADO EN EL NUMERAL 13 DE ESTA AUTORIZACIÓN.
23. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN.
24. LOS RESULTADOS DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERAN SER ENTREGADOS AL MINISTERIO DEL AMBIENTE CONFORME LO ESTABLECE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE.
25. NINGÚN ESPÉCIMEN PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN PODRÁ SER UTILIZADO PARA USO COMERCIAL O COMO MATERIAL PARA MANEJO INSITU / EXSITU, SIN LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
26. ESTAS MUESTRAS NO PODRÁN SER UTILIZADAS EN CUALQUIER ACTIVIDAD DE BIOPROSPECCIÓN NI ACCESO GENÉTICO SIN LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
27. PARA EL INGRESO A ÁREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERÁN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
28. PARA LA MOVILIZACIÓN DE TODOS LOS EJEMPLARES COLECTADOS EN ESTA AUTORIZACIÓN EL INVESTIGADOR, DEBERÁ CONTAR CON LA RESPECTIVA ORDEN DE MOVILIZACIÓN EMITIDA POR LA DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI.
29. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.
30. SE SOLICITARÁ PRÓRROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
31. EL REGISTRO DE LA LOCALIZACIÓN EXACTA DE LOS ESPECÍMENES COLECTADOS U OBSERVADOS ASÍ COMO FOTOGRAFÍAS, INFORME PARCIAL O FINAL DEBERÁ SER ENTREGADO EN FORMATO DIGITAL PDF, PARA SU INGRESO AL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (INCLUYENDO INFORMACIÓN SOBRE LAS COORDENADAS GEOGRÁFICAS) Y PARA LA PÁGINA WEB DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE.
32. TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS DE ACUERDO A LA CODIFICACIÓN A LA LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DEMAS NORMATIVA PERTINENTE.
33. TASA POR AUTORIZACIÓN: 20 VEINTE DÓLARES DEPOSITADOS CON REFERENCIA No. 679156243 DEL 27 DE OCTUBRE DEL 2017 EN BANEQUADOR CUENTA 0010000785.

  
 Ing. Daniela Isabel Culqui Pesantez  
 DIRECTORA PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE COTOPAXI

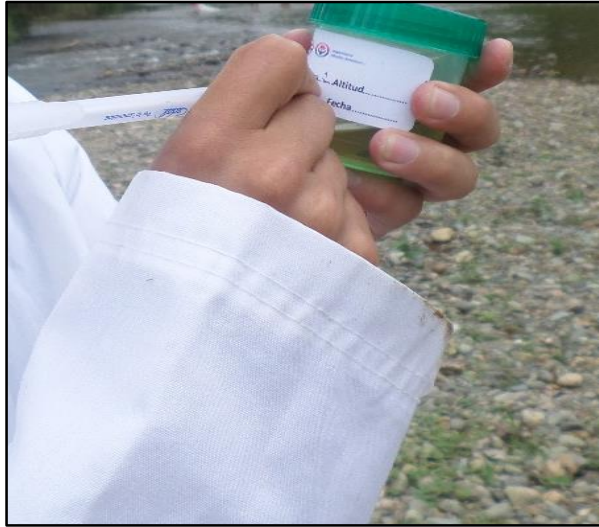
BL 27/10/17  
 CC: Coordinadora de Patrimonio Natural / Administrador de la Reserva Ecológica Los Ilinizas

**La falta de entrega de los resultados finales en los formatos indicados será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar con las actividades de investigación en el país.**

## Anexo 3: Fase de campo

<b>Punto 1. río San José- sector San José de los Esteros</b>	
	
Aforo en el punto 1	Etiquetado de las muestras de agua
	
Toma de parámetros insitu Potencial de Hidrógeno	Muestro de macroinvertebrados
	
Punto 1 en el mes de enero	Equipos usados para medir parámetros in situ (multiparámetro y turbidímetro)

**Punto 2. río Chuquiragua – sector Los Laureles**



Etiquetado de envases (macroinvertebrados)



Aforo punto 2 río Chuquiraguas

**Punto 3. río Calope- sector Las Peñas**



Toma de la temperatura in situ



Análisis de la turbidez in situ

**Punto 4. río Calope- sector La Envidia**



Descarga del caudal autorizado de Enermax S.A



Aforo en el punto 4

**Anexo 4:** Fase de Laboratorio

Identificación de las muestras etiquetadas



Identificación de macroinvertebrados

**Anexo 5:** Registro fotográfico de macroinvertebrados identificados

	<p><b>Orden:</b> Heterópteros  <b>Familia:</b> Naucoridae  <b>Características:</b> Miden entre 5 y 12 mm, su cuerpo es ovalado, su cabeza triangulada y robusta y tienen sus patas anteriores ensanchadas.  <b>Hábitat:</b> La mayoría de especies viven en aguas lóxicas, pero también hay otras que viven en aguas lénticas.</p>
	<p><b>Orden:</b> Odonatos  <b>Familia:</b> Coenagrionidae/Libellulidae  <b>Características:</b> Miden entre 14 y 20 mm, tiene agallas caudales y abdominales en forma de lóbulos muy desarrollados; no posee ganchos dorsales.  <b>Hábitat:</b> Viven sobre residuos de troncos y vegetales en descomposición. Se encuentran en zonas sombreadas rodeadas de bosque primario o secundario.</p>
	<p><b>Orden:</b> Díptera  <b>Familia:</b> Blephariceridae (larva).  <b>Características:</b> Miden entre 7 y 8 mm, tienen el cuerpo segmentado y poseen ventosas ventrales para adherirse a las rocas.  <b>Hábitat:</b> Viven en aguas lóxicas, sobre cascadas y rocas.</p>

	<p><b>Orden:</b> Díptera  <b>Familia:</b> Tabanidae (larva).  <b>Características:</b> Miden entre 20 y 40 mm, su capsula cefálica esta débilmente esclerotizada y es retráctil, presentan un sifón respiratorio terminal, poseen anillos con pequeños tubérculos en el abdomen y pueden tener pseudopatas.  <b>Hábitat:</b> Viven tanto en aguas lénticas como lóxicas donde hay abundante materia orgánica en descomposición.</p>
	<p><b>Orden:</b> Díptera  <b>Familia:</b> Tipulidae (larva).  <b>Características:</b> Tiene la capsula cefálica retráctil, metida completa o incompletamente dentro del tórax, presenta segmentación abdominal y espiráculos terminales rodeador por lóbulos carnosos.  <b>Hábitat:</b> Normalmente viven en los sedimentos, entre las hojas del fondo de corrientes o en el material vegetal en descomposición.</p>
	<p><b>Orden:</b> Trichóptera  <b>Familia:</b> Hydropsychidae (larva).  <b>Características:</b> Poseen branquias ramificadas en el abdomen y tienen su piel densamente cubierta de setas y pelos cortos.  <b>Hábitat:</b> Viven en zonas de corrientes moderadas a fuertes y suelen ser muy abundantes.</p>
	<p><b>Orden:</b> Ephemeropteros  <b>Familia:</b> Leptophlebiidae/ Baetidae  <b>Características:</b> Tienen cuerpos delgados y branquias en forma de láminas ovaladas; su cuerpo está modificado para nadar.  <b>Hábitat:</b> Viven en aguas rápidas, agarradas a las piedras, troncos, hojas o vegetación sumergida.</p>
	<p><b>Orden:</b> Díptera  <b>Familia:</b> Simuliidae  <b>Características:</b> Miden de 3 a 15 mm, tiene su cuerpo en forma de botella, poseen una pseudopatas; posee un anillo anal con ganchos diminutos y tiene papilas anales.  <b>Hábitat:</b> Viven en zonas corrientosas, fuertemente adheridos al sustrato.</p>

	<p><b>Orden:</b> Díptera  <b>Familia:</b> Chironomidae (larva).  <b>Características:</b> Miden entre 2 y 10 mm, son alargados y cilíndricos, tiene la cabeza capsulada no retráctil y esclerotizada, poseen 2 pseudopatas en el protórax y prolongaciones en el último segmento abdominal.  <b>Hábitat:</b> Viven en aguas lóxicas y léxicas con abundante materia orgánica en descomposición.</p>
	<p><b>Orden:</b> Coleópteros  <b>Familia:</b> Elmidae  <b>Características:</b> Miden de 8 a 10 mm, la longitud de las antenas es menor que la cabeza, generalmente alargados, algunos son anchos y planos, su cuerpo tiene 9 segmentos, poseen un abdomen duro y tienen 2 ganchos anales sobre el opérculo.  <b>Hábitat:</b> Normalmente comparten hábitat con los adultos de la misma familia.</p>
	<p><b>Orden:</b> Coleópteros  <b>Familia:</b> Elmidae  <b>Características:</b> Miden entre 1 y 10 mm según la especie, su cabeza está metida en el protórax, se pueden confundir con la familia dryopidae, sin embargo, los elmidos tienen sus antenas alargadas.  <b>Hábitat:</b> Viven en aguas corrientosas, entre las rocas, musgos y troncos u orillas de las corrientes.</p>
	<p><b>Orden:</b> Plecópteros  <b>Familia:</b> Perlidae  <b>Características:</b> Miden entre 10 y 30 mm, tienen antenas muy largas, poseen agallas torácicas en la parte ventral, son de coloración amarillenta/café oscuro y tienen dos cercos.  <b>Hábitat:</b> Sobre rocas, troncos sumergidos, fondos pedregosos y restos de vegetación.</p>

	<p><b>Orden:</b> Neuróptera  <b>Familia:</b> Coridaliidae  <b>Características:</b> miden entre los 10 a 70 mm. Su coloración es por lo regular oscura. Se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y por tener un par de propatas anales.  <b>Hábitad:</b> viven en aguas de corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. En general, se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas.</p>
	<p><b>Orden:</b> Tricladida  <b>Familia:</b> Dugesiiidae  <b>Características:</b> Miden entre 2 y 4 cm. pertenece a los llamados gusanos planos o planarias (platelmintos).  <b>Hábitad:</b> Viven en aguas estancadas, en remansos de las quebradas o de poca corriente, la presencia aumenta con la contaminación orgánica. Son de nutrición omnívora y de simetría bilateral. Posee gran capacidad de regeneración. Es un depredador.</p>
	<p><b>Orden:</b> Isópoda  <b>Familia:</b> Oniscidea  <b>Características:</b> Miden entre 5 y 10 mm de largo, su cuerpo puede ser aplanado o delgado y alargado  <b>Hábitad:</b> Son bentónicos, es decir, viven sobre fondo del río.</p>
	<p><b>Orden:</b> Trichóptera  <b>Familia:</b> Philopotamidae (larva).  <b>Características:</b> Solamente tiene esclerotizado, tiene la cabeza alargada, no tiene branquias y su principal característica es su labro en forma de "T".  <b>Hábitad:</b> Viven de forma libre, en aguas con corriente o poca corriente, entre las rocas y las acumulaciones de hojarasca.</p>

	<p><b>Orden:</b> Sorbeoconcha  <b>Familia:</b> Hidrobiidae  <b>Características:</b> Los gasterópodos son un componente muy importante de las comunidades en ecosistemas acuáticos ya que juegan un rol vital en el procesamiento de la materia orgánica y detritos. Estos moluscos se alimentan generalmente de vegetales, detritos o del perifiton que cubre sustratos duros en los ríos, lagos y lagunas.  <b>Hábitad:</b> Viven en una gran variedad de cuerpos de agua desde arroyos calmos, lagunas, hasta ríos con fuertes corrientes.</p>
	<p><b>Orden:</b> Lepidoptera  <b>Familia:</b> Pyralidae  <b>Características:</b> Miden de 9 a 28 mm, poseen un par de patas segmentadas en cada segmento torácico, tienen 10 segmentos abdominales y poseen pseudopatas a veces reducidos a unos ganchos.  <b>Hábitad:</b> Viven tanto en aguas lénticas como lóticas, sobre la vegetación sumergida o fondos pedregosos.</p>




**Fuente:** Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados

**Anexo 6:** Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H <sub>2</sub> S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05

Fuente: TULSMA, Acuerdo Ministerial MAE 097-A

## Anexo 7: Resultados del índice NFS

Local:	SAN JOSÉ DE LOS ESTEROS	Fecha:	30/10/2017
Corpo Hídrico:	Río San José	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	80,17
Altitud (m):	432	Clasificación	Buena
Local:	LOS LAURELES	Fecha:	30/10/2017
Corpo Hídrico:	Río Chuquiragua	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	80,24
Altitud (m):	444	Clasificación	Buena
Local:	LAS PEÑAS	Fecha:	30/10/2017
Corpo Hídrico:	Río Calope C.E	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	78,60
Altitud (m):	427	Clasificación	Buena
Local:	LA ENVIDIA	Fecha:	30/10/2017
Corpo Hídrico:	Río Calope (despues de descarga de Enermax)	Hora:	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	72,96
Altitud (m):	252	Clasificación	Buena
   <span style="float: right;">7 / 8</span>			

Muestras de agua			
Local:	SAN JOSÉ DE LOS ESTEROS	Fecha:	22/01/2018
Corpo Hídrico:	Río San José	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	71,79
Altitud (m):	432	Clasificación	Buena
Local:	LOS LAURELES	Fecha:	22/01/2018
Corpo Hídrico:	Río Chuquiragua	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	78,76
Altitud (m):	444	Clasificación	Buena
Local:	LAS PEÑAS	Fecha:	22/01/2018
Corpo Hídrico:	Río Calope C.E	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	79,76
Altitud (m):	427	Clasificación	Buena
Local:	LA ENVIDIA	Fecha:	22/01/2018
Corpo Hídrico:	Río Calope (despues de descarga de Enermax)	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	CALOPE	ICA:	NSF
Ciudad:	LA MANÁ	Resultados:	78,82
Altitud (m):	252	Clasificación	Buena

Fuente: IQADATA (UISEK)

## Anexo 8: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL **SEK**

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Resultados de Análisis fisicoquímico y microbiológico**

Datos de las muestras de agua  
 Ciudad: La Maná  
 Río: Calope  
 Sector: La Maná  
 Estado: líquido

**Informe**

VARIABLES FISICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS		Fecha 30 de octubre del 2017			
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	77	56	50	44
pH	pH	7,73	7,5	8	8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5 en mg/ L	1,42	2,48	1,87	5,74
Nitratos	mg/L	0,12	0,31	0,10	0,09
Fosfatos	mg/L	0,09	0,08	0,08	0,10
Temperatura	°C	20,95	22,45	22,5	21
Turbidez	NTU	0,98	1	3,90	3,50
Sólidos disueltos totales	mg/ L	67	65	58	74
Oxígeno disuelto	mg/ L	7,37	8	7,12	6,73
Oxígeno disuelto	% saturación	97,9	89,2	94,8	89,2
Conductividad Eléctrica	us/cm	112,6	127,3	104	107,5

Responsable: Responsable del Laboratorio 



Dirección: campus Miguel de Cervantes (Carcabán), Ecuatoriales B&B 1,1 Km

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL **SEK**

**Resultados de Análisis fisicoquímico y microbiológico**

**Laboratorio De Procesos De La Facultad De Ciencias Ambientales**

Datos de las muestras de agua  
 Ciudad: La Maná  
 Río: Calope  
 Sector: La Maná  
 Estado: líquido

**Informe**

VARIABLES FISICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS		22 de enero del 2018			
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	60	54	56	43
pH	pH	7,59	7,71	7,56	7,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5 en mg/ L	1,78	2,86	2,87	4,26
Nitratos	mg/L	0,04	0,16	0,13	0,08
Fosfatos	mg/L	0,09	0,08	0,05	0,07
Temperatura	°C	23,7	22	22,3	23,2
Turbidez	NTU	52,2	0,93	3,89	3,47
Sólidos disueltos totales	mg/ L	370	61	63	75
Oxígeno disuelto	mg/ L	8,14	8,18	8,13	8,21
Oxígeno disuelto	% saturación	102,4	101,7	100,9	101,4
Conductividad Eléctrica	us/cm	82,5	125,7	117,2	112,7

Responsable: Responsable del Laboratorio 



Dirección: campus Miguel de Cervantes (Carcabán), Ecuatoriales B&B 1,1 Km

Fuente: Laboratorio de la facultad de medio ambiente (UISEK)

Anexo 9: Matriz de caracterización

Caracterización del sitio de Estudio Punto 1						
Registro de campo						
<b>Microcuenca:</b>	río San José	<b>Parroquia:</b>	La Maná	<b>Cantón:</b>	La Maná	
<b>Cuenca:</b>	río Calope	<b>Demarcación hidrográfica</b>	Guayas	<b>Sector:</b>	San José de los Esteros	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b>	703232	<b>Y:</b>	9891249	<b>Altitud:</b>	432
<b>Proyecto:</b>	Evaluación de la Variabilidad en la Calidad y Cantidad del Agua Mediante Bioindicadores del río Calope en el Área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del Cantón La Maná					
<b>Responsable:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Registro llenado por:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Fecha:</b>	02 de septiembre del 2017	<b>Hora:</b>	09 am	<b>Mes:</b>	septiembre	
<b>Uso del suelo predominante en los alrededores</b>						
Bosque	Urbano	<b>Topografía:</b>				
Rastrojo	Potrero <b>X</b>	Plana	Ondulada <b>X</b>	Quebrada		
Agricultura <b>X</b>	Otro:	<b>Número de viviendas:</b> 2				
Especificar cultivo(s)	<b>Número aproximado de personas:</b> 7					
Plátanos- Naranjas- Cacao	<b>Presencia de animales:</b>					
	Vacuno: <b>X</b>		Ovinos:		Equinos: <b>X</b> Porcinos:	
	<b>Carreteras:</b>					
Pavimentadas		2do.		3do. <b>X</b>		

Elaborado: Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Caracterización del sitio de Estudio Punto 2						
Registro de campo						
<b>Microcuenca:</b>	río Chuquiraguas	<b>Parroquia:</b>	La Maná	<b>Cantón:</b>	La Maná	
<b>Cuenca:</b>	río Calope	<b>Demarcación hidrográfica</b>	Guayas	<b>Sector:</b>	Los Laureles	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b>	703428	<b>Y:</b>	9890784	<b>Altitud:</b>	444
<b>Proyecto:</b>	Evaluación de la Variabilidad en la Calidad y Cantidad del Agua Mediante Bioindicadores del río Calope en el Área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del Cantón La Maná					
<b>Responsable:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Registro llenado por:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Fecha:</b>	02 de septiembre del 2017	<b>Hora:</b>	11 am	<b>Mes:</b>	septiembre	
<b>Uso del suelo predominante en los alrededores</b>		<b>Topografía:</b>				
Bosque <b>X</b>	Urbano	Plana	Ondulada <b>X</b>	Quebrada <b>X</b>		
Rastrojo	Potrero <b>X</b>	<b>Número de viviendas:</b> 1				
Agricultura <b>X</b>	Otro:	<b>Número aproximado de personas:</b> 3				
Especificar cultivo(s)		<b>Presencia de animales:</b>				
Naranjas – Cacao – Maíz - Melina		Vacuno: <b>X</b>	Ovinos:	Equinos: <b>X</b>	Porcinos:	
		<b>Carreteras:</b>				
		Pavimentadas	2do.	3do. <b>X</b>		

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Caracterización del sitio de Estudio Punto 3						
Registro de campo						
<b>Microcuenca:</b>	río Calope	<b>Parroquia:</b>	La Maná	<b>Cantón:</b>	La Maná	
<b>Cuenca:</b>	río Calope	<b>Demarcación hidrográfica</b>	Guayas	<b>Sector:</b>	Las Peñas	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b> 699616		<b>Y:</b>	9891044	<b>Altitud:</b>	427
<b>Proyecto:</b>	Evaluación de la Variabilidad en la Calidad y Cantidad del Agua Mediante Bioindicadores del río Calope en el Área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del Cantón La Maná					
<b>Responsable:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Registro llenado por:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Fecha:</b>	02 de septiembre del 2017	<b>Hora:</b>	14 pm	<b>Mes:</b>	septiembre	
<b>Uso del suelo predominante en los alrededores</b>		<b>Topografía:</b>				
Bosque <b>X</b>	Urbano	Plana	Ondulada <b>X</b>	Quebrada		
Rastrojo	Potrero <b>X</b>	<b>Número de viviendas:</b> 1				
Agricultura <b>X</b>	Otro:	<b>Número aproximado de personas:</b> 2				
Especificar cultivo(s)		<b>Presencia de animales:</b>				
Cacao – Naranjas		Vacuno: <b>X</b>	Ovinos:	Equinos: <b>X</b>	Porcinos:	
		<b>Carreteras:</b>				
		Pavimentadas	2do.	3do. <b>X</b>		

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

Caracterización del sitio de Estudio Punto 4						
Registro de campo						
<b>Microcuenca:</b>	río Calope	<b>Parroquia:</b>	La Maná	<b>Cantón:</b>	La Maná	
<b>Cuenca:</b>	río Calope	<b>Demarcación hidrográfica</b>	Guayas	<b>Sector:</b>	La Envidia	
<b>Coordenadas UTM</b>	<b>X:</b>	695816	<b>Y:</b>	9890016	<b>Altitud:</b>	257
<b>Proyecto:</b>	Evaluación de la Variabilidad en la Calidad y Cantidad del Agua Mediante Bioindicadores del río Calope en el Área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S.A. del Cantón La Maná					
<b>Responsable:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Registro llenado por:</b>	Guarochico Alomoto María Paulina y Guishca Ayala Angel Rolando					
<b>Fecha:</b>	02 de septiembre del 2017	<b>Hora:</b>	16 pm	<b>Mes:</b>	septiembre	
<b>Uso del suelo predominante en los alrededores</b>		<b>Topografía:</b>				
Bosque	Urbano	Plana	Ondulada <b>X</b>	Quebrada		
Rastrojo	potrero	<b>Número de viviendas:</b> 7				
Agricultura <b>X</b>	Otro:	<b>Número aproximado de personas:</b> 10				
Especificar cultivo(s)		<b>Presencia de animales:</b>				
Banano- Cacao- Naranja		Vacuno: <b>X</b>	Ovinos:	Equinos: <b>X</b>	Porcinos:	
		<b>Carreteras:</b>				
		Pavimentadas	2do.	3do. <b>X</b>		

**Elaborado:** Paulina Guarochico & Angel Guishca, 2018

**Anexo 10:** Curriculum Vitae de los estudiantes y tutor**CURRICULUM VITAE****Nombres:** María Paulina**Apellidos:** Guarochico Alomoto**Estado Civil:** Soltera**Lugar de nacimiento:** Cantón Sígchos**Dirección:** Parroquia Belisario Quevedo /Barrio Centro/Calle 24 de Mayo**Correo Electrónico:** paulinaguarochico@gmail.com**Telf.:** 0987903126**C.I.:**0503980922**FORMACION ACADÉMICA****Estudios Primarios**

Escuela Fiscal “Manuel Coello Peñaherrera”

**Dirección:** Cantón Sígchos/ Vía Las Pampas**Estudios Secundarios**

Colegio “Monseñor Leónidas Proaño”

**Dirección:** Calle Iberoamericana y México

Bachiller en Ciencias Sociales (Secundaria)

**Universitarios**

Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Dirección:** Latacunga-Salache

Ingeniera en Medio Ambiente.

### **CERTIFICADOS OBTENIDOS**

- ✓ Suficiencia en Inglés otorgado por la Universidad Técnica de Cotopaxi (Lenguaje Cultural Center).
- ✓ Certificado al Mérito Académico otorgado por la Universidad Técnica de Cotopaxi (Unidad de Bienestar Estudiantil).
- ✓ Participación en la Sesión N° 213 de la Comisión del Desarrollo Económico, Productivo y la Microempresa (Asambleísta por un Día).
- ✓ Por asesoramiento técnico para la obtención de Licenciamiento ambiental al proyecto Asociación De Voluntarios Operación “MOTOGROSSO”.
- ✓ Por el apoyo en el desarrollo en el evento “ARTE EN RECICLAJE” del centro ecológico verdeáte del GAD del cantón Salcedo.
- ✓ Asesoramiento técnico de licenciamiento ambiental en el proyecto “CANAL DE RIEGO JESÚS DEL GRAN PODER DE LA UNIVERSIDAD”.
- ✓ Asesoramiento técnico en la obtención de licencia ambiental categoría registro en el proyecto Supermercado MULTISA CAD.
- ✓ Por el aporte en el desarrollo en el programa LOS JUEGOS DEL RECICLAJE “THE RECICLAJE GAMES” 1era edición del GAD del cantón Salcedo.
- ✓ Asesoramiento técnico para permiso ambiental en el proyecto “TEAGRI” (Tecnología Agropecuaria Integral).
- ✓ Asesoramiento técnico para licenciamiento ambiental categoría certificado en el proyecto HONG KONG.
- ✓ “Foro Sudamericano Banco del Sur” (Una Alternativa a las Lógicas Globales Financieras).
- ✓ Inspector honorífico de la Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi (MAE).

**CURSOS Y SEMINARIOS RECIBIDOS**

N°	NOMBRE DE LOS CURSOS	HORAS
1	III CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL, FORESTAL Y ECOTURISMO.	40
2	TALLER PREPARATORIO Y ACTIVACIÓN AL EMPRENDIMIENTO COLECTIVO PROPONLE.	20
3	CAPACITACIÓN EN EL TEMA “GESTION AMBIENTAL MAE COTOPAXI	30
4	CAPACITACIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES “ENERGÍA MINI-EOLICA”	16
5	CAPACITACIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES “ ENERGIA Y CAMBIO CLIMATICO”	16
6	CURSO DE CAPACITACIÓN EN GESTIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL	40
7	SEMINARIO CULTURA, PATRIMONIO Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	16
8	TALLER SOBRE LA “METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA-ICA; MODELO DE INFERENCIA-ESTUDIO DE CASO MICROCUENCA DEL RÍO AMBI”	4
9	SEMINARIO “LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS DESAFÍOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO- VISIÓN 2040”	4
10	VIII ASAMBLEA GENERAL DE LA <b>REDCCA</b> , RED ECUATORIANA DE CARRERAS EN CIENCIAS AMBIENTALES.	40

### **EXPERIENCIA LABORAL**

Del 04/septiembre/2017 a 10/ febrero/2018

Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi (MAE)

Cargo ocupado: Pasante (Prácticas pre profesionales)

### **REFERENCIAS PERSONALES**

Ing. Mauricio Zambrano,

**Cargo actual:** Coordinador de la Unidad de Calidad Ambiental de la DPACOT

Latacunga-Cotopaxi

**Teléfono:** 0984643765

Abg. José Fierro

**Cargo actual:** Coordinador de la Unidad de Asesoría Jurídica del MAE

Latacunga-Cotopaxi

**Teléfono:** 0995570063



**ANGEL ROLANDO GUIISHCA AYALA**

14 DE AGOSTO DE 1991

3 DE MAYO, PUJILI, ECUADOR

Id: 050330087-3 / Cel: 0984701903 / Tel: 032-724-659

E-mail: [ang1991@hotmail.com](mailto:ang1991@hotmail.com) / [brooter@hotmail.com](mailto:brooter@hotmail.com)

## ESTUDIOS

<b>2018</b>	<b>Egresado:</b> Ingeniería en Medio Ambiente
<b>Latacunga -Ecuador</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi
<b>2010</b>	<b>Título:</b> Químico Biólogo
<b>Pujilí -Ecuador</b>	Colegio Experimental Provincia de Cotopaxi
<b>2006</b>	Educación Básica
<b>Guasaganda-Ecuador</b>	Escuela Ciudad de Asunción Malqui

## IDIOMAS

**Español:** Natal

**Inglés:** Intermedio

## ESTADO CIVIL

Soltero

## DOMINIO DE PROGRAMAS

Software ArcGIS, Microsoft Word, Excel, PowerPoint etc.

**EXPERIENCIA LABORAL****De 19/06/2017 a 24/11/2017 Pujilí-Ecuador****Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Pujilí**

Cargo ocupado: Pasante

Tareas realizadas:

- ✓ Manejo del Sistema único de Información Ambiental (SUIA)
- ✓ Registros Ambientales
- ✓ Informes de Cumplimiento Ambiental
- ✓ Plan de manejo Ambiental
- ✓ Plan de Acción
- ✓ Inspecciones Ambientales
- ✓ Estudio de Impacto Ambiental
- ✓ Dominio de TICS (ArcGIS)
- ✓ Transferencia de conocimientos (Capacitaciones)

**REFERENCIAS PERSONALES****Ing. Edgar Neto**

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pujilí

Director de Gestión Ambiental

Celular: 0998612124

**Lcdo. Edwin Navas**

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Pujilí

Líder de la Unidad de Control Ambiental y Desechos Sólidos

Celular: 0983463754

**FORMACIONES ADICIONALES E INTERESES**

- ✓ Proyecto de Investigación (Evaluación de la Calidad y Variabilidad del agua mediante bioindicadores del río Calope en el área de influencia de la Hidroeléctrica Enermax S. A. del Cantón La Maná)
- ✓ Gestión y Calidad Ambiental (Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi)
- ✓ III Congreso Internacional de Ingeniería Ambiental, Forestal y Ecoturismo (Universidad Técnica Estatal de Quevedo)
- ✓ Seminario Cultura, Patrimonio y Sostenibilidad Ambiental (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal San Cristóbal de Patate)
- ✓ Inspectores Honoríficos (Dirección Provincial del Ambiente de Cotopaxi)
- ✓ Energía y cambio climático (Programa de Creación de Capacidades en Energías Renovables)
- ✓ Energía Mini eólica (Programa de Creación de Capacidades en Energías Renovables)
- ✓ Energía Minihidráulica (Programa de Creación de Capacidades en Energías Renovables)
- ✓ Foro sobre el confort laboral desde el enfoque preventivo, por el día de la Seguridad e Higiene en el Trabajo (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social)
- ✓ Gestión Integral de Residuos Sólidos (Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos del GADM de Salcedo)
- ✓ Licencia tipo “C” (Escuela de Conductores Profesionales del Cantón Pujilí)

## CURRICULUM VITAE

### 1.- DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** CLAVIJO CEVALLOS  
**NOMBRES:** MANUEL PATRICIO  
**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0501444582  
**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** SALCEDO, 24 DE SEPTIEMBRE DE 1965  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** CIUADELA LAS ACACIAS – FICOA – AMBATO.  
**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 032824577 – 0992050541  
**E-MAIL:** patricio\_clavijo2005@yahoo.com  
[manuel.clavijo@utc.edu.ec](mailto:manuel.clavijo@utc.edu.ec)

### 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CÓDIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y QUÍMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	03 DE JUNIO 2017	1020-03-399385

### 3.- EXPERIENCIA LABORAL

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin-Galápagos. 1991.

- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde Abril 2001 hasta la actualidad
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.

#### **4.- CARGOS DESEMPEÑADOS**

- ❖ Gerente de Producción y Comercialización del Grupo Camaronero CEGAL, Prov. Del Oro. Enero 1999 - 2001
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde abril 2001 – 2017.
- ❖ Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- ❖ Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- ❖ Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la UTC desde octubre 2016.

#### **5.- PONENCIAS**

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil.
- Ponente en el Seminario Científico Internacional de Medio Ambiente. 2017

#### **6.- SEMINARIOS DICTADOS**

- Expositor en el Seminario de Diseño de Tesis – Cotopaxi - 2005
- Expositor en Curso Teórico – Práctico de Educación para la Salud - Tungurahua - Huambalo febrero 2009.
- Expositor en el Tercer Foro Ambiental sobre la Influencia de Virus AH1N1 y su relación con el Medio Ambiente – U.T.C. – Latacunga junio 2009.
- Expositor en el Seminario de “Diseño de Tesis”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cotopaxi.- UTC. Latacunga septiembre 2005.
- Facilitador en el Taller sobre el Nuevo Bachillerato Unificado Ecuatoriano, Universidad Nacional de Loja. Loja 2011.

## 7.- PROYECTOS REALIZADOS

- Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
- Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
- Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
- Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
- Diseño de una Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
- Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
- Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
- Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
- Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujili. 2015.
- Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
- Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
- Estudio biótico en el Río Ambi, 2016
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Director y Asesor de Tesis de la U. A. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado

## 8.- ARTÍCULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.
- Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA.

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos