



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**CARRERA INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL NIVEL DE  
EUTROFIZACIÓN DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de

**Ingeniera en Medio Ambiente**

**Autores:**

Peñañiel Jiménez Dayanara Gabriela

Quicaliquin Constante Nataly Silvana

**Tutor:**

M.Sc. Clavijo Cevallos Manuel Patricio

Latacunga– Ecuador

2019

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotras, PEÑAFIEL JIMÉNEZ DAYANARA GABRIELA y QUICALIQUIN CONSTANTE NATALY SILVANA declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”**, siendo el **M.Sc. MANUEL PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....

**PEÑAFIEL JIMÉNEZ**

**DAYANARA GABRIELA**

**C.I. 050377565-2**

.....

**QUICALIQUIN CONSTANTE**

**NATALY SILVANA**

**C.I. 185043275-6**

## **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 **PEÑAFIEL JIMÉNEZ DAYANARA GABRIELA**, identificado con C.C. N° **050377565-2**, de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Latacunga- Cdla. Rumipamba y **QUICALIQUIN CONSTANTE NATALY SILVANA**, identificado con C.C. N° **185043275-6**, de estado civil **SOLTERA** y con domicilio en Píllaro- Ciudad Nueva, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; 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 **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular 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. -

Fecha de inicio de carrera: octubre **2014- febrero 2015**

Fecha de finalización: **abril- agosto 2019**

Aprobación HCD: **04 de abril del 2019**

Tutor. - M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

**Tema:** “IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **EL CESIONARIO** 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, **LA/EL CEDENTE** 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 **LA/EL CEDENTE**, 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.
- e) 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 **EL CESIONARIO** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** 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 **EL CESIONARIO** 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 **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de julio del 2019.

.....  
Peñafiel Jiménez Dayanara Gabriela

**EL CEDENTE**

.....  
Quicaliquin Constante Nataly Silvana

**EL CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

**EL CESIONARIO**

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

En calidad de tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL RIO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019, de Peñafiel Jiménez Dayanara Gabriela y Quicaliquin Constante Nataly Silvana, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre defensa.

Latacunga 22 de Julio del 2019

.....  
M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

**Tutor**

**CC: 050144458-2**

## **Aval de los lectores del proyecto de investigación**

En calidad de lectores del Proyecto de Investigación con el título

“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL RIO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2019, periodo 2019. De Peñafiel Jiménez Dayanara Gabriela y Quicaliquin Constante Nataly Silvana, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas. Técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga 22 de julio del 2019

Lectores

---

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mg. Cristian Lozano Hernández

CC: 060360931-4

---

**Lector 2**

Ph.D. David Landívar Valverde

CC: 160055872-8

---

**Lector 3**

Ing. Mg. José Andrade Valencia

CC: 050252448-1

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi guía y haberme preparado el mejor camino ya que me ha dado más de lo que imagine.

A mi madre por su amor infinito, por confiar en mí, por levantarme el ánimo, por su fé.

Un reconocido agradecimiento a La Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y a todos los docentes en especial al M.Sc. Patricio Clavijo por su guía y por tomarse su tiempo para dar lo mejor de sus conocimientos para mi formación académica.

**Dayanara**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de mi vida y bendecir cada uno de mis pasos.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a mis docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi vida universitaria, de manera especial, al M.Sc. Patricio Clavijo tutor del proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y rectitud como docente.

**Nataly**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de llegar al momento más importante de mi profesión, llenarme de fortaleza para afrontar las dificultades que se han presentado en cada etapa de mi vida.

A mi madre que ha sido siempre el pilar fundamental para seguir adelante y alcanzar mis ideales, mi más grande ejemplo de valores, principios, constancia y perseverancia.

**Dayanara**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada:

A mi madre María Piedad porque con su amor, paciencia y empeño me ha permitido llegar a cumplir hoy uno de mis más anhelados sueños, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo. En especial quiero dedicar esta tesis a mi padre Ernesto Quicaliquin quien ha sido mi pilar fundamental, y con sus dulces y trabajadoras manos a llenado mi corazón de alegrías.

A mi familia por haber sido mi apoyo en todo el proceso estudiantil. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

**Nataly**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO:** “Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas al nivel de eutrofización del Río Pumacunchi, Provincia De Cotopaxi, 2019”

### RESUMEN

En la presente investigación se identificó un total de 63 especies de diatomeas epilíticas asociadas al nivel de eutrofización del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi; se realizó un muestreo en tres puntos establecidos mediante sistemas de información geográfica (ARCGIS), reconociendo así las especies de mayor influencia y que son relevantes en el estudio; en el punto uno denominado como punto alto ubicado cerca de los deshielos de los Illinizas en las coordenadas x:754957; y:9917898 UTM y con una altura de 3320 msnm, se logró hallar la presencia de 8 especies abundantes que son: *Humidophila contenta*, *Nitzschia linearis*, *Navicula rostellata*, *Planothidium incuriatum*, *Ulnaria ulna*, *Navicula cryptocephala kutzing*, *Nupela pardinhoensis*, *Humidophila subtropica*. En el punto dos denominado punto medio ubicado en la parroquia de Guaytacama en las coordenadas x: 765130; y: 9895275 UTM y altura 2738 msnm se identificó 8 especies que son abundantes: *Frustuia guayanensis ssp. ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticula goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasilienseide metzeltin*, *Gomphonema sp*, *Gomphoneis elegans clevei*, y en el punto tres o punto bajo ubicado en Latacunga en el barrio San Rafael en las coordenadas x: 762600; y:9906495 UTM y con una altura de 2881 msnm, se localizaron 12 especies de diatomeas entre las más abundantes están: *Navicula lanceolata*, *Fallacia meridionalis metzeltin*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis fluviatilis*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula tripunctata*, *Gomphonema lagenula*, *Humidophila contenta*, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema sp*.

Para calcular el índice de calidad del agua del mes de marzo, se analizaron 3 parámetros (físico-químicos y microbiológicos), los cuáles se procesaron a través del programa digital IQData, obteniendo una escala idónea, donde los tres puntos tuvieron una calificación de Muy Malo con un promedio de 19,16; de 11,80; y de 7,33 respectivamente. Consecutivamente se comparó el índice ITCA teórico y de tablas; para el punto uno el ITCA teórico tuvo un valor de 1,51 que comparado con el ITCA de tablas está en el rango de 1,5 a 2,5 dando un nivel de  $\beta$  mesotrófico con una contaminación moderada ; en el punto dos el ITCA teórico tiene un valor de 2,50 y comparado con el ITCA de tabla se encuentra dentro del rango 2,5- 3,5 con un nivel de  $\alpha$  mesotrófico con una contaminación fuerte y, para el punto tres se obtuvo un ITCA teórico de 2,55 que comparado con el ITCA de tablas está dentro del rango de 2,5 a 3,5  $\alpha$  mesotrófico y una contaminación fuerte.

### **Palabras clave:**

*Bioindicadores / Diatomeas epilíticas/ Eutrofización/ índice de calidad de agua (ICA)/índice trófico de calidad de agua (ITCA)/ Río Pumacunchi.*

## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "Identification of epilithic diatoms at the level of eutrophication of the Pumacunchi River, Cotopaxi Province, 2019"

In the present investigation, a total of 63 epilithic diatom species were identified, associated with the level of eutrophication of the Pumacunchi River in the province of Cotopaxi; Sampling was carried out at three points established by geographic information systems (ARCGIS), thus recognizing the most influential species that are relevant in the study; at point one named as a high point located near the thaw of the Illinizas at the coordinates x: 754957; and: 9917898 UTM and with a height of 3320 masl, it was possible to find the presence of 8 abundant species that are: *Humidophila contenta*, *Nitzschia linearis*, *Navicula rostellata*, *Planothidium incuriatum*, *Ulnaria ulna*, *Navicula cryptocephala kutzing*, *Nupela pardinhoensis*, *Humidophila subtropica*. At point two called midpoint located in the parish of Guaytacama at coordinates x: 765130; and: 9895275 UTM and height 2738 meters above sea level, 8 species were identified that are abundant: *Frustuia guayanensis* ssp. *ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticula goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasiliense* *metzeltin*, *Gomphonema* sp, *Gomphoneis elegans clevei*, and at point three or low point located in Latacunga in the San Rafael neighborhood at coordinates x: 762600; and: 9906495 UTM and with a height of 2881 msnm, were located 12 diatom species among the most abundant are: *Navicula lanceolata*, *Fallacia meridionalis metzeltin*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis fluviatilis*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula tripunctata*, *Gomphonema lagenula*, *Humidophila happy*, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema* sp.

To calculate the water quality index for the month of March, 3 parameters (physical-chemical and microbiological) were analyzed, which were processed through the IQData digital program, obtaining an ideal scale, where the three points had a rating of Very Bad with an average of 19.16; out of 11.80; and of 7.33 respectively. Consecutively, the theoretical ITCA index and tables were compared; for point one the theoretical ITCA had a value of 1.51 which compared with the ITCA of tables is in the range of 1.5 to 2.5 giving a level of mesotrophic  $\beta$  with moderate contamination; in point two the theoretical ITCA has a value of 2.50 and compared with the table ITCA it is within the range 2.5-3.5 with a level of mesotrophic  $\alpha$  with a strong contamination and, for point three it is obtained a theoretical ITCA of 2.55 which compared with the ITCA of tables is within the range of 2.5 to 3.5  $\alpha$  mesotrophic and a strong contamination.

#### **Palabras clave:**

*Bioindicadores / Diatomeas epilíticas/ Eutrofización/ índice de calidad de agua (ICA)/índice trófico de calidad de agua (ITCA)/ Río Pumacunchi.*

## TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
Aval de los lectores del proyecto de investigación .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	x
RESUMEN .....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	3
5. OBJETIVOS: .....	4
5.1 General .....	4
5.2 Específicos .....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
CAPITULO I.....	9
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	9
7.1 RÍO PUMACUNCHI.....	9
7.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	9
7.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI.....	9
7.1.4 CLIMA DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI .....	9
7.2 AGUA .....	9
7.2.1 COMPOSICIÓN DEL AGUA DULCE.....	10
7.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	10
7.3.1 Fuentes naturales.....	10
7.3.2 Fuentes artificiales .....	10
7.3.3 EUTROFIZACIÓN.....	11
7.3.4 ESTADO TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITQA) O TSI (TROPIC STATE INDEX) .....	11
7.4 ÍNDICES DE CALIDAD.....	11
7.4.1 Índice Abiótico.....	11
7.4.2 Índices Bióticos.....	12

7.4.3	ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	12
7.4.4	ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA (ITQA) .....	12
7.5	DIATOMEAS .....	12
7.5.1	CLASIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS. ....	13
7.5.2	MORFOLOGÍA DE LAS DIATOMEAS.....	13
7.5.3	BENEFICIOS DE LAS DIATOMEAS APLICADAS COMO BIOINDICADORES .....	15
7.5.4	PRINCIPALES VENTAJAS .....	16
7.5.5	PRINCIPALES LIMITACIONES.....	16
7.6	PROGRAMAS.....	17
7.6.1	IQData.....	17
7.6.2	PAST SOFTWARE.....	17
7.6.3	ArcGIS .....	17
7.7	ESTUDIOS PREVIOS .....	17
7.8	CONTAMINACIÓN DEL RÍO PUMACUNCHI .....	19
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	20
	¿Las especies de diatomeas epilíticas varían de acuerdo al índice trófico de calidad de agua de cada punto de muestreo?.....	20
	CAPÍTULO II .....	22
9.	METODOLOGÍAS.....	22
9.1.	TÉCNICAS .....	22
9.2	MÉTODOS .....	22
9.3	INSTRUMENTOS .....	22
9.4	Selección del área de estudio.....	23
9.5	Descripción del área .....	23
9.6	Parámetros de muestreo en campo.....	23
9.6.1	Manejo y conservación.....	24
9.6.2	Muestreo de diatomeas epilíticas.....	24
9.6.3.	Análisis de muestras .....	26
9.6.4.	Determinación del índice de calidad de agua (ICA) .....	27
9.6.5.	Herramientas para analizar los resultados .....	27
	CAPÍTULO III .....	28
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	28
10.1	Georreferenciación del área de estudio. ....	28

10.1.2	Localización .....	29
10.2	INDICADORES BIÓTICOS.....	29
10.3	ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA.....	35
10.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS INDICADORES ABIÓTICOS .....	41
10.5	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA .....	48
10.6	Resultados obtenidos IQ-DATA en los puntos de muestreos localizados en el río “Pumacunchi” .....	50
10.7	ANÁLISIS MULTIVARIADO .....	53
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS): .....	56
12.1	Impactos técnicos: .....	56
12.2	Impactos ambientales: .....	56
12.3.	Impactos económicos: .....	56
12.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: .....	57
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
14.	REFERENCIAS.....	60



## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
<b>TABLA 2:</b> ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA.....	5
<b>TABLA 3:</b> UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI.....	29
<b>TABLA 4 :</b> DATOS GENERALES DE LAS ESPECIES DE DIATOMEAS ENCONTRADAS EN LOS PUNTOS 1,2 Y 3 EN LOS MESES FEBRERO-ABRIL 2019, EN EL RÍO PUMACUNCHI. ....	30
<b>TABLA 5:</b> DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 1 (ILLINIZAS) .....	36
<b>TABLA 6:</b> DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 2 (GUAYTACAMA) .....	36
<b>TABLA 7:</b> DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 3 (SAN RAFAEL) .....	37
<b>TABLA 8:</b> PROMEDIO GENERAL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PUMACUNCHI .....	38
<b>TABLA 9:</b> RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA (ITQA) Y LA CALIDAD DEL AGUA.....	39
<b>TABLA 10:</b> RESULTADOS DEL ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITCA) MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS.....	39
<b>TABLA 11:</b> RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LOS TRES PUNTOS SELECCIONADOS DEL RÍO PARA EL ANÁLISIS DEL IQA.....	48
<b>TABLA 12:</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) .....	50
<b>TABLA 13:</b> RANGOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA. ....	51
<b>TABLA 14:</b> RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS CANÓNICO DE CORRESPONDENCIA DE LA MATRIZ DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y DIATOMEAS EPILÍTICAS EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO. ....	55
<b>TABLA 15:</b> PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	57
<b>TABLA 16:</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 1 .....	1
<b>TABLA 17:</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 2 .....	2
<b>TABLA 18:</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA PUNTO 3 .....	3
<b>TABLA 19:</b> RESUMEN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN LOS TRES PUNTOS.....	4
<b>TABLA 20:</b> ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PUNTO 1 SECTOR LOS ILLINIZAS.....	5
<b>TABLA 21:</b> ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PUNTO 1 SECTOR NINTANGA.....	6
<b>TABLA 22:</b> ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PUNTO 3 SECTOR SAN RAFAEL .....	7

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO Y UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PUMACUNCHI, CANTÓN LATACUNGA, Y LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO CON SUS RESPECTIVAS COORDENADAS. ....	28
<b>FIGURA 2:</b> DATOS GENERALES DE LAS ESPECIES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ABUNDANTES EN EL RECORRIDO ILLINIZAS- SAN RAFAEL. ....	34
<b>FIGURA 3:</b> TEMPERATURA DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	41
<b>FIGURA 4:</b> PH DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	41
<b>FIGURA 5:</b> OXÍGENO DISUELTO DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	42
<b>FIGURA 6:</b> CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	43
<b>FIGURA 7:</b> DBO 5 DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	43
<b>FIGURA 8:</b> TURBIDEZ DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	44
<b>FIGURA 9:</b> SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	45
<b>FIGURA 10:</b> COLIFORMES FECALES DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	45
<b>FIGURA 11:</b> FOSFATOS DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	46
<b>FIGURA 12:</b> NITRATOS DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 2019. ....	47
<b>FIGURA 13:</b> CLOROFILA DEL MES DE MARZO EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO PUMACUNCHI 20. ....	47
<b>FIGURA 14:</b> DATOS GENERALES DE LA VARIACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS OBTENIDOS ATREVES DEL PROGRAMA IQDATA EN LOS TRES PUNTOS CARACTERIZADOS: PUNTO P1 (ALTO), P2 (MEDIO) Y P3 (BAJO) .....	49
<b>FIGURA 15:</b> CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SEGÚN IQA-DATA EN LOS TRES PUNTOS FOCALIZADOS DEL RÍO PUMACUNCHI .....	50
<b>FIGURA 16:</b> VARIABLES QUE REPRESENTAN MAYOR IMPACTO EN LA CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (IQA).....	51
<b>FIGURA 17:</b> DENDROGRAMA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO Y LAS ESPECIES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ENCONTRADAS EN LOS MESES FEBRERO Y ABRIL 2019 EN LA MICROCUENCA DEL RÍO “PUMACUNCHI”. ....	53
<b>FIGURA 18:</b> DIAGRAMA DE DISPERSIÓN BASADO EN LA CCA DE LAS MUESTRAS DE DIATOMEAS DE TRES PUNTOS DE MUESTREO, CORRELACIONADAS CON LAS VARIABLES AMBIENTALES	

CON RELACIÓN A LOS EJES 1 Y 2: TEMPERATURA (T), PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE), OXÍGENO DISUELTO (OD), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5), NITRATOS (NO3-), FOSFATOS (PO43-), COLIFORMES FECALES (UFC/100ML), SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (), TURBIDEZ (NTU), CLOROFILA A (CLR. A) .....	54
<b>FIGURA 19:</b> PUNTO 1 SECTOR LOS ILLINIZAS (ALTO) EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEDIANTE EL PROGRAMA IQA-DATA .....	8
<b>FIGURA 20:</b> PUNTO 2 SECTOR GUAYTACAMA (MEDIO), EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEDIANTE EL PROGRAMA IQA-DATA .....	8
<b>FIGURA 21:</b> PUNTO 3, SECTOR SAN RAFAEL (BAJO) EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEDIANTE EL PROGRAMA IQA-DATA .....	9

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación está enfocado en identificar especies de diatomeas epilíticas asociadas al nivel de eutrofización del agua del Río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi a lo largo de su recorrido antes de unirse al Río Cutuchi.

La metodología que se aplicó en el laboratorio es planteada por Eduardo Lobo (2016) y la de campo es la toma de muestras con normas INEN 2169 , para lo cual se realizó una identificación y caracterización del lugar en estudio y se estableció 3 puntos de muestreo con sistemas de información geográfica (ARCGIS) en toda la extensión del río en mención , la toma de muestras se realizó durante 3 meses (Febrero-Marzo-Abril), para que los datos sean relevantes y confiables, reconociendo la mayor o menor influencia de dichas especies, además se aplicó el índice de calidad ICA analizando 11 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Después de la fase de laboratorio se contó e identificó las diatomeas con el procedimiento que establece la Norma Europea EN 14407, además se aplicó el índice trófico de calidad del agua (ITCA) para determinar la taxonomía de las diatomeas. El principal objetivo del proyecto es identificar diatomeas epilíticas como bioindicadores de contaminación y así determinar la calidad del agua. Los beneficiarios directos e indirectos son toda la población aledaña al río Pumacunchi y los que hacen uso de este cauce para las diferentes actividades.

El problema radica en el estado en el que se encuentra actualmente la micro cuenca del Río Pumacunchi debido a algunos factores antropogénicos y sociales como el aumento de la población, la frontera agrícola y la presencia del sector industrial cerca de la zona, este cauce recibe los vertidos de diferentes tipos de contaminantes y descargas en general como del alcantarillado público. El monitoreo es fundamental y bastante importante en el análisis de la calidad del agua, la identificación de especies de diatomeas epilíticas sirve como bioindicador para comparación de resultados y es un método sencillo, práctico y de menor costo.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Todas las actividades del ser humano generan contaminación ambiental, siendo la del agua uno de los mayores problemas en el mundo. En el Ecuador el manejo del recurso hídrico no se ha dado mucha importancia debido a que se ha centrado en mejorar el aprovisionamiento del agua en cantidad y no específicamente en calidad. Son pocos los gobiernos autónomos que se han esforzado por evitar la contaminación y recuperar los cuerpos hídricos contaminados, el crecimiento poblacional y por ende la creciente demanda de agua, el incumplimiento de normas y la carencia de aplicación de sanciones rigurosas a los responsables de generar contaminación. En relación a la ciudad de Latacunga, el crecimiento poblacional, ha ocasionado que el río Pumacunchi reciba cantidades significativas de aguas servidas generando severa degradación, como resultado existe un riesgo significativo para actividades vitales en las que se utiliza el recurso, agotando la calidad del agua y deteriorando parámetros importantes (Oxígeno disuelto, pH, conductividad, etc.) para la existencia de vida en el efluente.

Hasta hace poco, la química del agua era considerada como un elemento único en la definición de la calidad de los cuerpos de agua dulce, pero en la actualidad existen estudios de bioindicadores que disminuyen la necesidad de realizar costosos y sistemáticos análisis físico-químicos, microbiológicos y revelan información sobre la evolución de la carga contaminante y sobre la capacidad de resiliencia de los ecosistemas acuáticos. La presente investigación evaluó la calidad del agua utilizando diatomeas epilíticas que han sido considerados útiles para la determinación de la calidad biológica de los ambientes dulceacuícolas. Las diatomeas se utilizarán para supervisar el cambio ambiental, ya que responden rápida y sensiblemente a cambios físicos, químicos y microbiológicos que se producen en su entorno. Estos organismos, permiten conocer y observar los efectos acumulativos de la contaminación a lo largo del tiempo. Mediante la elaboración del proyecto de investigación, se identificó las especies de diatomeas epilíticas y se determinó la calidad de agua utilizando el bioindicador (Diatomeas epilíticas).

Los beneficiarios directos son toda la población aledaña al río Pumacunchi y los que hacen uso de este cauce para las diferentes actividades, y de forma indirecta es la población de la provincia de Cotopaxi puesto que el agua es un recurso natural y bien público por lo que el estado debe garantizar la calidad de la misma, por este motivo debe ser preservada y protegida de la contaminación ambiental y así evitar posteriormente alteraciones y daños a los seres vivos.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

**Tabla 1:** Beneficiarios del Proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS				BENEFICIARIOS INDIRECTOS			
Lugar	Hombres	Mujeres	Total	Lugar	Hombres	Mujeres	Total
CHANTILÍN	390	433	823	COTOPAXI	198.625	210.580	409.205
CANCHAGUA	2.251	2.487	4.738				
GUAYTACAMA	3.739	3.736	7.475				
TOACAZO	3.388	3.582	6.970				
LATACUNGA	69.598	74.381	143.979				
<b>Total de beneficiarios directos</b>		<b>163.985 Habitantes</b>		<b>Total de beneficiarios indirectos</b>		<b>409.205 Habitantes</b>	

Fuente: INEC (2010)

Elaborado por: Equipo de trabajo (2019)

### 4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El agua es la sustancia que se encuentra en la naturaleza formando ríos lagos o lagunas, ésta forma parte de los seres humanos, plantas y animales y a la vez es fundamental para la existencia de vida, la contaminación de este recurso es uno de los principales problemas a nivel mundial, nacional y local debido al uso irracional de este recurso por diferentes actividades que realiza el hombre para su subsistencia y desarrollo, en el Ecuador existen pocas ciudades que se preocupan por la calidad del agua de sus cauces y por las enfermedades que esto puede ocasionar en sus habitantes, en la provincia de Cotopaxi aún no existen muchos estudios sobre la calidad del agua del río Pumacunchi y no se da la debida importancia a la contaminación de sus principales ríos para proponer medidas de mitigación y prevención a los impactos que puede generar la despreocupación de sus autoridades y la sociedad como tal.

El río Pumacunchi es clasificado como microcuenca por su extensión y nace de los deshielos de los Illinizas, está ubicado entre los cantones de Saquisilí y Latacunga pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, en su mayoría el agua de este cauce es utilizado para uso agrícola , este además recibe los vertidos de dichos cantones y del sector industrial ( florícola, curtiembres, brocolera y maderera), así también los principales problemas que presenta el río son la expansión urbana, la frontera agrícola y la disminución de sus caudales, este es el motivo por el que se realizará este estudio para conocer el estado en el que se encuentra actualmente este cauce mediante la identificación de bioindicadores (diatomeas epilíticas), metodologías de campo y laboratorio que son de bajo costo y con resultados confiables y veraces.

Los monitoreos y resultados a analizar durante tres meses (febrero-marzo-abril) en los puntos específicos seleccionados mediante georreferenciación son de suma importancia para obtener datos reales, los parámetros a analizar en laboratorio son físicos, químicos y microbiológicos con equipos calibrados y la identificación de diatomeas epilíticas.

## **5. OBJETIVOS:**

### **5.1 General**

- Identificar diatomeas epilíticas asociadas al nivel de eutrofización del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi.

### **5.2 Específicos**

- Georreferenciar los puntos de muestreo del Río Pumacunchi mediante sistemas de información geográfica.
- Identificar especies de Diatomeas epilíticas, en los distintos niveles de eutrofización presentes en el Río Pumacunchi mediante la aplicación de metodología en campo y laboratorio.
- Determinar la calidad del agua mediante el análisis del ICA con parámetros físico-químicos y microbiológicos, y el ITCA en base a las diatomeas epilíticas

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

**Tabla 2:** Actividades y sistema de tarea

<b>ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS</b>			
<b>Objetivo general:</b> Identificar diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi.			
<b>Objetivos</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad</b>
<p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Georreferenciar los puntos de muestreo del Río Pumacunchi mediante sistemas de información geográfica.</p>	<p>Identificación de los distintos puntos de muestreo en el recorrido del Río Pumacunchi.</p>	<p>Georreferenciación del punto 1,2 y 3.</p> <p>Mapa georreferenciado y detallado con cada uno de los puntos establecidos según el nivel trófico</p>	<p><b>Técnica de campo:</b></p> <p>Se realizó visitas in situ mismas que permitieron establecer los puntos de muestreo.</p> <p>Los resultados obtenidos se insertaron en el programa Arcgis para obtener un mapa georreferenciado y detallado con cada uno de los puntos establecidos según el nivel trófico</p> <p><b>Materiales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS.</li> <li>• Libreta de campo</li> <li>• Esfero</li> </ul>
<p><b>Objetivo 2</b></p> <p>Identificar especies de</p>	<p>Toma de muestras de diatomeas epilíticas en los</p>	<p>Lista de especies de diatomeas epilíticas identificadas en los tres puntos</p>	<p><b>Técnica de campo:</b></p> <p>Visitas in situ mismas que permitieron caracterizar el área de estudio, toma de</p>



<p>Diatomeas epilíticas, en los distintos niveles de eutrofización presentes en el Río Pumacunchi mediante la aplicación de metodología en campo y laboratorio.</p>	<p>puntos establecidos.</p> <p>Fase de laboratorio, preparación de las muestras para la posterior identificación de diatomeas</p> <p>Microscopia y análisis de las muestras obtenidas en la fase de campo</p>	<p>establecidos del río en estudio.</p> <p>Valor trófico de las especies de diatomeas.</p>	<p>datos en campo, recolección y limpieza de rocas para sustraer diatomeas epilíticas.</p> <p><b>Materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de campo</li> <li>• Esferos</li> <li>• Cooller</li> <li>• Envases plásticos</li> <li>• Cepillos</li> <li>• Gafas</li> <li>• Mascarillas</li> <li>• Mandil</li> <li>• Cinta adhesiva</li> <li>• Guantes</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Bandejas</li> </ul> <p><b>Equipos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS</li> </ul> <p><b>Técnica de laboratorio:</b> Misma que permitió obtener las muestras de diatomeas, realizando el proceso de:</p> <p>Limpieza y tratamiento de las muestras siguiendo la metodología del Dr. Lobo</p> <p>Observación microscópica en el laboratorio</p> <p><b>Materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufa</li> <li>• Tubo falcón</li> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Vaso de precipitación</li> </ul>
---	---	--	---

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerámica</li> <li>• Porta y cubre objetos</li> <li>• Pipeta</li> </ul> <p><b>Equipos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microscopio</li> <li>• Plancha de calentamiento</li> <li>• Campana extractora de gases</li> <li>• Cámara fotográfica</li> </ul> <p><b>Reactivos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</li> <li>• Ácido clorhídrico (HCl)</li> <li>• Dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)</li> <li>• Alcohol 70%</li> <li>• Naphrax</li> <li>• Aceite de inmersión</li> </ul>
<p><b>Objetivo 3</b></p> <p>Determinar la calidad del agua mediante el análisis del ICA (NSF) con parámetros físico químicos y microbiológicos, y las especies de diatomeas epiliticas.</p>	<p>Toma de muestras en los puntos establecidos con un laboratorio especializado</p> <p>Envío de las muestras a un laboratorio para su respectivo análisis</p> <p>Identificación de la calidad de</p>	<p>Calidad del agua del Río Pumacunchi</p>	<p><b>Técnica de campo:</b></p> <p>Visitas in situ mismas que permitieron la recolección de muestras para analizar el Índice de Calidad del Agua (ICA).</p> <p><b>Materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de campo</li> <li>• Esferos</li> <li>• Cooller</li> <li>• Envases plásticos</li> <li>• Mascarillas</li> <li>• Mandil</li> <li>• Cinta adhesiva</li> <li>• Guantes</li> </ul>

	<p>agua mediante la comparación de los análisis de la calidad de agua obtenidos del laboratorio y el listado de diatomeas epilíticas identificadas en la investigación</p>		<p><b>Equipos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiparámetros</li> </ul> <p><b>Recurso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio especializado</li> </ul> <p><b>TÉCNICA DE ANALISIS DE DATOS</b></p> <p>Análisis de los datos obtenidos mediante:</p> <p>Comparación con la fórmula del índice trófico de calidad de agua (IQTA). Comparación de especies de diatomeas, con el índice trófico de calidad de agua (Programa Past 13)</p> <p>Instrumentos de laboratorio</p> <p>Computadora</p>
--	--	--	---

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

## CAPITULO I

### 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

#### 7.1 RÍO PUMACUNCHI

##### 7.1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La micro cuenca del río Pumacunchi, está ubicada al oeste del cantón Latacunga limita con los cantones Saquisilí y Latacunga, de la provincia de Cotopaxi, Ecuador, esta micro cuenca a su vez pertenece a la sub cuenca del río Patate y desemboca en la cuenca del río Pastaza. Nace de los deshielos de los Illinizas, su recorrido empieza en la parroquia Toacazo y atraviesa las parroquias Canchagua, Guaytacama y Chantilín, finalizando en el cantón Latacunga Tiene una superficie de 11,18 km<sup>2</sup> Ver Figura N° 1. (Equipo Técnico PD y OT, 2015)

##### 7.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI

**Geomorfología:** acciones tectónicas y volcanismo andino, bosques.

**Meteorología:**

**Clima:** Zona tropical ecuatoriana.

**Zona occidental:** Período invernal de la sierra octubre a mayo.

**Zona oriental:** Período invernal de la Amazonía junio a septiembre.

##### 7.1.4 CLIMA DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI

**Temperatura: Máxima:** 24,3 °C, **Mínima:** 1,8 °C, **Media:** 13,82 °C. Datos obtenidos de los anuarios de la estación meteorológica (M1238 INAMHI, 2015).

**Precipitación:** 39,975 mm con rangos de (2,7- 130,5 mm). Datos obtenidos de los anuarios de la estación meteorológica (M0375 INAMHI, 2015).

**Humedad relativa:** Media 83%, con rangos de (46- 99%) Datos obtenidos de los anuarios de la estación meteorológica (M1238 INAMHI, 2015).

#### 7.2 AGUA

El agua es un recurso natural indispensable para la vida constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es

un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua. (García, 2012, págs., 1-3)

### **7.2.1 COMPOSICIÓN DEL AGUA DULCE**

El compuesto químico conocido sistemáticamente como óxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O, es la que dentro de su composición tiene el mínimo de sales minerales disueltas especialmente cloruro de sodio. Desde el punto de vista químico el agua dulce se caracteriza, de forma general, por ser una disolución con una composición muy baja tanto de sales disueltas como de sólidos en su seno, una composición inferior a la del agua salobre y el agua de mar. Por medio de los sistemas de tratamiento de aguas, esta puede llegar a ser potable y apta para el consumo humano, también se utiliza el agua para otras actividades como lavado y limpieza, baño e incluso para producir energía. Se encuentra de forma natural tanto, en la superficie del planeta en capas de hielo, campos de hielo, glaciares, icebergs, pantanos, lagunas, lagos, ríos y arroyos, como bajo ella, en forma de agua subterránea en acuíferos o en corrientes. (Goethe, 2014)

El caudal ecológico es un instrumento de gestión que establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad. (Río Arronte, 2010)

## **7.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

### **7.3.1 Fuentes naturales**

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar. (García, 2012, pág. 1)

### **7.3.2 Fuentes artificiales**

Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar. (García, 2012, pág. 1)

### **7.3.3 EUTROFIZACIÓN**

La eutrofización es un proceso que puede ser natural o antrópico, de ser natural la aportación de nutrientes por medio de la lluvia es un poco lento, pero cuando es antrópico se vuelve más dinámico (Estévez, 2011), con un incremento de nutrientes como: Sílice, Potasio, Calcio, Hierro, Manganeso, Nitrógeno y Fósforo. (Lobo *et al.*, 2016). Entre las principales y más comunes causas de eutrofización tenemos: la descarga de aguas residuales, las cuales son ricas en nutrientes, ayudando al cambio trófico del cuerpo de agua receptor; el uso excesivo de fertilizantes en la actividad agrícola, que crea una contaminación del agua, mediante el aporte de nitrógeno y fósforo y por último, la erosión del suelo por la actividad ganadera influye en la carga de nutrientes, ya que se produce el efecto de lavado por la escorrentía depositando los nutrientes en cuerpos de agua. (Franco, *et al.*, 2010)

### **7.3.4 ESTADO TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITQA) O TSI (TROPIC STATE INDEX)**

El estado trófico de un cuerpo de agua da cuenta de su grado de eutrofización, el cual es un estado de enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente), que estimulan el desarrollo de las plantas, las algas y las cianobacterias. La eutrofización está acelerada debido a las fuentes antropogénicas de nutrientes. (Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2012)

## **7.4 ÍNDICES DE CALIDAD**

Los índices constituyen una herramienta muy útil para resumir grandes volúmenes de información, permitiendo una rápida interpretación y reconocimiento de las tendencias en la calidad del cuerpo de agua a lo largo del espacio y del tiempo. A su vez, se presentan como una opción viable para la interpretación de variables físicas, químicas, y biológicas de un programa de monitoreo, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar un valor numérico que permite la evaluación, por ejemplo, de los efectos de las actividades antrópicas y de los procesos de autodepuración del cuerpo de agua. (García, 2012)

### **7.4.1 Índice Abiótico**

La obtención de indicadores abióticos se fundamenta en parámetros físico-químicos del agua, entre los cuales tenemos: sólidos, temperatura, color, olor y sabor, Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, carbono orgánico total, aceites y grasas, fenoles, acidez (pH), alcalinidad, conductividad, dureza, cloruro, cloro e hipoclorito, amoníaco, nitritos y nitratos, fósforo total, iones de metales pesados, detergentes y toxicidad.

(Aznar Jiménez, n.d.). La calidad de las aguas se establecerá en función de los rangos o cantidades permisibles establecidas en la legislación de cada país. (Gil, 2014)

#### **7.4.2 Índices Bióticos**

Uno de los organismos con mayor adaptación a los cuerpos de agua son los invertebrados, su variedad suele ser muy elevada ya que se ha encontrado por lo menos un millar de especies. Dentro de este grupo encontramos a los macro invertebrados, estos organismos con tamaños mayores a 0.5 mm de longitud, que se pueden ver a simple vista, presentan sensibilidad y resistencia a cambios en el agua y al ser en su mayoría sedimentarios reflejan las condiciones locales. (Gil, 2014)

#### **7.4.3 ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Índice de la calidad del agua. - La utilización de Índices de Calidad tiene la función de facilitar la interpretación sobre la calidad de un ambiente cualquiera (como un río) de forma integral y única. También facilita la interpretación sobre la calidad de agua de forma integral y única.

La evaluación de la calidad del agua puede ser dividida en dos categorías: Métodos físicos y químicos. Instantáneo, limitado, alto costo. Y métodos biológicos de monitoreo. Informaciones sobre efectos ambientales prolongados, oriundos del proceso del crecimiento de la comunidad biológica. Dr. Lobo et al. (2015).

#### **7.4.4 ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DE AGUA (ITQA)**

Es un programa por seguir, mediante la utilización de la fórmula del índice trófico de calidad de agua (ITQA), propuesto por el Dr. Lobo et al. (2015).

A partir de los resultados obtenidos, teniendo como criterio operacional o grado de contaminación, se determinará los distintos grados de tolerancia de eutrofización, la cual se atribuirá valores tróficos iguales a 1, 2, 3, 4, e 5, correspondientes a niveles de tolerancia de eutrofización definidos como bajo, medio, alto. Respectivamente utilizando estos valores tróficos para cada una de la especie de diatomeas, se calcula el índice trófico de calidad de agua (ITQA), adaptando a la fórmula de Pantle e Buck (1995)

#### **7.5 DIATOMEAS**

El reconocimiento de las aproximadamente 12.000 especies descritas a la fecha (de unas 200.000 esperadas) está proporcionada de sobremanera por su taxonomía casi enteramente basada en las características morfológicas de sus paredes celulares compuestas de silicio amorfo

hidratado. Al ser inorgánicas, estas partes duras son resistentes a la disolución y descomposición, acumulándose en fondos de océanos, lagos y ríos, formando así un récord permanente de la historia ecológica de tales ecosistemas. (Morales, *et al.*, 2010)

La taxonomía y clasificación de las diatomeas ha cambiado bastante en las últimas tres décadas y a raíz del desarrollo de microscopios electrónicos que revelaron un gran número de características morfológicas de la pared celular que no habían sido observadas anteriormente mediante la utilización de la microscopía de luz. A la fecha existen más de 250 géneros vivos de diatomeas y muchos nuevos géneros, junto a un estimado de 50-100 nuevas especies, se publican cada año a través de estudios combinados de microscopía de luz y electrónica, principalmente de barrido (Morales, *et al.*, 2010).

### **7.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS.**

Las diatomeas se pueden encontrar tanto continentales y marinas, además por su permanencia en el cuerpo de agua, pueden ser bentónicas y/o planctónicas. Las formas béntico-neríticas, viven sobre un sustrato y la mayoría de ellas poseen rafe y como tal presentan movimiento. Su ocurrencia depende de la penetración de la luz, así como cantidades disponibles de nutrientes, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y temperatura adecuada. Las formas bénticas o perifíticas, por lo común viven adheridas al medio en que se desarrollan: rocas o piedras (epilíticas), plantas (epifitas) sobre animales (*epizoicas*) o dentro de animales (*endozoicas*). Las epifitas secretan sustancias mucilaginosas que fluye a través de poros del frústulo o bien se adhieren al sustrato por medio de sus valvas (Fernández, 2008, p.6).

### **7.5.2 MORFOLOGÍA DE LAS DIATOMEAS.**

Las diatomeas son algas microscópicas, unicelulares, compuestas en un 60% de sílice (SiO<sub>2</sub>), ya que la célula se encuentra protegida por un caparazón silicio llamado frústulo que le confiere gran dureza y resistencia. El frústulo se compone de dos mitades que encajan entre sí, llamadas tecas, la superior (epiteca) es siempre mayor y envuelve parcialmente a la inferior (hipoteca). Cada teca está formada por una valva (respectivamente epi e hipovalva) y un cingulo (epi e hipocingulo). En la valva se desarrollan toda una serie de ornamentaciones que permiten la identificación taxonómica, longitudinalmente, en muchas especies la valva está atravesada por un delgado surco llamado rafe, que atraviesa la teca hasta el protoplasto. La locomoción de las células es posible gracias a la hendidura del rafe, ya que bajo ella se halla un orgánulo en forma de cinta, formado por fibrillas, que puede contraerse rítmicamente. Este orgánulo provoca la



secreción en los poros terminales de una sustancia adhesiva que se desplaza a través de la hendidura. Perpendiculares al rafe, se encuentran varias series de líneas de perforaciones llamadas areolas, la sucesión de éstas en cada línea forma una estría. Uniendo las dos tecas se encuentra la cintura que está formada por una cantidad variable de cópulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que esta. El protoplasto ocupa todo el espacio delimitado por la pared celular silíceo. El núcleo se encuentra en la parte central de la célula y los cloroplastos suelen ser marginales, encontrándose uno o dos en las diatomeas con rafe y numerosos y en forma de disco en las que no lo tienen y en la mayoría de las diatomeas céntricas. Dentro de los cloroplastos se encuentran cuatro tipos de pigmentos distintos: clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila. A los lados de un puente plasmático central se observan dos vacuolas de gran tamaño o varias vacuolas de tamaño menor. Los productos de asimilación son aceites, acumulados formando gotas que confieren flotabilidad a las diatomeas planctónicas. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

La morfología de las diatomeas es una de las partes más fundamentales en la práctica a realizarse, con su información teórica podemos distinguir su forma, tamaño y su estructura. Las diatomeas son microorganismos unicelulares mediante su forma se puede dar reconocimiento de cuál es su función en el hábitat a la cual pertenecen por lo que se puede dar un resultado práctico del grado de contaminación que el río contiene. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

La observación al microscopio óptico de las diatomeas requiere conocer las dos posiciones. En la vista pleural, observamos el eje pervalvar de la célula, distinguiendo las partes básicas que lo componen: las dos tecas y el cingulo que las une. En la vista valvar, se observa una de las valvas celulares con los elementos ornamentales que la componen y que nos permiten su identificación taxonómica. Existen dos ejes de simetría al observar esta vista valvar: un eje apical, dispuesto longitudinalmente y que nos permite diferenciar entre diatomeas simétricas (si se cumple la simetría a ambos lados del eje) y asimétricas (si no es así), y un eje transapical, transversal, que muestra la similitud entre los polos de la célula, y que permite distinguir entre diatomeas isopolares (cuando ambos polos son iguales) y heteropolares (cuando son distintos). (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Conocer la morfología de las diatomeas es importante para su identificación en el procedimiento de laboratorio, por tanto, se debe ayudar mediante una guía de diatomeas la misma que servirá para el reconocimiento del tipo de especie, y género de la muestra que se está evaluando.

### 7.5.3 BENEFICIOS DE LAS DIATOMEAS APLICADAS COMO BIOINDICADORES

Ubicuidad: las diatomeas pueden estar presentes en prácticamente todos los sistemas acuáticos, desarrollándose en una gran variedad de formas vitales (planctónicas, coloniales, perifíticas, etc), por lo que pueden ser empleadas como bioindicadores virtualmente en todo ecosistema en el que el agua forme parte del biotopo. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Cosmopolitanismo: la distribución de la División *Bacillariophyta* (las diatomeas) es prácticamente mundial, hallándose desde los polos hasta las regiones desérticas, tanto en aguas dulces como en mares, aguas salobres, termales e hipersalinas, bajo un amplio rango de condiciones ambientales. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Bajo grado de endemismo: existe una gran mayoría de especies que aparecen con abundancia en todo el planeta, de forma que muchos índices diatomológicos tienen aplicabilidad universal, lo que permite estudios comparativos entre regiones diferentes, que en otros casos son inviables. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Precisión estadística: los índices diatomológicos más usuales se basan en la identificación de un mínimo de 400 individuos por muestra. Esto hace que el error cometido en la estimación de la composición de la comunidad sea inferior al 10% en todos los casos, lo que supone una mayor fiabilidad y precisión de estos métodos desde el punto de vista estadístico. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Ciclos vitales: las diatomeas presentan ciclos vitales cortos y homogéneos y, al ser microorganismos unicelulares, se reproducen con rapidez en respuesta inmediata a eventuales cambios en condiciones del medio. La composición de la comunidad de diatomeas en cada punto integra, por tanto, la calidad biológica del agua durante determinados periodos de tiempo, y no sólo la condición puntual que reflejaría un análisis físico químico. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

Facilidad de muestreo: las diatomeas pueden muestrearse en cualquier tramo fluvial, sobre una gran variedad de sustratos (sin que esto condicione significativamente la naturaleza de la comunidad de (diatomeas) tanto naturales como artificiales, con un esfuerzo en tiempo y material mínimos. (Blanco, *et al.*, 2010, págs. 14-15)

#### 7.5.4 PRINCIPALES VENTAJAS

- Facilidad de comunicación con el público no técnico
- Identificación de la calidad del agua a bajo costo
- Representa un promedio de diversas variables en un único número, combinando unidades de medidas diferentes en una única unidad.

#### 7.5.5 PRINCIPALES LIMITACIONES

- Pérdida de la información de las variables individuales y de la interacción entre las mismas.
- Jamás substituirá una evaluación detallada de la calidad de las aguas de una determinada cuenca hidrográfica
- Necesidad de índices y parámetros apropiados para cada ambiente.
- El ICA se calcula por la multiplicación ponderada de la calidad del agua correspondiente a cada parámetro evaluado como: Coliformes fecales, DBO5, Fosfato total, Nitratos, Oxígeno disuelto, pH, Sólidos totales disueltos, Temperatura, Turbidez Dr. Lobo et al. (2015).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Dr. Lobo et al. (2015)

**qi:** calidad del i-ésimo parámetro, un número entre 0 e 100, obtenido de la respectiva "curva promedio de variación de calidad", en función de su concentración o medida.

**wi:** peso correspondiente al i-ésimo parámetro, un número entre 0 e 1, atribuido en función de su importancia para la configuración global de calidad, siendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Dr. Lobo et al. (2015)

## **7.6 PROGRAMAS**

### **7.6.1 IQData**

Es un software dedicado al desarrollo y aplicación de diferentes índices de calidad del agua, desarrollado por el Programa de Maestría en Sistemas y Procesos Industriales en asociación con el Departamento de Biología y Farmacia de la Universidad de Santa Cruz del Sur. (Santa Cruz do Sul. Patente N° 10670-2, 2010)

### **7.6.2 PAST SOFTWARE**

Es un paquete Estadístico, de uso general, que integra procedimientos estadísticos y gráficos interactivos de alta resolución, de tal manera que sirve de apoyo al análisis de datos. Es útil entre otros aspectos para realizar análisis exploratorio desde el punto de vista gráfico, de igual manera se utiliza para realizar análisis estadístico simple y/o avanzado.

El programa sirve para profundizar en temas como: Métodos Cuantitativos, Métodos de Investigación, Segmentación de Mercados, Finanzas, Inferencia Estadística, Análisis Multivariado, Pronósticos con series de Tiempo, Métodos Multivariados y otros más. (Gomez, 2014)

### **7.6.3 ArcGIS**

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. (ArcGIS, 2010)

El sistema se encuentra disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio. (ArcGIS, 2010)

## **7.7 ESTUDIOS PREVIOS**

En 1988, Hernández y Guerrero en su trabajo “diatomeas como indicadores biológicos de la calidad del agua en el lago Cocibolca” encontraron que, el género *Aulacoseira* dominó en todos los sitios de muestreo con dos especies representativas *A. ambigua* y *A. granulata*. La dominancia de estas dos especies refleja la baja calidad del agua a consecuencia de la

contaminación orgánica a que está sometido el lago, revelando la existencia de una contaminación orgánica progresiva. (Hernández & Guerrero, 1998)

Un estudio realizado en México demuestra que las diatomeas que señalan contaminación, por alta concentración de nutrientes corresponden a *Nitzchia capitellata*, *Cyclostephanos dubius* y *Gomphonema parvulum*. *Nitzchia amphibia*, *Nitzchia capitellata*, *Nitzchia palea* y *Gomphonema parvulum* son las especies más abundantes a lo largo del río Turbio y por lo tanto las más tolerantes a la contaminación. Como indicadoras de baja concentración de oxígeno disuelto se encuentran *Amphora veneta*, y *Cyclostephanos dubius*. Además, encuentran especies tolerantes a metales pesados (Cr, Cd, Pb y Zn) son *Nitzchia capitellata*, *Nitzchia amphibia* y *Gomphonema parvulum*. Toleran pH ácido *Amphora veneta*, *Nitzchia amphibia*, *Nitzchia palea* y *Gomphonema parvulum*. (Velázquez, et al., 2007)

Pero también identifican las especies indicadoras de buena calidad de agua, que son *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* y *Cocconeis placentula* var. *Euglypta*. (Velázquez, et al., 2007)

Los investigadores concluyen diciendo que las especies de diatomeas del Río Turbio presentan los mismos espectros ambientales de otras regiones del mundo, y que es posible relacionar parámetros ambientales con la distribución de diatomeas por lo que este estudio puede ser utilizado como índice para estudios de otras regiones. (Velázquez, et al., 2007)

Los estudios sobre diatomeas en Sudamérica son escasos. Una de las regiones con mayor diversidad biológica es Bolivia; Las Yungas (bosque nuboso), una franja de 90.500 km<sup>2</sup> localizada entre la Puna Andina y las tierras bajas amazónicas. El Parque Nacional Carrasco es el parque con la mayor extensión de Yungas dentro de sus límites. Este parque está ubicado al este de Cochabamba, la tercera ciudad más grande de Bolivia, y tiene una extensión de 6.226 km<sup>2</sup>, sirviendo de refugio a 5.000 especies de plantas registradas y más de 300 especies de vertebrados. Se sabe muy poco sobre la biota acuática en la zona y no hay estudios sobre diatomeas. El estudio se llevó a cabo en 5 muestras epilíticas de las cuales se identificó 118 especies, variedades y formas mediante luz y microscopía electrónica de barrido. Cuarenta y dos (36%) de estos taxones no se encontraron en la literatura para América del Sur u otras regiones del mundo. Este alto porcentaje de taxones desconocidos sugiere un alto potencial para la contribución de nuevos organismos a la ciencia, realizando estudios florísticos que nos permitan obtener un conocimiento más extenso de las comunidades diatomológicas en este tipo

de ambientes, muchos de los cuales son posiblemente endémicos de la región, justificando así un esfuerzo adicional para preservarlos. (Cejudo & Godos, 2011)

Según el estudio realizado por (Castro, 2015) Las diatomeas epilíticas son usadas extensamente para el monitoreo de la contaminación en los ríos, debido a que son sensibles a los cambios en la química del agua; su investigación la realizó en el río Teaone en la provincia de Esmeraldas, Ecuador, desde el tramo alto hasta el tramo bajo, lo cual le permitió relacionar las actividades antrópicas con la posible contaminación del río, de esta manera utilizó las diatomeas como bioindicadores de la calidad del agua, haciendo previo muestreo durante el mes de agosto 2015, en 7 estaciones del Teaone, extrayendo muestras en el biofilme de las piedras del lecho fluvial.

## **7.8 CONTAMINACIÓN DEL RÍO PUMACUNCHI**

La contaminación presente en el río Pumacunchi, es causada principalmente por actividades del hombre ya sean domésticas, agrícolas, de las empresas e industrias y que no tienen un sistema de tratamiento para aguas residuales o no ejercen buenas prácticas ambientales. El agua del río Pumacunchi tiene alto grado de contaminación por lo que no se lo puede utilizar para la agricultura, ganadería, mucho menos para el consumo humano, pues sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, recurso agua, publicado en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA). (Barahona Jami, 2013)

Las ganaderías en las zonas de páramo generan grandes problemas esto se debe a que su actividad de pastoreo lo hacen de una forma libre sin delimitación de la zona. Lo que ha provocado que los humedales sean compactados por el ganado vacuno y bovino. También las riveras de los ríos son utilizados como bebederos, lo que conlleva a una contaminación especialmente biológica. Las actividades agrícolas sobrepasan la línea de (3600 m.s.n.m.) lo que generan problemas como son: la quema del pajonal para la siembra de productos, la utilización de agroquímicos y la siembra a favor de la pendiente. Todas estas actividades conllevan al deteriorando las microcuencas. (Pedro Neptalí y Villafuerte Roberto, 2016)

## 8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

### ¿Las Diatomeas epilíticas sirven como bioindicadores de calidad de agua?

El uso de especies de diatomeas epilíticas como bioindicadores de calidad del agua es considerada como una nueva herramienta para conocer la calidad en la que se encuentra un cuerpo hídrico, Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de especies de diatomeas basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua. Los resultados presentados en el estudio verifican claramente que las especies de diatomeas epilíticas sirven como bioindicadores de calidad de agua, en el estudio se realizó la comparación de resultados del ICA e ITCA obteniendo resultados en el ICA con calificaciones de 19,6 con determinación MUY MALO en el punto 1, 11,8 con determinación MUY MALO en el punto 2 y 7,33 con determinación MUY MALO en el punto 3, y en el ITCA con niveles de contaminación, 1,51 **β mesotrófico (contaminación moderada)** en el Punto 1 sector Illinizas, 2,50= **α mesotrófico (contaminación fuerte)** en el punto 2 sector Guaytacama y 2,55= **α mesotrófico (contaminación fuerte)** en el punto 3 sector San Rafael. Emitiendo las dos variables resultados de mala calidad de agua del río Pumacunchi. En consecuencia, el IQ-DATA y el ITCA tienen relación debido a que arrojan resultados similares en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi, comprobando de esta manera que las especies de Diatomeas epilíticas son indicadores de calidad de agua.

### ¿Las especies de diatomeas epilíticas varían de acuerdo al índice trófico de calidad de agua de cada punto de muestreo?

Los mayores indicadores de contaminación a nivel mundial son las diatomeas (Lobo, Wetzel, Mayama, 2010, Quiros, 2014) debido a que coloniza en diversos Hábitats (Céspedes, et al 2015) y tiene una alta tasa reproductiva. En el estudio presentado se puede evidenciar que las especies de diatomeas sí varían según el nivel trófico en el que se encuentran. Ya que se obtuvo diatomeas que se presentaron solo en el punto 1 con nivel trófico 1,51 **β mesotrófico (contaminación moderada)** como son; *Planothidium incuriatum*, *Navicula cryptocephala kuetzing*, *Meridion circulare*, *Gomphonema truncatum*, *Reimeria uniseriata*, *Encyonema neomesianum*, *Gyrosigma obtusatum*, *Navicula lohmannii*, *Nitzschia sigmoidea*, *Gyrosigma kuetzingii*. Además se encontraron especies de Diatomeas que se encontraron solo en el punto 2 con nivel trófico 2,50= **α mesotrófico (contaminación fuerte)**; *Planothidium bagualense*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphoneis elegans clevei*, *Gomphonema olivaceum*, *Brachysira neoexilis*, *Cymatopleura solea*, *Luticula simplex*, *Navicula aff. Cosmopolitana* y *Cyclotella*

*meneghinian*. Y especies que se encontraron solo en el punto 3 considerado como bajo con nivel trófico 2,55=  **$\alpha$  mesotrófico (contaminación fuerte)**; *Navicula lanceolata*, *Navicula tripunctata* que se encuentran en ambientes contaminadas, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema pumilum* var. *Rigidum*, *Navicula cincta*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia communis*, *Sellaphora seminulum*, *Amphipleura lindheimeri*, *Adlafia drouetiana*, *Gomphonema bourbonense*, *Nitzschia palea* (kutz) W. Sm., *Diadsmis confervacea*, *Gomphonema parvulum* f. *saprophilum*, *Pinnularia* sp., *Gomphonema minuta*, *Navicula nota*, *Fragilaria arcus* (*Hannaea arcus*), *Melosira varians*, *Navicula symmetrica*, *Planothidium lanceolatum*.



## CAPÍTULO II

### 9. METODOLOGÍAS

En el presente proyecto se utilizó las siguientes técnicas, métodos e instrumentos que facilitaron el desarrollo del mismo.

#### 9.1. TÉCNICAS

**Técnica de campo:** aplicando esta técnica se realizó visitas in situ las que permitieron establecer los puntos de muestreo, caracterizar el área de estudio y tomar datos en campo que se utilizaron para evaluar la calidad del agua.

**Técnica del fichaje:** la que permitió la toma de datos en el campo en cada punto de muestreo para ser analizados en la fase de laboratorio.

**Técnica de laboratorio:** Esta técnica permitió obtener datos mediante instrumentos de laboratorio para posteriormente ser analizados bibliográficamente.

**Técnica de análisis de datos:** mediante esta técnica se analizaron los datos recogidos con los instrumentos de evaluación para analizar, resumir e interpretar los mismos.

#### 9.2 MÉTODOS

**Método Analítico:** permitió analizar y tabular los datos tomados en campo desglosando las secciones que conforman la totalidad del área de estudio y de los tres puntos de muestreo relacionando las causas y efectos del mismo.

**Método cuantitativo:** este método ayudó a analizar los valores encontrados de la fase de campo y laboratorio mediante datos numéricos.

**Método de observación científica:** mediante este método se realizó la observación y percepción directa del objeto en estudio en este caso en la fase de campo y laboratorio.

#### 9.3 INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se utilizaron en la investigación fueron de laboratorio como el Microscopio que permitió la observación de las especies de diatomeas epilíticas, el GPS y el programa ArcGIS permitieron la delimitación del área de estudio y los puntos de muestreo, el

programa IQData para procesar los valores del ICA, la libreta de campo ayudó a la toma de datos en campo para llevarlos a la fase de laboratorio.

#### **9.4 Selección del área de estudio**

El área de estudio se ha determinado mediante sistemas de información geográfica (ArcGis), en el cual se puede observar el mapa de ubicación de la microcuenca hidrográfica del Río Pumacunchi especificando los tres puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas y altitud, el punto alto ubicado cerca de los deshielos de los Illinizas, el punto medio en el sector de Guaytacama y el punto bajo en el barrio San Rafael de la ciudad de Latacunga.

#### **9.5 Descripción del área**

El río Pumacunchi se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi, este cauce recorre los cantones de Saquisilí y Latacunga y recibe los vertidos de diferentes industrias y alcantarillado público, tiene una superficie de 11,18 km<sup>2</sup> y el área de estudio se ha determinado mediante sistemas de información geográfica en tres puntos específicos que se denominan puntos alto, medio y bajo, en los tres puntos se pudo identificar la presencia de flora y fauna propia del lugar y actividades agrícolas alrededor de este, además desde el punto alto existe presencia de desechos dentro del cauce y materia en descomposición que forma parte de la contaminación que el recurso hídrico presenta.

#### **9.6 Parámetros de muestreo en campo**

La metodología que se aplicó en campo estuvo basada en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169: Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras la misma que establece las técnicas y precauciones generales que deben considerarse para conservar y transportar muestras de agua incluyendo aquellas para análisis microbiológicos, se puede aplicar para muestras simples o compuestas, en este caso se realizó muestrassimples.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN. 2169) AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

### 9.6.1 Manejo y conservación

#### Tipos de recipientes

Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) Ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio (por ejemplo: los de borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio), metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados; (INEN, 2013)
- b) Absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras); (INEN, 2013)
- c) Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio). (INEN, 2013)
- d) Tener una superficie a la cual no se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes como metales pesados o radionucleidos. (INEN, 2013).

### 9.6.2 Muestreo de diatomeas epilíticas

Para la recolección y limpieza de las especies de diatomeas se utilizó la metodología del Dr. Eduardo Lobo, en cuanto al muestreo se realizó en tres puntos distintos de grado de contaminación del Río Pumacunchi, la cual se realizó en el mes de febrero y abril 2019.

#### Toma de muestras en la fase de campo

Se identificó tres puntos específicos a lo largo del Río Pumacunchi, y se recolectó 1 muestra por punto, seleccionando una piedra aproximadamente de 15 a 20 cm, esta piedra debe tener en la superficie una coloración parda, esto indica que está llena de diatomeas epilíticas. Una vez seleccionada la piedra se procede a raspar la superficie con un cepillo de cerdas duras, haciendo caer este sedimento pardo en un recipiente y lavando la piedra con agua destilada. Se recolectó aproximadamente 500ml de muestra en una botella plástica previamente etiquetada.

### **Procesos de laboratorio limpieza de la muestra.**

Todo el proceso de laboratorio se tomó de la metodología explicada en Lobo, (2016), que a su vez ha sido adaptada de Round, F.E. 1993. A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality.

### **Procedimiento de limpieza de las muestras de diatomeas epilíticas.**

- En un tubo falcón colocar 10 mL de muestra y 6 mL de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), obteniendo un total de 16ml.
- En un vaso de precipitación se coloca pedazos de cerámica para evitar el alto burbujeo al hervir, y se añade agua hasta que cubra el nivel de muestra en los tubos falcón.
- Luego se pone a hervir en una estufa durante 60 minutos, es necesario que este proceso se lleve a cabo en una campana extractora de gases, luego dejar enfriar (24 horas).
- Una vez que la muestra esta fría se coloca 0,4g de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en cada tubo falcón, se lleva nuevamente el vaso de precipitación con los tubos de ensayo y se calienta en la estufa durante 60 minutos a  $90^\circ C$ , después se deja reposar por 24 horas para poder seguir con el proceso.
- Luego de reposar 24 horas, se centrifuga a 3.000 rpm durante 2 minutos (verificar que los tubos tengan el mismo nivel de contenido para evitar que se rompan en la centrifugación) y se retira el sobrenadante, se vierte agua destilada hasta lograr los 10mL a manera de enjuague de la muestra y se centrifuga nuevamente y retiramos el sobrenadante. (Repetir este proceso hasta que el agua destilada quede de color transparente en todos los tubos).
- Ya retirado el sobrenadante se coloca a la muestra 2mL de ácido clorhídrico (HCl) y 10 mL de agua destilada, se coloca nuevamente en el vaso de precipitación y se pone a hervir durante 30 min en la campana extractora de gases, dejar enfriar.
- Con la muestra ya fría se centrifuga a 3.000 rpm durante 2 min y se retira el sobrenadante, luego se añade 10mL de agua destilada a modo de enjuague, se centrifuga y se retira el sobrenadante nuevamente (este proceso se repite 6 veces), con la finalidad de retirar todo el HCl de la muestra.
- Finalmente se deja a la muestra con 2mL de agua destilada.
- Para fijar las muestras en placas permanentes, se enciende la plancha de calentamiento a  $85^\circ C$ , colocando el cubre objetos y verter 1 gota de muestra con una pipeta, inmediatamente añadir de 2 a 3 gotas de agua destilada y proceder a agregar una gota

de alcohol al 70%, procurando agregarla en el centro con el fin de evitar el amontonamiento de diatomeas y se espera hasta que la muestra se seque.

- Después de secarse se toma el cubre-objetos y se lo invierte en un porta-objetos con 1 gota de Naphrax o resina para fijar placas, y se coloca nuevamente en la plancha de Calentamiento hasta su ebullición, después retirar de la plancha de calentamiento y presionar suavemente para un fijado homogéneo. Finalmente se etiqueta la placa y se observa.

### 9.6.3. Análisis de muestras

Para la identificación y conteo de diatomeas epilíticas se siguió el proceso establecido en la Norma Europea EN 14407 de agosto de 2004, y el libro del Dr. Lobo, además los links de identificación.

#### Observación de especies en el microscopio óptico, identificación taxonómica.

- Poner la lámina en el microscopio y añadir una gota de aceite de inmersión sobre el cubreobjetos al observar con el lente la estructura de las especies.
- Realizar una lista de taxones de ocurrencia de las muestras encontradas en el sitio de estudio, teniendo un registro de las valvas.
- Registrar la información en la hoja de laboratorio (Lobo, y otros, 2016).

#### Utilización del índice trófico de calidad del agua (ITCA)

Para calcular el valor trófico de cada especie se utilizó un sistema preliminar propuesto por Lobo et al. (2014) el cual estableció valores indicativos de 1, 2,5 y 4 a las diatomeas basándose en los valores de la abundancia relativa de especies y teniendo en cuenta el grado de tolerancia de cada especie a la eutrofización.

A partir de los resultados obtenidos de abundancia relativa de especies y los valores tróficos de cada especie se determinó el índice trófico de la calidad de aguas usando la formula descrita a continuación:

Cálculo del Índice Trófico de calidad de aguas adaptado de Pantle y Buck (1955):

$$TWQI = \frac{\sum (vt \cdot h)}{\sum h}$$

**En donde**

- **vt**= valor trófico de especies
- **h**= abundancia relativa de especies.

#### 9.6.4. Determinación del índice de calidad de agua (ICA)

Para la determinación del “ICA” se analizaron 12 parámetros, los cuales son:

- ✓ Coliformes Fecales (en ufc/100 mL)
- ✓ pH (en unidades de pH)
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/ L)
- ✓ Nitratos (NO<sub>3</sub> en mg/L)
- ✓ Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L)
- ✓ Turbiedad (en NTU)
- ✓ Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- ✓ Oxígeno disuelto (OD en mg/L)
- ✓ Clorofila ( en mg/m<sup>3</sup>)
- ✓ Arsénico ( en ug/L)
- ✓ Cambio de la Temperatura (en °C)

Los resultados obtenidos de los once parámetros físicos, químicos y microbiológicos se analizaron por medio de la metodología del ICA y el programa IQData del cual se determinó el índice de calidad del agua; arrojando valores que van del 0 al 100 para cada uno de los tres puntos acumulados durante los tres meses de muestreo y posteriormente se calificó para determinar el ICA del Río Pumacunchi.

#### 9.6.5. Herramientas para analizar los resultados

**Software: Excel**, permitió elaborar una base de datos para cuantificar las especies de diatomeas epilíticas identificadas en cada punto de muestreo y realizar las gráficas correspondientes de los parámetros analizados.

**Sistemas de información geográfica: ArcGIS**, es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Permitted crear los puntos de muestreo para determinar la ubicación exacta del lugar, además ayudó a caracterizar el lugar y obtener datos veraces.

**IQData**: Permitted calificar los análisis de laboratorio con valores del Índice de calidad del Agua, para de esta manera determinar el estado actual del río Pumacunchi.

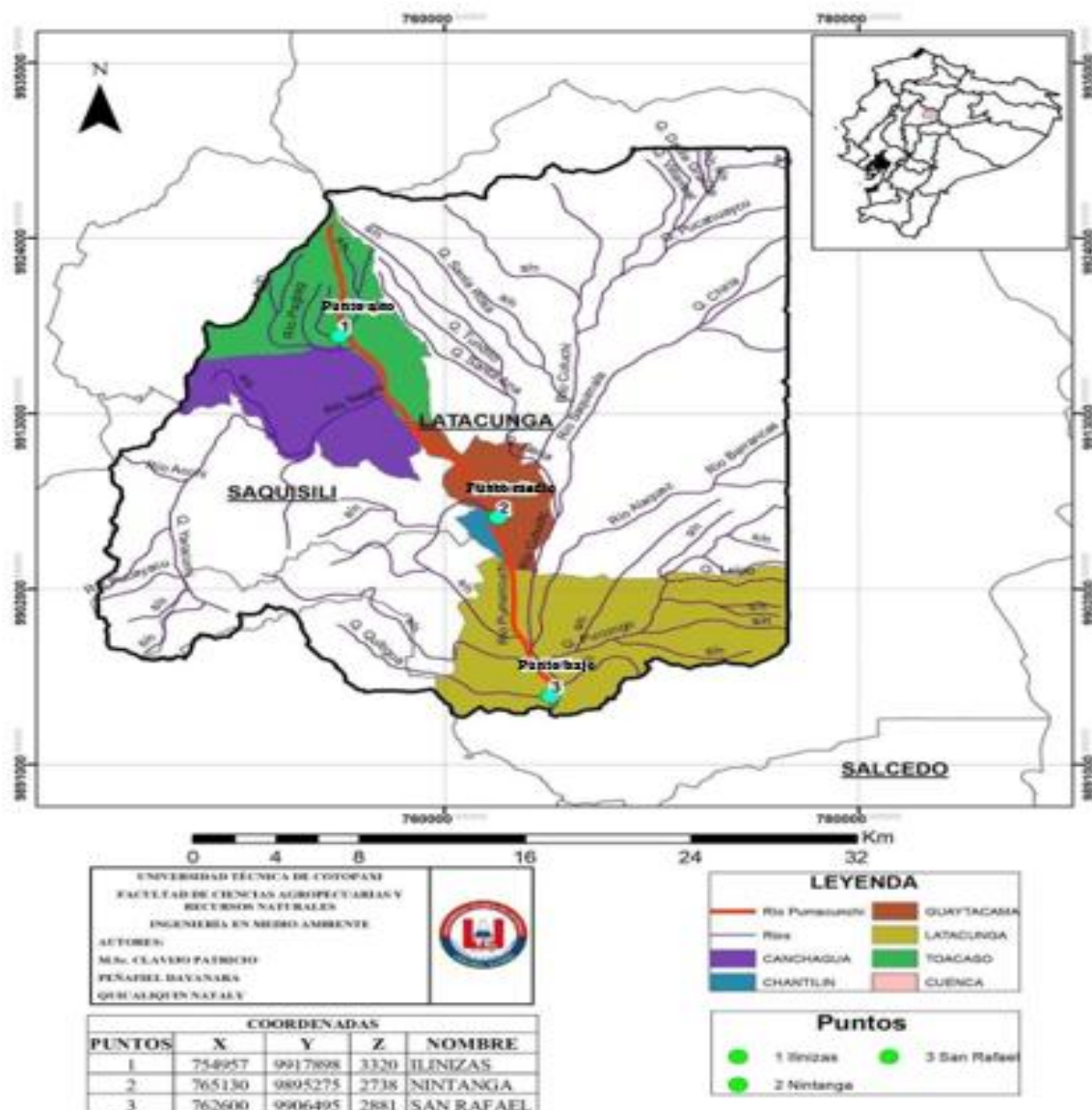
## CAPÍTULO III

### 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

#### 10.1 Georreferenciación del área de estudio.

El área de estudio se ha determinado mediante sistemas de información geográfica (ArcGis), en la siguiente figura se puede observar el mapa de ubicación de la microcuenca hidrográfica del Río Pumacunchi especificando los tres puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas y altitud, el punto alto ubicado cerca de los deshielos de los Illinizas, el punto medio en el sector de Guaytacama y el punto bajo en el barrio San Rafael de la ciudad de Latacunga.

**Figura 1:** Mapa del área de estudio y ubicación de la Microcuenca hidrográfica del río Pumacunchi, Cantón Latacunga, y los tres puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas.



Elaborado por: Equipo de trabajo (2019)

### 10.1.2 Localización

**Tabla 3:** Ubicación de los puntos de muestreo del río Pumacunchi

Código	Río	Puntos	Lugar	Ubicación (UTM)		
				x	Y	z
P1	Río Pumacunchi	Alto	Los Illinizas	754957	9917898	3320
P2	Río Pumacunchi	Medio	Guaytacama (Nintanga)	765130	9895275	2738
P3	Río Pumacunchi	Bajo	Latacunga (San Rafael)	762600	9906495	2881

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

## 10.2 INDICADORES BIÓTICOS

En el presente estudio se logró identificar un total de 63 especies de diatomeas epilíticas en los tres puntos de muestreo establecidos con sistemas de información geográfica en los meses febrero-abril 2019.



**Tabla 4 :** Datos generales de las especies de diatomeas encontradas en los puntos 1,2 y 3 en los meses Febrero-Abril 2019, en el río Pumacunchi.

N	Nombre científico			Número de individuos			ABUNDANCIA
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	P1	P2	P3	
1		Frustulia guayanensis ssp. ecuatoriana	Frustulia guayanensis ssp. ecuatoriana		246	6	252
2			Navicula lanceolata			224	224
3		Fallacia meridionalis Metzeltin	Fallacia meridionalis Metzeltin		7	175	182
4	Gomphonema sp	Gomphonema sp	Gomphonema sp.	35	106	35	176
5	Humidophila contenta	Humidophila contenta	Humidophila contenta	114	6	50	170
6	Luticola goeppertiana	Luticola goeppertiana	Luticola goeppertiana	30	119	8	157
7	Navicula cryptotenella	Navicula cryptotenella	Navicula cryptotenella	22	8	123	153
8		Cocconeis lineata	Cocconeis lineata		122	10	132
9	Nitzschia linearis	Nitzschia linearis	Nitzschia linearis	107	10	6	123
10		Planothidium bagualense			120		120
11		Sellaphora auldreekie			118		118
12	Humidophila lacunosa	Humidophila lacunosa	Humidophila lacunosa	22	6	88	116
13		Gomphonema brasiliense Metzeltin	Gomphonema brasiliense Metzeltin		111	4	115
14	Navicula rostellata	Navicula rostellata		98	8		106
15	Planothidium incuriatum			97			97
16		Cocconeis fluviatilis	Cocconeis fluviatilis		4	92	96
17	Ulnaria ulna	Ulnaria ulna		90	4		94
18	Gomphonema parvulum	Gomphonema parvulum	Gomphonema parvulum	22	15	54	91
19	Navicula cryptocephala kutzing			90			90
20	Humidophila subtropica	Humidophila subtropica	Humidophila subtropica	72	9	8	89
21		Gomphoneis elegans clevei			84		84

22	<i>Nupela pardinhoensis</i>		<i>Nupela pardinhoensis</i>	78		5	83
23	<i>Gomphonema lagenula</i>		<i>Gomphonema lagenula</i>	21		50	71
24			<i>Navicula tripunctata</i>			53	53
25	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	42	4	4	50
26	<i>Achnanthidium minutissimum</i>		<i>Achnanthidium minutissimum</i>	39		7	46
27			<i>Nitzschia umbonata</i>			44	44
28			<i>Navicula germainii</i>			41	41
29	<i>Meridion circulare</i>			36			36
30	<i>Gomphonema truncatum</i>			35			35
31	<i>Reimeria uniseriata</i>			31			31
32	<i>Encyonema neomesianum</i>			28			28
33	<i>Gyrosigma obtusatum</i>			27			27
34		<i>Gomphonema olivaceum</i>			25		25
35	<i>Navicula lohmannii</i>			23			23
36	<i>Nitzschia sigmoidea</i>			23			23
37		<i>Gomphonema cf. gracile</i>	<i>Gomphonema cf. Gracile</i>		17	5	22
38	<i>Fallacia monoculata</i>	<i>Fallacia monoculata</i>		9	6		15
39			<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>			11	11
40		<i>Nitzschia amphibia</i>	<i>Nitzschia amphibia</i>		8	3	11
41		<i>Brachysira neoexilis</i>			9		9
42		<i>Cymatopleura solea</i>			9		9
43	<i>Gyrosigma kuetzingil</i>			9			9
44		<i>Luticula simplex</i>			9		9
45			<i>Navicula cincta</i>			9	9
46			<i>Navicula gregaria</i>			9	9
47			<i>Nitzschia communis</i>			9	9
48			<i>Sellaphora seminulum</i>			9	9
49			<i>Amphipleura lindheimeri</i>			8	8

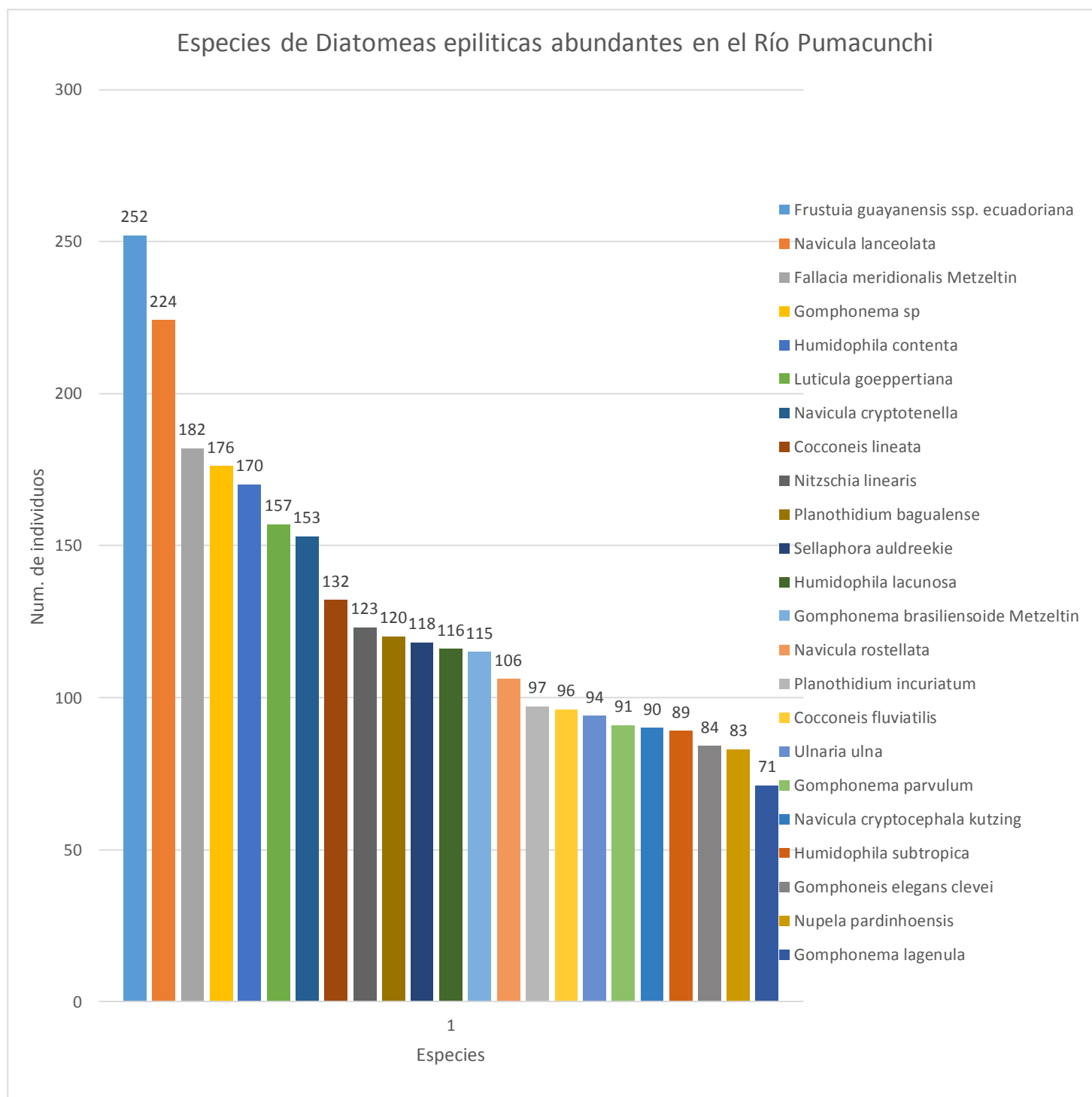
50			Adlafia drouetiana			6	6
51			Gomphonema bourbonense			6	6
52		Navicula aff. cosmopolitana			6		6
53			Nitzschia palea (kutz) W. Sm.			6	6
54			Diadesmis confervacea			5	5
55			Gomphonema parvulum f. saprophilum			5	5
56			Pinnularia sp.			5	5
57		Cyclotella meneghinian			4		4
58			Gomphonema minuta			4	4
59			Navicula notha			4	4
60			Fragilaria arcus (hannaea arcus)			3	3
61			Melosira varians			2	2
62			Navicula symmetrica			2	2
63			Planothidium lanceolatum			2	2
	<b>P1 Total: 26 Especies</b>	<b>P2 Total: 28 especies</b>	<b>P3 Total: 41 especies</b>				
			<b>TOTAL</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>1200</b>	<b>3600</b>

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

Se identificaron un total de 63 especies de diatomeas epilíticas en los tres puntos localizados del río Pumacunchi, exclusivamente en el punto uno sector Los Illinizas se encontraron 8 especies abundantes: *Humidophila contenta*, *Nitzschia linearis*, *Navicula rostellata*, *Planothidium incuriatum*, *Ulnaria ulna*, *Navicula cryptocephala kutzing*, *Nupela pardinhoensis*, *Humidophila subtropica*; en el punto dos sector Guaytacama se encontraron 8 especies abundantes: *Frustuia guayanensis* ssp. *Ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticola goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasiliense* Metzeltin, *Gomphonema* sp., *Gomphoneis elegans clevei*; en el punto tres sector San Rafael se encontraron 12 especies abundantes: *Navicula lanceolata*, *Fallacia meridionalis* Metzeltin, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis fluviatilis*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula tripunctata*, *Gomphonema lagenula*, *Humidophila contenta*, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema* sp. Además existieron especies que se encontraron en los tres puntos, como son: *Gomphonema* sp., *Humidophila contenta*, *Luticola goeppertiana*, *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia linearis*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum*, *Humidophila subtropica*. También se identificaron especies que se encontraron solo en el punto uno como son; *Planothidium incuriatum*, *Navicula cryptocephala kutzing*, *Meridion circulare* *Gomphonema truncatum*, *Reimeria uniseriata*, *Encyonema neomesianum*, *Gyrosigma obtusatum*, *Navicula lohmannii*, *Nitzschia sigmoidea*, *Gyrosigma kuetzingil*. Además se identificaron especies de Diatomeas epilíticas que se encontraron únicamente en el punto 2; *Planothidium bagualense*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphoneis elegans clevei*, *Gomphonema olivaceum*, *Brachysira neoexilis*, *Cymatopleura solea*, *Luticola simplex*, *Navicula* aff. *Cosmopolitana* y *Cyclotella meneghinian*. Y especies que se encontraron solo en el punto 3 considerado como bajo; *Navicula lanceolata*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema pumilum* var. *Rigidum*, *Navicula cincta*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia communis*, *Sellaphora seminulum*, *Amphipleura lindheimeri*, *Adlafia drouetiana*, *Gomphonema bourbonense*, *Nitzschia palea* (kutz.) W. Sm., *Diademsis confervacea*, *Gomphonema parvulum* f. *saprophilum*, *Pinnularia* sp., *Gomphonema minuta*, *Navicula nota*, *Fragilaria arcus* (*hannaea arcus*), *Melosira varians*, *Navicula symmetrica*, *Planothidium lanceolatum*.

El análisis cuantitativo y la identificación de los taxones de las especies encontradas se realizó mediante las siguientes referencias: (Roa, 2009); (Rodrigues, 2007); (Lobo E. A., 2016). Las especies abundantes se determinaron dividiendo el número de diatomeas totales entre el número de especies, considerando como abundantes las que están por encima de la media, ver (Tabla 7), según Lobo et al, 2016. Por lo tanto para el punto uno se consideró un valor superior a 48, para el punto dos un valor superior a 42 y para el tres un valor superior a 29.

**Figura 2:** Datos Generales de las especies de diatomeas epilíticas abundantes en el Recorrido Illinizas- San Rafael.



**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

## Interpretación

Se identificaron un total de 23 especies de diatomeas epilíticas abundantes en los tres puntos de muestreos (Punto 1, Punto 2, Punto 3) durante los dos meses de muestreo (febrero y abril); *Ulnaria ulna* (94 individuos) se identificó en el punto 1 y 2, *Navicula lanceolata* (224 individuos), se identificó solo en el punto 3 *Gomphonema sp* (176 individuos) consideradas especies de ambientes poco contaminados (oligosaprobios hasta beta-mesosaprobio), *Navicula cryptotenella* (153 individuos) se identificó en los tres puntos, *Sellaphora auldreekie* (118 individuos) se identificó solo en el punto 2, estas especies han sido consideradas indicadoras de una condición saprobia, por ser constante en situaciones de contaminación orgánica. *Gomphonema parvulum* (91 individuos) y *Humidophila contenta* (170 individuos), se encontraron en los tres puntos, *Gomphonema lagenula* (71 individuos) se identificó en el punto 1 y 2. Estas especies se consideran, propia de condiciones alfa-mesosapróbicas (fuertemente contaminadas). *Frustuia guayanensis ssp. Ecuatoriana* (252 individuos) esta especie es resistente a aguas moderadamente contaminadas. *Fallacia meridionalis Metzeltin* (182 individuos), , *Luticula goeppertiana* (157 individuos), *Cocconeis lineata* (132 individuos), *Nitzschia linearis* (123 individuos), *Planothidium bagualense* (120 individuos), *Humidophila lacunosa* (126 individuos), *Gomphonema brasiliense Metzeltin* (115 individuos) , *Navicula rostellata* (106 individuos), *Planothidium incuriatum* (97 individuos), *Cocconeis fluviatilis* (96 individuos), , *Navicula cryptocephala kutzing* (90 individuos), *Humidophila subtropica* (89 individuos), *Gomphoneis elegans clevei* (84 individuos), *Nupela pardinhoensis* (83 individuos).

### 10.3 ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA

Para la determinación del índice trófico de calidad del agua se asignaron valores tróficos a las especies abundantes que se encontraron en cada punto de muestreo, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{ITCA} = (vt * \%h)/h$$

**Tabla 5:** Determinación del índice trófico de calidad de agua Punto 1 (Illinizas)

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa	Vt %
<i>Humidophila contenta</i>	114	2,5	9,50	23,75
<i>Nitzschia linearis</i>	107	4	8,92	35,67
<i>Navicula rostellata</i>	98	4	8,17	32,67
<i>Planothidium incuriatum</i>	97	2,5	8,08	20,21
<i>Ulnaria ulna</i>	90	1	7,50	7,50
<i>Navicula cryptocephala kutzing</i>	90	2,5	7,50	18,75
<i>Nupela pardinhoensis</i>	78	1	6,50	6,50
<i>Humidophila subtropica</i>	72	1	6,00	6,00
			<b>Resultado=</b>	<b>1,51</b>
<b>ITCA 1,51= <math>\beta</math> mesotrófico (contaminación moderada)</b>				

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

**Tabla 6:** Determinación del índice trófico de calidad de agua Punto 2 (Guaytacama)

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa	Vt %
<i>Frustuia guayanensis ssp. Ecuadoriana</i>	246	4	20,50	82,00
<i>Cocconeis lineata</i>	122	2,5	10,17	25,42
<i>Planothidium bagualense</i>	120	2,5	10,00	25,00
<i>Luticula goeppertiana</i>	119	4	9,92	39,67
<i>Sellaphora auldreekie</i>	118	4	9,83	39,33
<i>Gomphonema brasiliense</i>				
<i>Metzeltin</i>	111	2,5	9,25	23,13
<i>Gomphonema sp</i>	106	1	8,83	8,83
<i>Gomphoneis elegans clevei</i>	84	1	7,00	7,00
			<b>Resultado =</b>	<b>2,50</b>
<b>ITCA 2,50= <math>\alpha</math> mesotrófico (contaminación fuerte)</b>				

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

**Tabla 7:** Determinación del índice trófico de calidad de agua Punto 3 (San Rafael)

Nombre	Especies		Abundancia	
	Abundantes	Valor Trófico	Relativa	Vt %
<i>Navicula lanceolata</i>	224	4	18,667	74,667
<i>Fallacia meridionalis</i>				
<i>Metzeltin</i>	175	4	14,583	58,333
<i>Navicula cryptotenella</i>	123	2,5	10,250	25,625
<i>Cocconeis fluviatilis</i>	92	2,5	7,667	19,167
<i>Humidophila lacunosa</i>	88	2,5	7,333	18,333
<i>Gomphonema parvulum</i>	54	2,5	4,500	11,250
<i>Navicula tripunctata</i>	53	1	4,417	4,417
<i>Gomphonema lagenula</i>	50	2,5	4,167	10,417
<i>Humidophila contenta</i>	50	2,5	4,167	10,417
<i>Nitzschia umbonata</i>	44	2,5	3,667	9,167
<i>Navicula germainii</i>	41	2,5	3,417	8,542
<i>Gomphonema sp.</i>	35	1	2,917	2,917
Resultado=				2,55
<b>ITCA 2,55= <math>\alpha</math> mesotrófico ( contaminación fuerte)</b>				

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)



**Tabla 8:** Promedio general Índice trófico de calidad de agua del Río Pumacunchi

Promedio de contaminación del Río Pumacunchi				
Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa	Vt %
<i>Frustuia guayanensis ssp. ecuatoriana</i>	252	4	7,00	28,00
<i>Navicula lanceolata</i>	224	4	6,22	24,89
<i>Fallacia meridionalis Metzeltin</i>	182	4	5,06	20,22
<i>Gomphonema sp</i>	176	1	4,89	4,89
<i>Humidophila contenta</i>	170	2,5	4,72	11,81
<i>Luticula goeppertiana</i>	157	4	4,36	17,44
<i>Navicula cryptotenella</i>	153	2,5	4,25	10,63
<i>Cocconeis lineata</i>	132	2,5	3,67	9,17
<i>Nitzschia linearis</i>	123	4	3,42	13,67
<i>Planothidium bagualense</i>	120	2,5	3,33	8,33
<i>Sellaphora auldreekie</i>	118	4	3,28	13,11
<i>Humidophila lacunosa</i>	116	2,5	3,22	8,06
<i>Gomphonema brasiliense Metzeltin</i>	115	2,5	3,19	7,99
<i>Navicula rostellata</i>	106	4	2,94	11,78
<i>Planothidium incuriatum</i>	97	2,5	2,69	6,74
<i>Cocconeis fluviatilis</i>	96	2,5	2,67	6,67
<i>Ulnaria ulna</i>	94	1	2,61	2,61
<i>Gomphonema parvulum</i>	91	2,5	2,53	6,32
<i>Navicula cryptocephala kutzing</i>	90	2,5	2,50	6,25
<i>Humidophila subtropica</i>	89	1	2,47	2,47
<i>Gomphoneis elegans clevei</i>	84	1	2,33	2,33
<i>Nupela pardinhoensis</i>	83	1	2,31	2,31
<i>Gomphonema lagenula</i>	71	2,5	1,97	4,93
Resultado=				2,3
ITCA 2,0 = $\beta$ mesotrofico (contaminacion moderada)				

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

**Tabla 9:** Relación entre el Índice Trófico de calidad de Agua (ITQA) y la calidad del agua.

ITQA	Niveles de contaminación
1,0 – 1,5	Oligotrófico (contaminación depreciable)
1,5 -2,5	$\beta$ -mesotrófico (contaminación moderada)
2,5 – 3,5	$\alpha$ -mesotrófico (contaminación fuerte)
3,5 – 4,0	Eutrófico (contaminación excesiva)

**Fuente:** Lobo et al (2014)

**Tabla 10:** Resultados del índice trófico de calidad del agua (ITCA) mediante la identificación de diatomeas epilíticas.

Datos			Valor IQA	Clasificación
Punto	Lugar	Fecha		
P1	Ilinizas	Febrero-abril	1,51	<b>B Mesotrófico (contaminación moderada)</b>
P2	Guaytacama (Nintangá)	Febrero-abril	2,50	<b><math>\alpha</math> Mesotrófico (contaminación fuerte)</b>
P3	San Rafael	Febrero-abril	2,55	<b><math>\alpha</math> Mesotrófico (contaminación fuerte)</b>

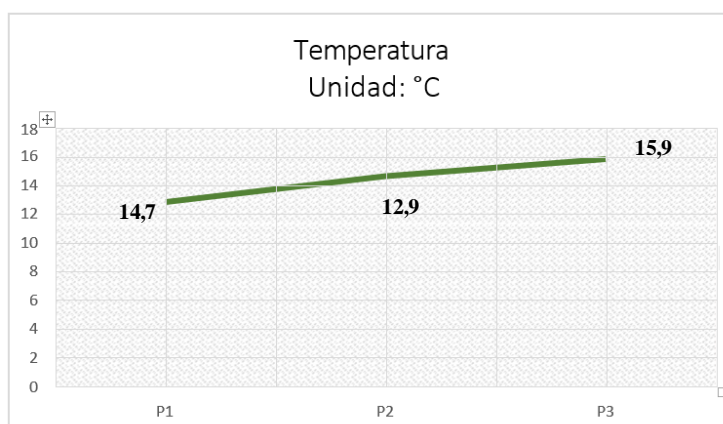
**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

Se han realizado múltiples estudios de calidad agua, utilizando distintos métodos, en los últimos años se ha considerado que los bioindicadores en este caso diatomeas epilíticas resultan muy favorables para la determinación de la calidad de agua de un cuerpo hídrico ya que las comunidades de diatomeas epilíticas es el resultado de las interacciones espaciales y temporales de los factores fisicoquímicos, más que de los factores geológicos o climáticos (Potapova & Charles, 2002); por ello, la química del agua ha sido considerada como el elemento crucial para la composición de las especies (Soininen et al. 2004).

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron con el ICA, tienen una relación con los niveles de contaminación obtenidos con el ITCA de las especies de diatomeas epilíticas, teniendo así; que los dos índices arrojaron tres clasificaciones del estado del agua. En el ICA con calificaciones de 19,6 con determinación MUY MALO en el punto 1 sector los Illinizas considerado como punto alto al inicio del estudio, sin embargo una vez realizada la investigación y el análisis del agua el panorama fue cambiando y se comprobó que el Río Pumacunchi tiene contaminación desde su inicio debido al avance de la frontera agrícola y ganadera en los páramos, 11,8 con determinación MUY MALO en el punto 2 sector Guaytacama (medio) y 7,33 con determinación MUY MALO en el punto 3 sector San Rafael (bajo) , y en el ITCA con niveles de contaminación de 1,51  $\beta$  mesotrófico (**contaminación moderada**) en el Punto 1 sector Illinizas , **2,50=  $\alpha$  mesotrófico ( contaminación fuerte)** en el punto 2 sector Guaytacama y **2,55=  $\alpha$  mesotrófico ( contaminación fuerte)** en el punto 3 sector San Rafael, estos resultados guardan relación con el estudio realizado por (Uvillus, 2017) que presenta tres clasificaciones del estado del agua, para el ICA con calificaciones de bueno, regular y malo, y para el ITCA con niveles de contaminación de Oligotrófico,  $\beta$ -mesotrófico,  $\alpha$ -mesotrófico y Eutrófico. Además, el estudio realizado por (Rosero, 2016), el cual fue establecer un índice biótico de calidad del agua, señala que existen variaciones espaciales y temporales de especies de diatomeas epilíticas que se relacionan con los parámetros fisicoquímicos y ambientales como son la presencia de materia orgánica, oxígeno disuelto, pH, demanda bioquímica de oxígeno y temperatura, determinando que es acorde con los datos obtenidos que se presentan en este estudio.

## 10.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS INDICADORES ABIÓTICOS

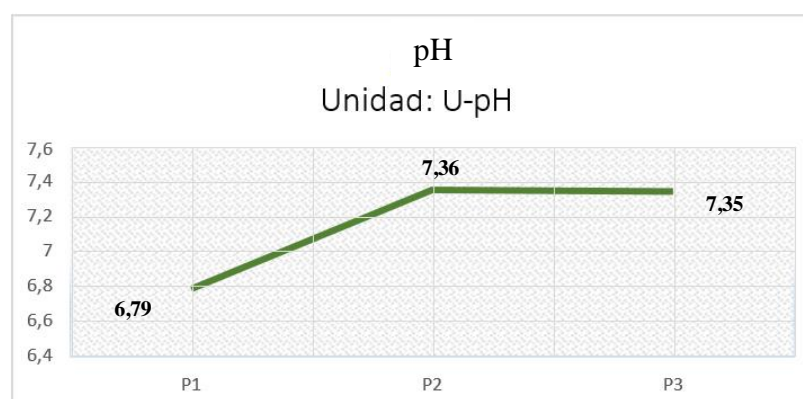
**Figura 3:** Temperatura del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

En la figura 3 correspondiente a la temperatura analizada en el mes de Marzo a lo largo del Río Pumacunchi en los tres puntos de monitoreo ha ido aumentando, esto se debe a las condiciones geográficas de cada uno de los sitios en estudio y a la hora de la toma de muestras, la primer punto (alto) obtuvo el valor más bajo de 12,9 °C, debido a que se encuentra a 3320 m.s.n.m (hora 10:45 am.), el segundo punto (medio) de 14,7 °C ubicado a 2738 m.s.n.m (hora 11:59 am.) y en el punto 3 (bajo) un valor de 15,9 °C ubicado a 2881 m.s.n.m. (hora 12:39 pm.), la temperatura no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”.

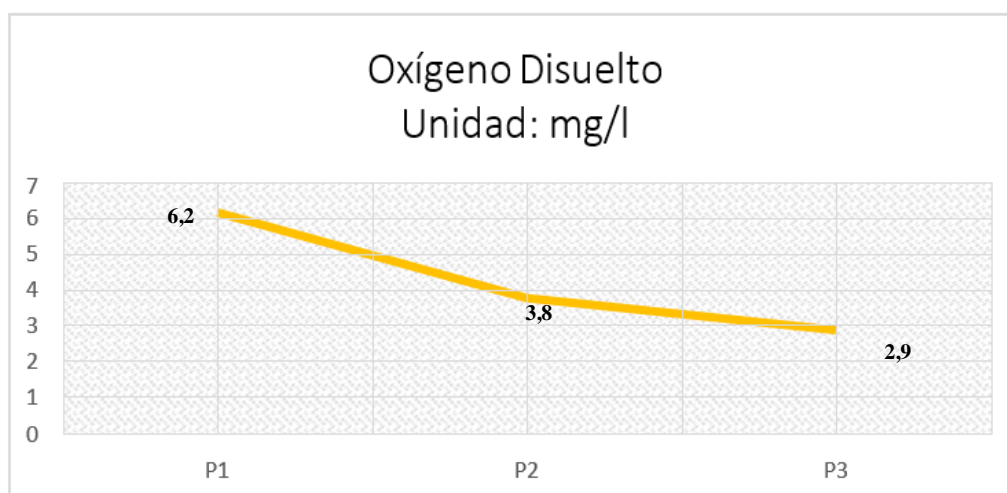
**Figura 4:** pH del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

En el mes de Marzo durante el muestreo realizado en los tres puntos seleccionados se ha obtenido la figura 4 con una variación significativa de punto a punto con un valor de 6,79 en el P1 que en la escala de pH corresponde a ácido en el P2 un resultado de 7,36 y en el P3 7,35 que se consideran básicos o alcalinos, este cambio del punto uno dos y tres se debe a la presencia del tipo de descargas de industrias como de brocoleras, madereras, automotrices, florícola y alcantarillado; además en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, el límite máximo permisible de pH es de 6 a 9, el cual si cumple en el presente estudio.

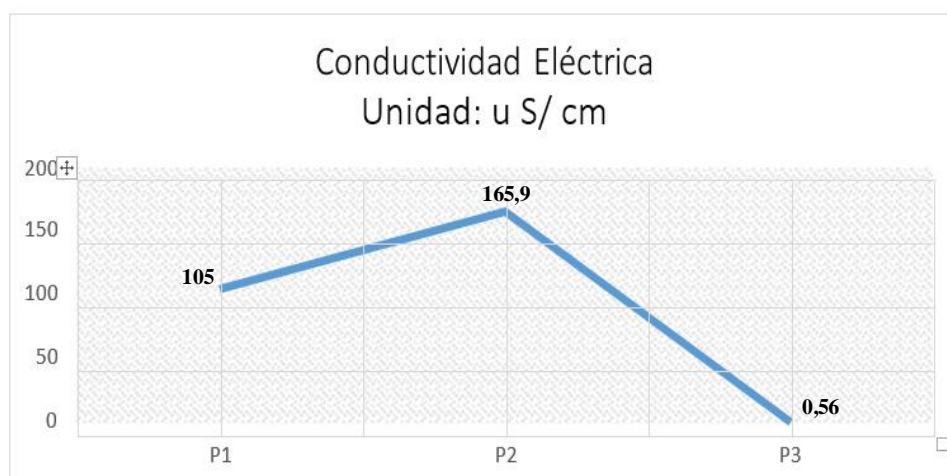
**Figura 5:** Oxígeno disuelto del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

La figura 5 correspondiente a el oxígeno disuelto presenta los resultados registrados en el mes de Marzo, en los tres puntos de muestreo se consiguió un valor de 6,2 mg/l en el P1, en el P2 un valor de 3,8 mg/l y en el P3 un valor de 2,9 mg/l. El nivel más elevado de oxígeno disuelto se presenta en el punto 1 (Los Illinizas), lo cual se debe a que en este tramo del río hay mayor burbujeo los siguientes puntos tiene valores reducidos debido a la sobrefertilización de las plantas por la fuga desde los campos de los fertilizantes conteniendo estos nitratos y fosfatos (son ingredientes de los fertilizantes). OD no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”.

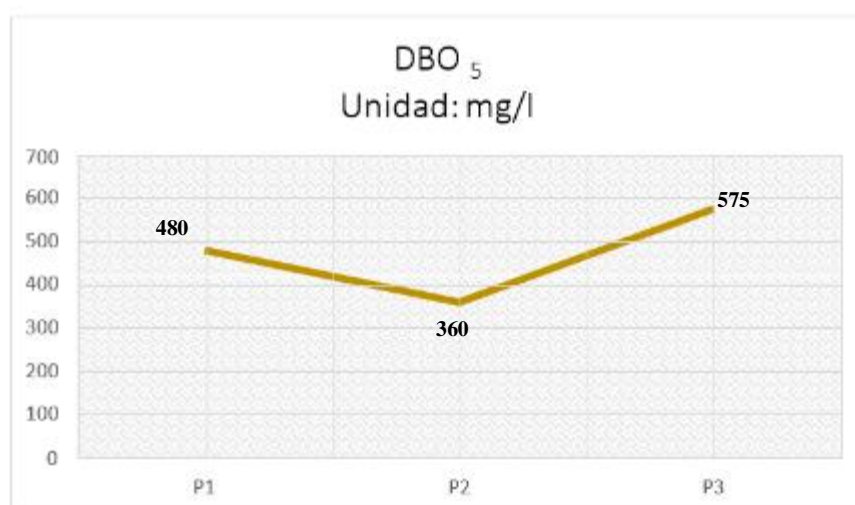
**Figura 6:** Conductividad Eléctrica del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

La figura 6 contiene los resultados de la conductividad eléctrica: en el P1 presentando un valor de 105 uS/cm, en el P2 un valor de 165,9 uS/cm y en el P3 un valor de 0,56 uS/cm. Esto se debe a cantidad de sales disueltas en el río producto de las descargas industriales que recibe en su recorrido. La conductividad eléctrica no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, pero es necesario analizar para establecer la cantidad de sales presentes en los puntos de muestreo establecidos.

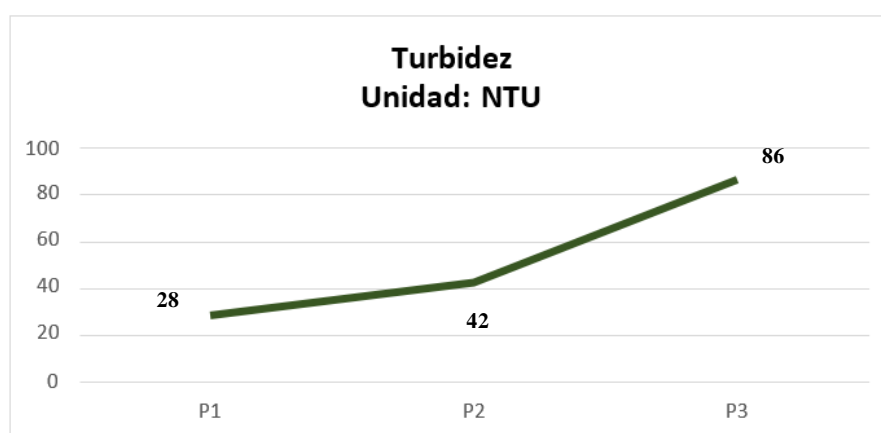
**Figura 7:** DBO<sub>5</sub> del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

La figura 7 contiene los resultados de la Demanda Bioquímica De Oxígeno de los tres puntos de muestreo del mes de Marzo lo cuales presentan los siguientes valores: en el P1 un valor de 480 mg/l, en el P2 un valor de 360 mg/l y en el P3 un valor de 575 mg/l en el punto tres se presentó el valor más alto lo que quiere decir que existe un elevado consumo de oxígeno por parte de los microorganismos aerobios debido a la presencia de materia orgánica por las descargas residuales de la ciudad de Latacunga. El DBO5 no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, pero es necesario analizar para establecer la cantidad de sales presentes en los puntos de muestreo establecidos.

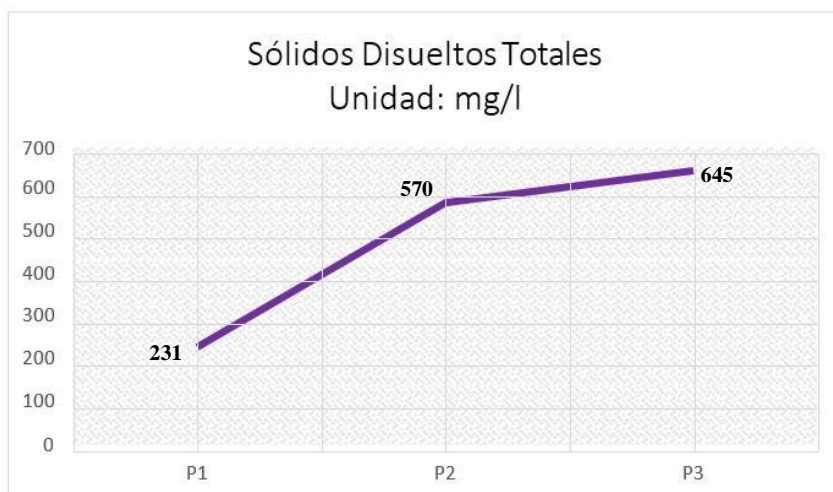
**Figura 8:** Turbidez del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

La figura 8 contiene los valores del parámetro turbidez que es uno de los más importantes en la calidad del agua, ya que es indicativo de contaminación en el cauce. Los valores conseguidos del muestreo son: en el P1 28 NTU, en el P2 un valor de 42 NTU y en el P3 un valor de 86 NTU, los valores altos de turbidez se deben principalmente a la presencia de partículas de tierra producto de la erosión provocada por el cambio de época como las lluvias, así como por la presencia de material orgánico debido a la descarga de aguas residuales sobre el cuerpo hídrico. La Turbidez no se analiza en el libro VI- Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, pero es necesario analizar para establecer la cantidad de sales presentes en los puntos de muestreo establecidos.

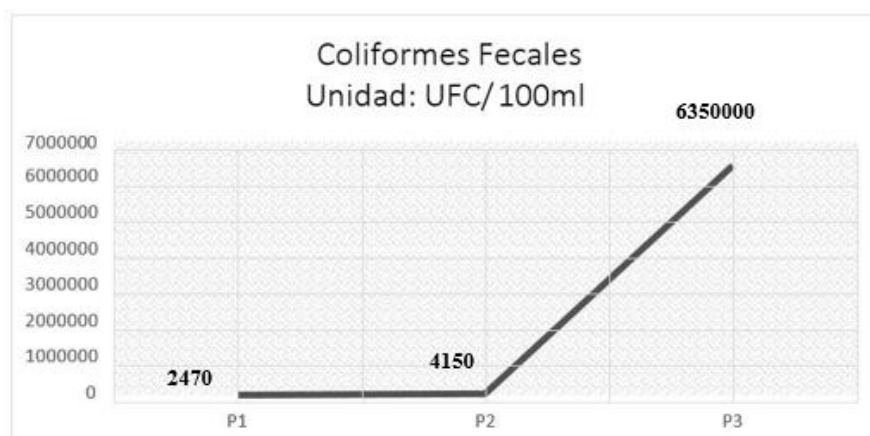
**Figura 9:** Sólidos disueltos totales del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado:** por el grupo de trabajo (2019)

En la figura 9 correspondiente a sólidos disueltos totales se puede observar la variación en el mes de Marzo en los tres puntos de muestreo se obtuvo los siguientes valores: en el P1 un valor de 231 mg/l en el P2 un valor de 570 mg/l y en el P3 un valor de 645 mg/l este parámetro va incrementando progresivamente a medida que el río se contamina o recibe mayores descargas. Además, en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, el límite máximo permisible de SDT es de 3000,0 mg/l, el cual si cumple en el presente estudio.

**Figura 10:** Coliformes fecales del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019

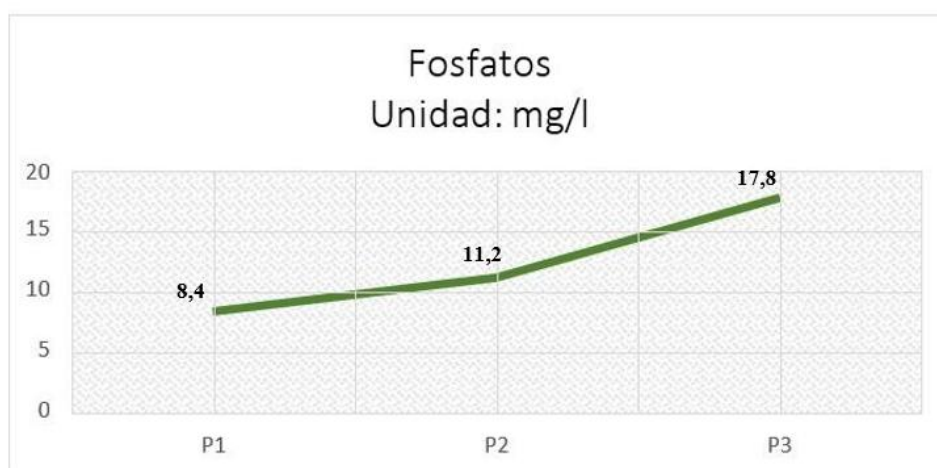


**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)



En la figura 10 correspondiente a coliformes fecales se puede evidenciar los siguientes valores obtenidos de los tres puntos de muestreo para el P1 un valor de 2470 UFC/100 ml para el P2 un valor de 41500 UFC/100 ml y para el P3 un valor de 6350000 UFC/100 ml de acuerdo a estos resultados se puede deducir que el cuerpo hídrico del Río Pumacunchi a medida que sigue su recorrido aumentan los coliformes fecales debido a las descargas de aguas residuales e industriales como de brocoleras, madereras, automotrices, florícola y alcantarillado público provocando que el agua no sea apta para el consumo. Los coliformes fecales es uno de los parámetros más significativo para evaluar la calidad del agua porque si existe presencia de este en el cauce y se consume puede provocar graves daños a la salud humana. Además, en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”, el límite máximo permisible de Coliformes Totales es de 1000,0 UFC / 100 ml, el cual no cumple con los límites máximos permisibles.

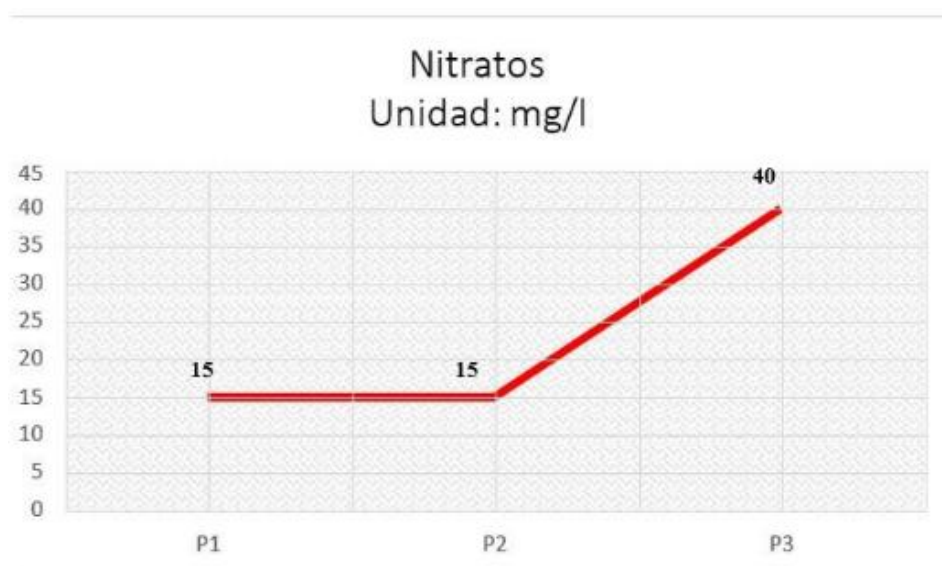
**Figura 11:** Fosfatos del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

En la figura 11 correspondiente a Fosfatos se presentan los siguientes valores en los tres puntos de muestreo del mes de Marzo en el P1 8,4 mg/l en el P2 11,2 mg/l y en el P3 17,8 mg/l, claramente se identificó que los valores van aumentando debido a las descargas de tipo industrial y residual que el cauce recibe, existe presencia de fosfatos con niveles por encima de 1 mg/l que es límite máximo permisible de acuerdo a la OMS. Los Fosfatos no se analiza en el libro VI- Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”.

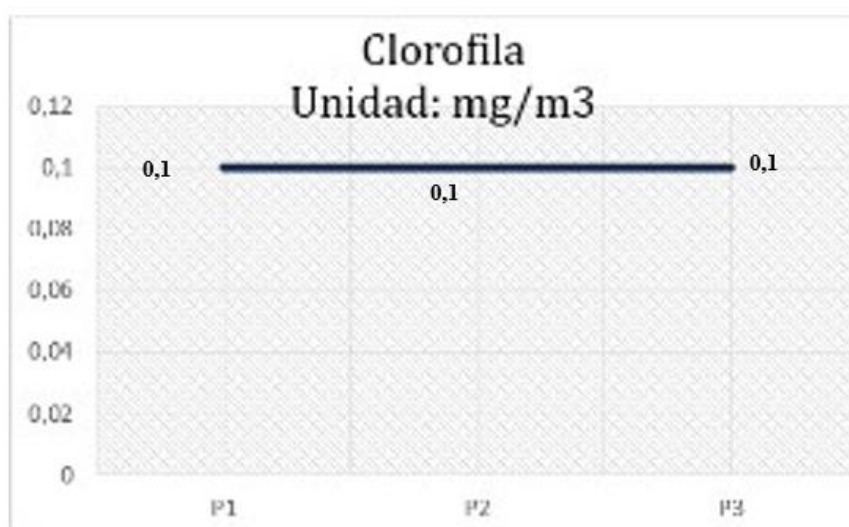
**Figura 12:** Nitratos del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 2019.



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

En la figura 12 correspondiente a Nitratos los valores identificados en los tres puntos de muestreo son en el P1 un valor de 15 mg/l en el P2 un valor de 15 mg/l y en el P3 un valor de 40 mg/l, los valores van incrementando debido a la contaminación que recibe el río, lo cual es un elemento que provoca la eutrofización de los cuerpos hídricos. Los Nitratos no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”.

**Figura 13:** Clorofila del mes de Marzo en los tres puntos de muestreo del Río Pumacunchi 20



**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

En la figura 13 correspondiente a la clorofila que es un resultado adicional, y sirve para percibir la distribución de diatomeas en cada uno de los puntos, la presencia de materia orgánica y el nivel de eutrofización, en el mes de Marzo en los tres puntos de muestreo se halló un valor de 0,1 equivalente a que existe una mínima cantidad de clorofila. La clorofila no se analiza en el libro VI-Anexo 1 tabla 6: criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua “TULSMA”.

## 10.5 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA

**Tabla 11:** Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en los tres puntos seleccionados del río para el análisis del IQA.

Variables	T (°C)	pH (U-Ph)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	CE (uS/cm)	DBO 5 (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Clorofila	Fosfatos (mg/L)	Coliformes fecales UFC/100 mL	Solidos disueltos totales (mg/L)	Turbidez (NTU)
P1 Marzo	12,9	6,79	6,2	105	480	15	0,1	8,4	2470	231	28
P2 Marzo	14,7	7,36	3,8	165,9	360	15	0,1	11,2	41500	570	42
P3 Marzo	15,9	7,35	2,9	0,56	575	40	0,1	17,8	6350000	645	86

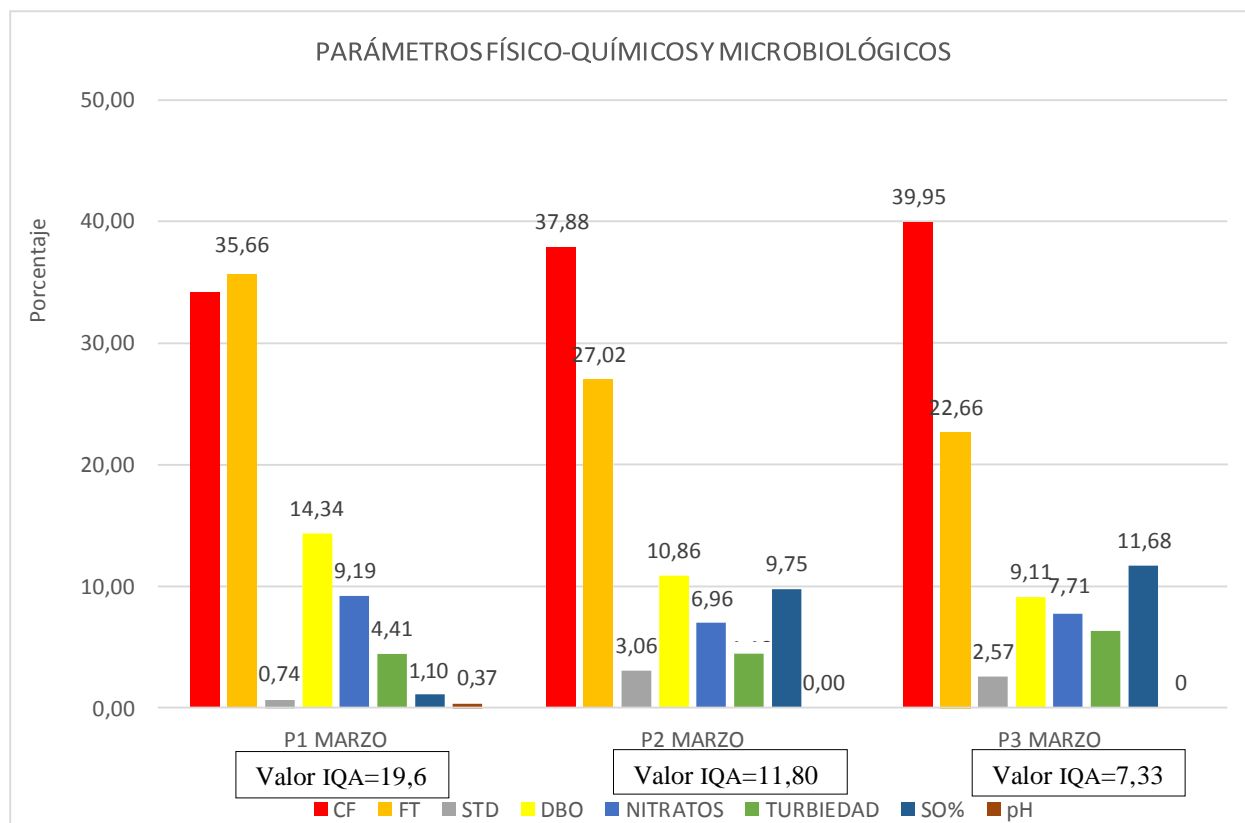
**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

Se analizaron 11 parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la micro cuenca del Río Pumacunchi (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, DBO5, Nitratos, Clorofila, Fosfatos, Coliformes Fecales, Solidos disueltos totales, Turbidez), ver (tabla 20), (tabla 21) y (tabla 22) mismos que permitieron analizar la calidad del agua mediante el programa IQData en los tres puntos determinados.

Una vez obtenidos los resultados del análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se ingresó los datos al programa IQData y se obtuvo la calificación de los 3 puntos monitoreados, ver (tabla 19) (tabla 20) (tabla 21), dichos resultados de la calidad del agua se realizaron en un laboratorio de calidad de agua.

## Resultado de los parámetros físico químicos y microbiológicos obtenidos del programa IQData

**Figura 14:** Datos generales de la variación de los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos a través del programa IQData en los tres puntos caracterizados: punto P1 (alto), P2 (medio) y P3 (bajo)



**Fuente:** Grupo de trabajo (2019)

En el Punto 1 Sector Illinizas se obtuvo una calificación de MUY MALO con un porcentaje del 19,6%, en el Punto 2 Sector Guaytacama (Nintanga) se obtuvo una calificación del 11,80% y en el Punto 3 sector San Rafael considerado como punto bajo se obtuvo 7,33% con una calificación de MUY MALO.

Los rangos van de 0-25 MUY MALO, 26-50 MALO, 51-70 REGULAR, 71-90 BUENO, 91-100 EXCELENTE según Posselt & Costa (2010), de esta manera se evidencia que la calidad de agua en los 3 puntos focalizados del río en estudio tiene una calificación de MUY MALA.

El punto 1 obtuvo un valor más elevado sin embargo no alcanza un rango de calificación buena, el Punto 2 se ve más afectado debido a las descargas directas de aguas contaminadas al afluente sin tener ningún tipo de tratamiento, el Punto 3 es sumamente bajo y preocupante, una vez que

atraviesa la Ciudad de Latacunga recibe un sin número de descargas residuales generado por las distintas actividades económicas del cantón y por los mismos ciudadanos que arrojan todo tipo de desechos, afectando los suelos y cultivos que son alimentados con las aguas de este río

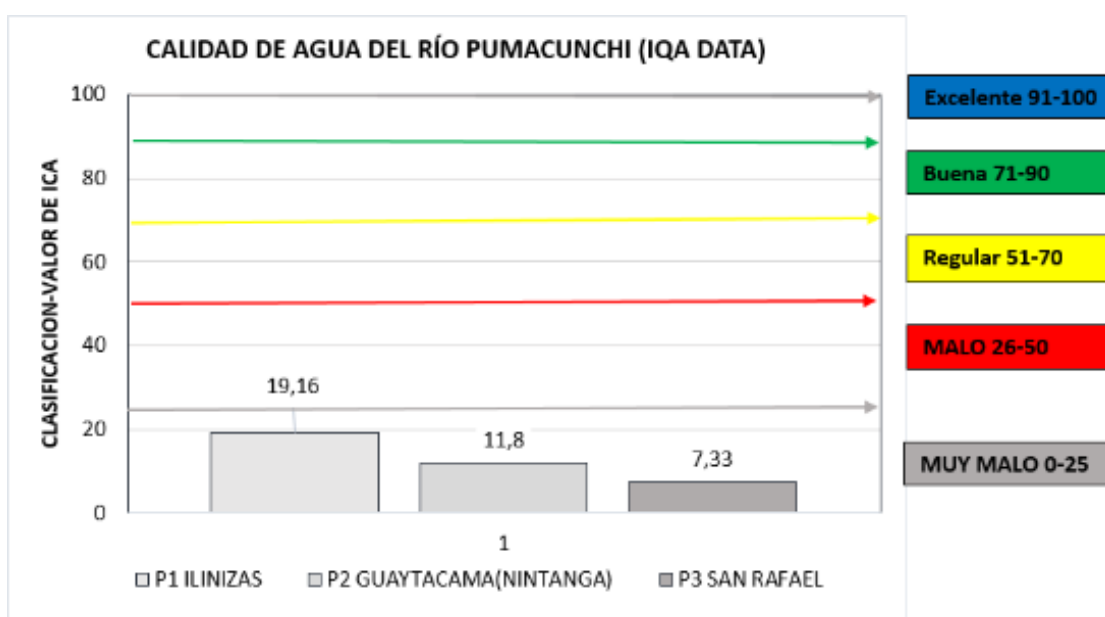
### 10.6 Resultados obtenidos IQ-DATA en los puntos de muestreos localizados en el río “Pumacunchi”

**Tabla 12:** Índice de calidad de agua (ICA)

Datos			Valor IQA	Clasificación
Punto	Lugar	Fecha		
P1	Illinizas	22/03/2019	19,16	Muy malo
P2	Guaytacama (Nintanganga)	22/03/2019	11,80	Muy malo
P3	San Rafael	22/03/2019	7,33	Muy malo

**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

**Figura 15:** Clasificación de la calidad de agua según IQA-DATA en los tres puntos focalizados del Río Pumacunchi



**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

**Tabla 13:** Rangos para determinar el Índice de calidad del agua.

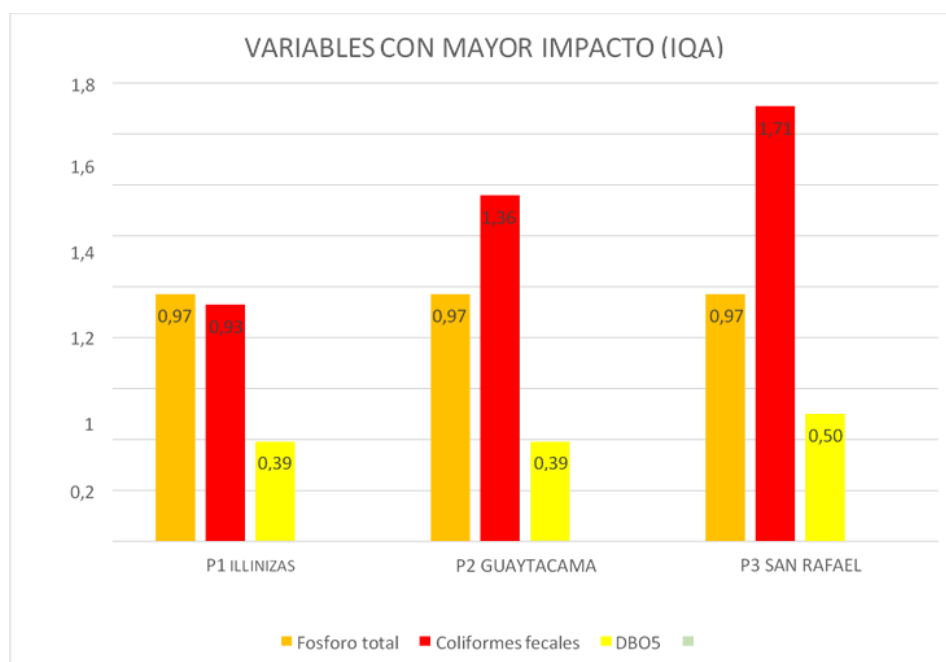
Calificación	Valor de IQA
Muy malo	0 – 25
Malo	26 – 50
Regular	51 – 70
Bueno	71 – 90
Excelente	91 – 100

**Fuente:** (Posselt & Costa, 2010)

### Variables que representan mayor impacto en la clasificación del índice de calidad del agua (IQA)

Los valores de las variables que representan mayor impacto en la calificación del índice de calidad del agua, se obtuvieron de la diferencia de resultado que hubo entre el resultado medio y el resultado máximo del (ICA) ver (Figura 17) (Figura 18) (Figura 19). Analizados en el programa IQA-DATA, permitiendo identificar los parámetros con mayor impacto en el agua del río en estudio.

**Figura 16:** Variables que representan mayor impacto en la clasificación del índice de calidad del agua (IQA)



**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

Los resultados en los tres puntos muestreados presentan valores altos en coliformes fecales obteniendo un valor con mayor impacto de 1,71 en el punto 3 sector San Rafael (bajo), debido a las descargas de aguas residuales que recibe producto de las actividades antrópicas de la ciudad de Latacunga, de la misma manera ocurre con el punto 2 con un valor de 1,36 y en menor porcentaje el punto 1 obteniendo un valor de 0,93 que sigue siendo crítico, este punto fue considerado como punto alto al inicio de la investigación pero los datos reflejan altos niveles de contaminación cambiando el panorama inicial, consecuentes de la actividad agrícola, ganaderas y descargas de aguas residuales domésticas directas al río, estos resultados representan más del 79,81% del aporte para determinar el IQA.00

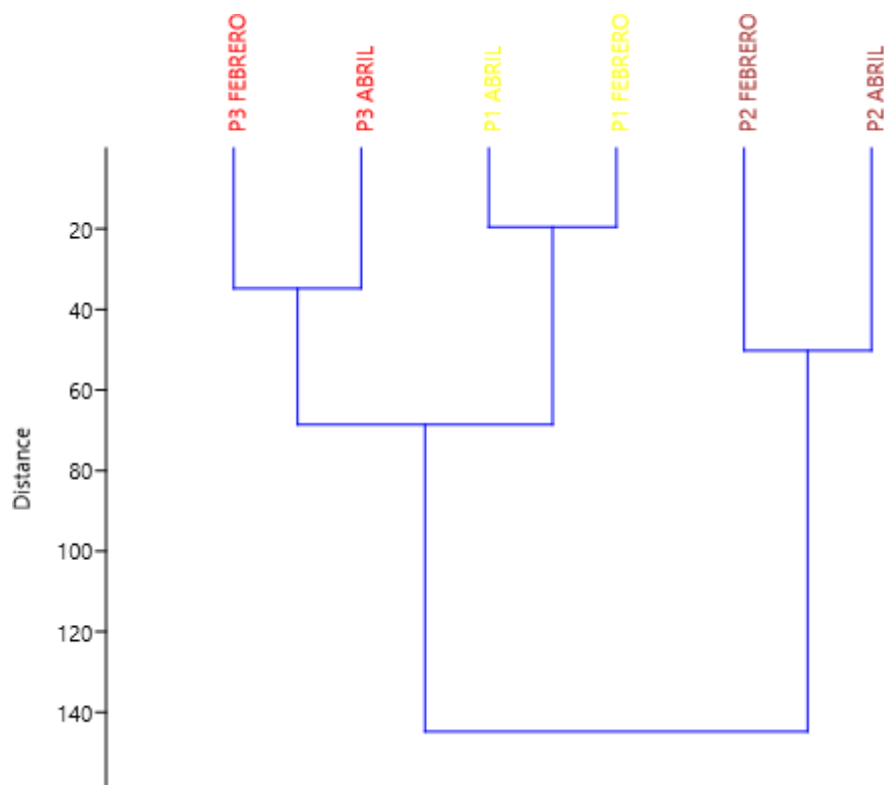
El parámetro Fósforo total también obtuvo valores altos en los tres puntos muestreados representando el 64% del aporte para determinar el IQA, tiene un valor de 0,97 en los tres puntos localizados. Los niveles de Fosforo total indican que existe una importante oferta del nutriente debido a la degradación de la materia orgánica (Wetzel 2001), y altos aportes provenientes de vertidos domésticos, agrícolas e industriales (Arocena 2015) que estaría favoreciendo la eutrofización, afectando de esta manera la calidad de agua del río en estudio.

Otro de los parámetros con índices altos fue el DBO5, En el punto 1 obtuvo un valor del 0,39, el punto 2 obtuvo también un valor del 0,39 y el punto 3 obtuvo un valor más elevado 0,50, debido al consumo de oxígeno por parte de los microorganismos aerobios por causa de la presencia de materia orgánica por las descargas residuales de la ciudad de Latacunga estos resultados representan el 46% del aporte para determinar el IQA.

## 10.7 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Análisis de conglomerados o análisis clúster

**Figura 17:** Dendrograma de los puntos de muestreo y las especies de diatomeas epilíticas encontradas en los meses febrero y abril 2019 en la microcuenca del río “Pumacunchi”.



**Fuente:** Programa Past 13

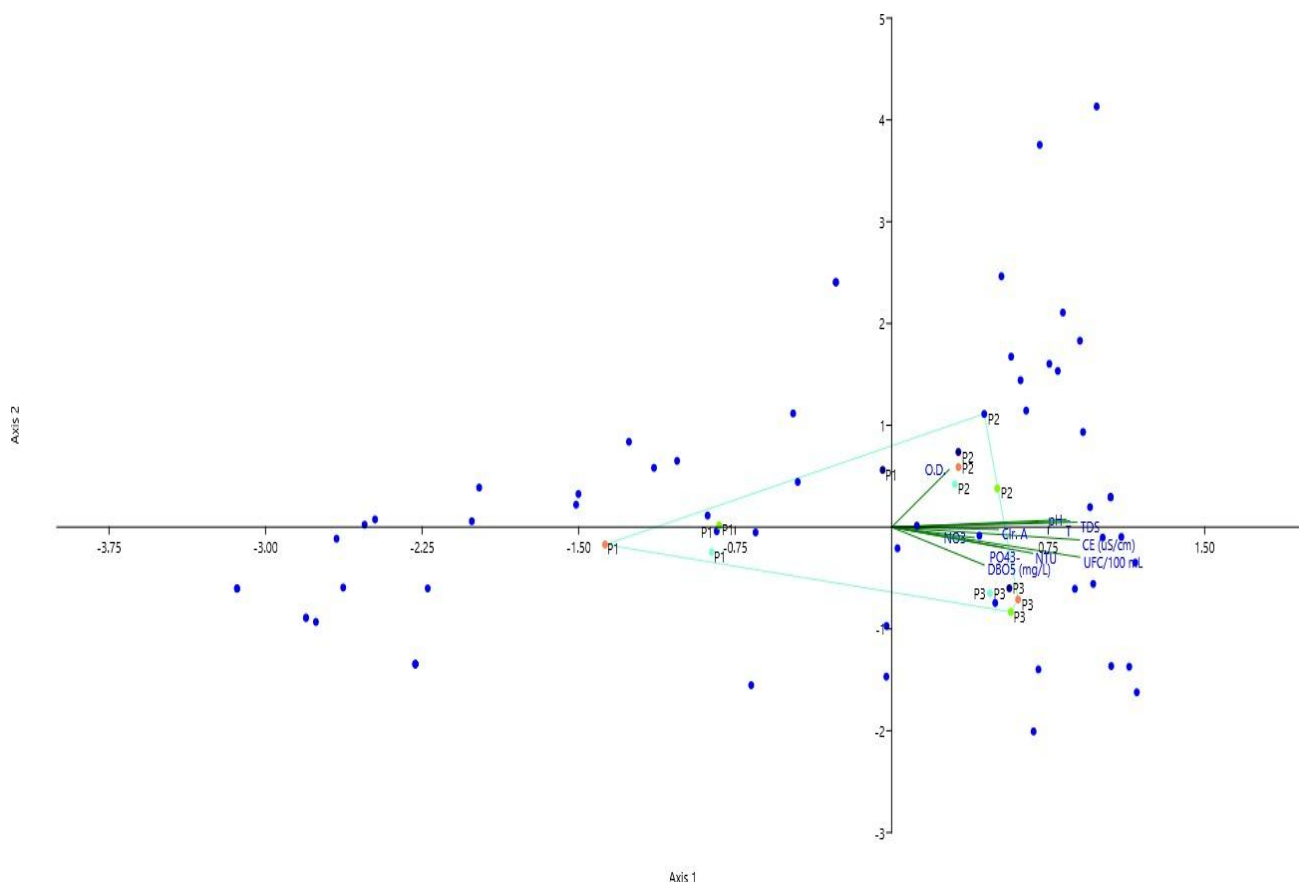
**Elaborado por:** Equipo de trabajo (2019)

El dendrograma diseñado para el río Pumacunchi (Figura 20) muestra la conformación de tres grupos: el primer grupo de color rojo contiene los puntos 3 ubicados en el Sector San Rafael considerado como punto bajo en los muestreos realizado en febrero y abril 2019, el segundo grupo integrado por los puntos 1 ubicados en el sector Illinizas que están de color amarillo de los meses febrero y abril 2019, el tercer grupo de color marrón pertenece a los puntos 2 ubicado en el Sector Guaytacama formado por los meses de febrero y abril, mostrándose con un comportamiento altamente homogéneo. El análisis de correlación entre los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, DBO5 Nitratos, Clorofila, Fosfatos, Coliformes fecales, Solidos Disueltos y turbidez) y las especies de Diatomeas epilíticas, determinaron que existe una relación directa entre estos.



## Análisis canónico de correspondencia

**Figura 18:** Diagrama de dispersión basado en la CCA de las muestras de diatomeas de tres puntos de muestreo, correlacionadas con las variables ambientales con relación a los ejes 1 y 2: Temperatura (T), pH, Conductividad eléctrica (CE), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Nitratos (NO<sub>3</sub>-), Fosfatos (PO<sub>4</sub>3-), Coliformes fecales (UFC/100ml), Sólidos disueltos totales (TDS), Turbidez (NTU), Clorofila A (Clr. A).



**Fuente:** Programa Past 13

**Elaborado por:** Equipo de Trabajo (2019)

Se utilizó el análisis de correspondencia canónica con el propósito de identificar la relación que existe entre las diatomeas encontradas en los meses de Febrero y Abril, los datos analizados de los parámetros abióticos lo cual reveló un 90,68 de la variabilidad total de los datos en los 3 ejes, mientras que para los 2 ejes referenciados para el estudio, el análisis de correspondencia canónico reveló un 81,6% de la variación total, con valores para los ejes de 42,60% y 38,76% y 9,49% respectivamente (tabla 14)

**Tabla 14:** Resumen de resultados del análisis Canónico de Correspondencia de la matriz de propiedades fisicoquímicas y diatomeas epilíticas en los tres puntos de muestreo.

	Axis 1	Axis 2	Axis 3
Autovalores ( $\lambda$ )	0,394754	0,359163	0,0879862
Porcentaje de varianza explicada (%)	42,60	38,76	9,49
Varianza acumulada (%)	42,60	81,37	90,68

**Elaborado por:** Equipo de Trabajo (2019)

Los coeficientes canónicos, a lo largo del eje 1, con el 42,60% de la varianza explicada, podemos observar que las variables abióticas se encuentran en el cuadrante 1 y en el cuadrante 3. En el cuadrante 1 se agrupa el punto 2 en el cual tiene parámetros positivos para evaluar la calidad ambiente, revela la correlación del punto 2 (punto medio) con el Oxígeno disuelto ( $r = 0,71$ ), Temperatura ( $r = -0,71$ ), y pH ( $r = 0,79$ ), en el cuadrante 3 se observa la agrupación del punto 3 (punto bajo), que revelan la correlación con las variables con mayor impacto en la calidad del agua : Sólidos disueltos ( $r = -0,78$ ), Conductividad ( $r = -0,91$ ), Nitratos ( $r = -0,91$ ), Coliformes fecales ( $r = -0,99$ ), Clorofila A ( $r = -0,1$ ), DBO5 ( $r = -0,89$ ) y fosfatos ( $r = -0,78$ ), el punto 1 esta agrupado en el cuadrante 4 obteniendo un menor número de especies de diatomeas epilíticas, esto revela que tienen un valor bajo en las variables analizadas.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS):**

### **12.1 Impactos técnicos:**

El presente estudio se realizó en la provincia de Cotopaxi, cantón de Latacunga en la Universidad Técnica de Cotopaxi en los laboratorios de la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, la misma que cuenta con la mayoría de equipos y reactivos necesarios para el desarrollo de esta investigación, esto provocó que el análisis se realice de manera rápida y positiva, acortando el tiempo de ejecución, esto permite que el investigador realice un proceso de identificación de diatomeas de forma precisa y veraz. Se aplicó la metodología del Dr. Eduardo Lobo sin ningún inconveniente mediante la asesoría de los docentes y laboratoristas de la Facultad y Carrera.

### **12.2 Impactos ambientales:**

Gracias a esta investigación se logró medir el nivel de contaminación que existe en el río Pumacunchi, la técnica que se aplicó consiste en identificar y contabilizar la cantidad de diatomeas epilíticas existentes en los puntos de muestreo mediante microscopía, para posteriormente sacar la abundancia relativa de cada especie y asignar un valor trófico para calcular el Índice Trófico de Calidad de Agua, permitiendo de esta manera categorizar si el tipo de agua se encuentra en un estado apto para su utilización y así informar a los beneficiarios la calidad del cauce, teniendo como resultado que las diatomeas sirven como organismos bioindicadores del estado en que se encuentra el cuerpo hídrico.

### **12.3. Impactos económicos:**

Aplicando la metodología del Dr. Eduardo Lobo sobre la identificación de diatomeas epilíticas se puede determinar la calidad del agua sin la necesidad de incurrir en gastos elevados como con otros métodos ya que esta técnica permite observar a los microorganismos mediante metodologías de laboratorio precisas y con resultados confiables.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO:

**Tabla 15:** Presupuesto para la elaboración del proyecto

RECURSOS	MATERIALES	UNIDAD		V.POR UNIDAD	TOTAL
		Cant.	Tiemp.		
HUMANOS	Personas	3		90.0\$	270\$
DE OFICINA	Libretas	3		1.00\$	3.00\$
	Esferos	6		0.40\$	2.40\$
	Lápices	6		0.40\$	2.40\$
	Hojas	200		0.05\$	10.0\$
TECNOLÓGICOS	Computadora		360 h	0.70\$	252\$
	Calculadora	1		15.0\$	15.0\$
	Impresora(Tinta)	200		0.20\$	40.0\$
	GPS		3 días	15.00\$	45.0\$
	Multiparámetros		3 días	30.00\$	90.0\$
	Microscopio		15 días	10.00\$	150\$
OTROS	Análisis de laboratorio	6		140\$	840\$
	Reactivos	12		15.00\$	180\$
	Materiales de laboratorio	14		12.00\$	168\$
	Materiales de campo	6		15.00\$	90.0\$
Subtotal					<b>2157,8\$</b>
10% de imprevistos					<b>215.78\$</b>
<b>TOTAL</b>					<b>2373.58\$</b>

**Elaborado por:** Grupo de trabajo (2019)

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se georreferenciaron los puntos de muestreo del Río Pumacunchi mediante sistemas de información geográficas, obteniendo como resultado la ubicación exacta con sus respectivas coordenadas y altitud, el punto 1 (alto) está ubicado cerca de los deshielos de los Illinizas a una altura de 3320 msnm en las coordenadas:  $x=754957$ ;  $y=9917898$  UTM, el punto 2 (medio) en el sector de Guaytacama a una altura de 2738 msnm en las coordenadas:  $x=765130$ ;  $y=9895275$  UTM y el punto 3 (bajo) en el barrio San Rafael de la ciudad de Latacunga a una altura de 2881 msnm en las coordenadas:  $x=762600$ ;  $y=9906495$  UTM, permitiendo de esta manera la identificación exacta de los puntos para la toma de muestras.
- Se identificaron un total de 63 especies de diatomeas epilíticas en la micro cuenca del Río Pumacunchi, en el punto 1 en el sector Illinizas (alto) se identificaron 25 especies de diatomeas epilíticas de las cuales 8 son abundantes: *Humidophila contenta* esta especie se consideran, propia de condiciones alfa-mesosapróbicas (fuertemente contaminadas), *Nitzschia linearis*, *Navicula rostellata*, *Planothidium incuriatum*, *Ulnaria ulna*, *Navicula cryptocephala kutzing*, *Nupela pardinhoensis*, *Humidophila subtropica*. En el punto 2 se identificaron 28 especies de diatomeas de las cuales 8 son abundantes: *Frustuia guayanensis ssp. Ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticula goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasiliense* *Metzeltin*, *Gomphonema sp*, *Gomphoneis elegans clevei*. En el punto 3 se identificaron 41 especies de diatomeas de las cuales 12 son abundantes: *Navicula lanceolata*, *Fallacia meridionalis Metzeltin*, *Navicula cryptotenella*, *Cocconeis fluviatilis*, *Humidophila lacunosa*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula tripunctata*, *Gomphonema lagenula*, *Humidophila contenta*, *Nitzschia umbonata*, *Navicula germainii*, *Gomphonema sp*. Los resultados de la investigación no muestran que el agua del Río Pumacunchi se encuentre con un nivel de eutrofización debido a las condiciones en la que se presenta (altos niveles de turbiedad y caudal), sin embargo se encontraron especies de diatomeas capaces de sobrevivir en índices desfavorables.
- De acuerdo a los resultados que se obtuvieron con el ICA, tienen una relación con los niveles de contaminación obtenidos con el ITCA de las especies de diatomeas epilíticas, teniendo así; que los dos índices arrojaron tres clasificaciones del estado del agua. En el

ICA se obtuvo en los tres puntos focalizados un promedio de calificación Muy Malo, y en el ITCA se obtuvieron valores similares; en el Punto 1 sector Illinizas se identificó el índice  **$\beta$  mesotrófico (contaminación moderada)** interpretándose como aguas claras con contaminación moderada, en el punto 2 y 3 el índice es mesotrófico que indica agua con contaminación fuerte debido los vertidos urbanos e industriales, que llevan detergentes y desechos orgánicos e inorgánicos, los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, otros residuos ricos en fosfatos y nitratos convirtiéndose en un grave problema de contaminación. La composición de la población de diatomeas del río Pumacunchi cambia en función del grado de contaminación. Los métodos de análisis físicos, químicos y microbiológicos complementan los métodos biológicos y, en conjunto constituyen una base para la correcta evaluación de la calidad del agua. De esta manera se determina que el cauce tiene altos niveles de contaminación en todo su recorrido.

## RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de trabajo es indispensable identificar correctamente los puntos de muestreo y de esa manera la investigación continúe en la estación climática seca, con el fin de proporcionar mayor número de los resultados y poder realizar correlaciones con la información generada.
- La identificación de diatomeas epilíticas se debe realizar detenidamente para evitar errores en el reconocimiento de las especies teniendo en cuenta las medidas de longitud, ancho y estructura, debido a la similitud que estas presentan, utilizar bibliografía adecuada al momento de la identificación de las especies, preferible investigaciones o artículos científicos realizados en Ecuador o América del Sur.
- Es necesario que los cálculos del ITCA (INDICE TROFICO DE CALIDAD DE AGUA) y el ICA (INDICE DE CALIDAD DE AGUA) sean analizados de manera correcta para obtener resultados veraces y la investigación sea confiable.
- Debido a que la investigación se realizó en época lluviosa, es indispensable realizar el estudio en época seca para validar y comparar los resultados obtenidos en esta investigación.

## 14. REFERENCIAS

- ArcGIS. (14 De enero De 2010). Obtenido de [Http://Resources.Arcgis.Com/Es/Help/GettingStarted/Articles/026n00000014000000.Htm](http://Resources.Arcgis.Com/Es/Help/GettingStarted/Articles/026n00000014000000.Htm)
- Arocena, R. (2016). Métodos En Ecología De Aguas Continentales. Di.R.A.C. Facultad De Ciencias-Udelar. 323 Pp. Cabrera De Príamo C.,
- Bajaña, E. L. (2013). Estudio de la calidad del agua del río Babahoyo y sus afluentes: Índice Saprobio. Guayaquil.
- Barahona Jami, L. O. (2013). "Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el Río Pumacunchi. Latacunga: Tesis (Utc).
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., & Becares, E. (2010). Guía de diatomeas de la cuenca del Duero. En Confederación Hidrográfica Del Duero (Págs. 14-15). Madrid- España: Conabio.
- Caliza, A. J., Cáceres, M., & Delgado, V. I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), Una experiencia En Tacna, Perú. *Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*, 58-63. Obtenido De [Https://Doi.Org/36326085012](https://doi.org/36326085012)
- Cejudo, F. C., & Godos, I. (2011). Las Diatomeas De Los Salares Del Altiplano Boliviano. *Singularidades Florísticas Diatoms Of The Bolivian Altiplano Salars*, 67- 82.
- Equipo Técnico Pd Y Ot. (2015). Actualización Del Plan Participativo Intercultural De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial. Gadmcs Saquisilí. Saquisilí: Portal Sni.
- Esteves, F. (2011). Fundamentos De Limnología, Centro de investigaciones, España
- Franco, M., D. P., Manzano, J., & Cuevas, A. (2010). Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia.
- García, G. (2012). La contaminación del agua. Perú, 1.
- Gil, J. A. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables fisicoquímicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del Río Garagoa. Obtenido de determinación de la calidad del agua mediante variables: [Https://Doi.Org/10.1007/S13398-014-0173-7.2](https://doi.org/10.1007/S13398-014-0173-7.2)
- Gómez N, Licursi M. The Pampean Diatom Index (Idp) For Assessment Of Rivers And Streams In Argentina. *Aquat Ecol.* 2001; 35(2):173-81. Arcgis. (14 De enero De 2010).

Obtenido De [Http://Resources.Arcgis.Com/Es/Help/Getting-Started/Articles/026n00000014000000.Htm](http://Resources.Arcgis.Com/Es/Help/Getting-Started/Articles/026n00000014000000.Htm)

Gómez, N., Donato, C., Giorgi, A., Guash, H., P, M., & Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Obtenido De la biota de los ríos, los microorganismos autótrofos: [Https://Doi.Org/10.1017/Cbo9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/Cbo9781107415324.004)

Gómez, S. (11 de abril de 2014). Software. Obtenido De [Http://Softwareanalisisdedatoscuantitativos.Blogspot.Com/2014/04/Tipos-De-Paquetes-Estadisticos.Html](http://Softwareanalisisdedatoscuantitativos.blogspot.com/2014/04/Tipos-De-Paquetes-Estadisticos.Html)

González A., M. (2010). Florecimiento de diatomeas en aguas cubanas.

Guisseppina. (2007). La contaminación de aguas en el ecuador. Una aproximación a la economía.

Gutiérrez Altamirano, C. L. (2010). Universidad Técnica Particular De Loja. Obtenido DeTesis:[Http://Dspace.Utpl.Edu.Ec/Bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20carlos%20gutierrez%20al.Pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20carlos%20gutierrez%20al.pdf)

Hernández, S. E., & Guerrero, M. (1998). Del agua en el lago Cocibolca. Índice Trófico De Calidad De Agua. Obtenido de Journal Of Chemical Information And Modeling: [Https://Doi.Org/10.1017/Cbo9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/Cbo9781107415324.004)

Inen. (2013). Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana: [Http://Normaspdf.Inen.Gob.Ec/Pdf/Nte1/2169-1.Pdf](http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/Nte1/2169-1.pdf)

Inen. (2013). Instituto Ecuatoriano De Normalización. Obtenido De Norma Técnica Ecuatoriana: [Http://Normaspdf.Inen.Gob.Ec/Pdf/Nte1/2169-1.Pdf](http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/Nte1/2169-1.pdf)

Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos. (2010).Inec. Obtenido de [Http://Www.Ecuadorencifras.Gob.Ec/Wp-Content/Descargas/Manu-Lateral/Resultados-Provinciales/Cotopaxi.Pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/manu-lateral/resultados-provinciales/cotopaxi.pdf)

Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología [Inamhi]. (2015). Anuario meteorológico 2012. 127-134

Jácome, & Rojas. (2008). Diseño de un parque ecológico para el desarrollo de actividades recreacionales en la cuenca del Río Cutuchi. Latacunga: Nuevas ediciones S.A.



Krammer K, Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D (Eds). Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2013; 30(1):58-63. Calizaya-Anco J Et Al. 63 Süßwasserflora Von Mitteleuropa. Stuttgart: G. Fischer; 1988. P. 595.

Layana B. (2013). Tesis De Grado Magíster En ciencias estudio de la calidad del agua del río Babahoyo Y Sus Afluentes: Índice Saprobio. Obtenido De Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Psicologicas:  
[Http://Repositorio.Ug.Edu.Ec/Bitstream/Redug/988/1/Cabanilla Leon Marilyn.Pdf](http://Repositorio.Ug.Edu.Ec/Bitstream/Redug/988/1/Cabanilla Leon Marilyn.Pdf)

Lobo, E., Heinrich, C. G., Schuch, M., Düpont, A., Costa, A., & Wetze, C. E. (2016).

Índice Trófico De Calidad De Agua. Obtenido De Journal Of Chemical Information And Modeling: [Https://Doi.Org/10.1017/Cbo9781107415324.00](https://doi.org/10.1017/Cbo9781107415324.00)

Lopez, F., & Siqueiros, B. (2011). Las diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur. Biodiversitas, 8-11.

Martel, A. (2005). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. 47.

Medlin, L. K., & Kaczmarska, I. (2004). Evolution Of The Diatoms: V. Morphological And Cytological Support For The Major Clades And A Taxonomic Revisión. Obtenido De Phycologia: [Https://Doi.Org/10.2216/I0031-8884-43-3-245.1](https://doi.org/10.2216/I0031-8884-43-3-245.1)

Ministerio Del Ambiente Del Ecuador [Mae]. (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas Del Ecuador Continental. Subsecretaría De Patrimonio Natural. Quito, 45 58.

Morales, E. A., Fernández, E., & Chávez, V. S. (2010). Incorporarlas en estudios de la biodiversidad Boliviana. 31-54.

Morisawa, M. (1985). Rivers: Forms And Process. Longman, London, England, 222.

Recalde, J. (2009). Manejo integral de los recursos hídricos y tratamientos de aguas servidas del Río Cutuchi. En Recursos Hídricos. Bélgica: Cohiec Cia. Ltda.

Sánchez, & Gándara. (2011). conceptos básicos de gestión ambiental. en desarrollo sustentable.

Servicio Nacional De Estudios Territoriales [Snet]. (2004). Índice De Calidad Del Agua General "Ica". 1-14.

Sierra Et Al. 1999. (S.F.). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio Del Ambiente Del Ecuador 2012. Quito, 62.

Standard Methods. (2010). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. Obtenido De asociación Americana De Salud Pública, La Asociación Americana De Obras Hidráulicas, La Federación De Medio Ambiente Del Agua: [https://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/smww\\_1000-3000.pdf](https://www.mwa.co.th/download/file_upload/smww_1000-3000.pdf)

Tingo, W. (2016). Plan De Manejo De La Intercuenca Zona Media Del Río Ambato, Nivel 7-Código Pfaster: 4996927, Ubicada el cantón Ambato Provincia De Tungurahua. Tesis De Ingeniería. Riobamba: Universidad Nacional De Chimborazo, 13.

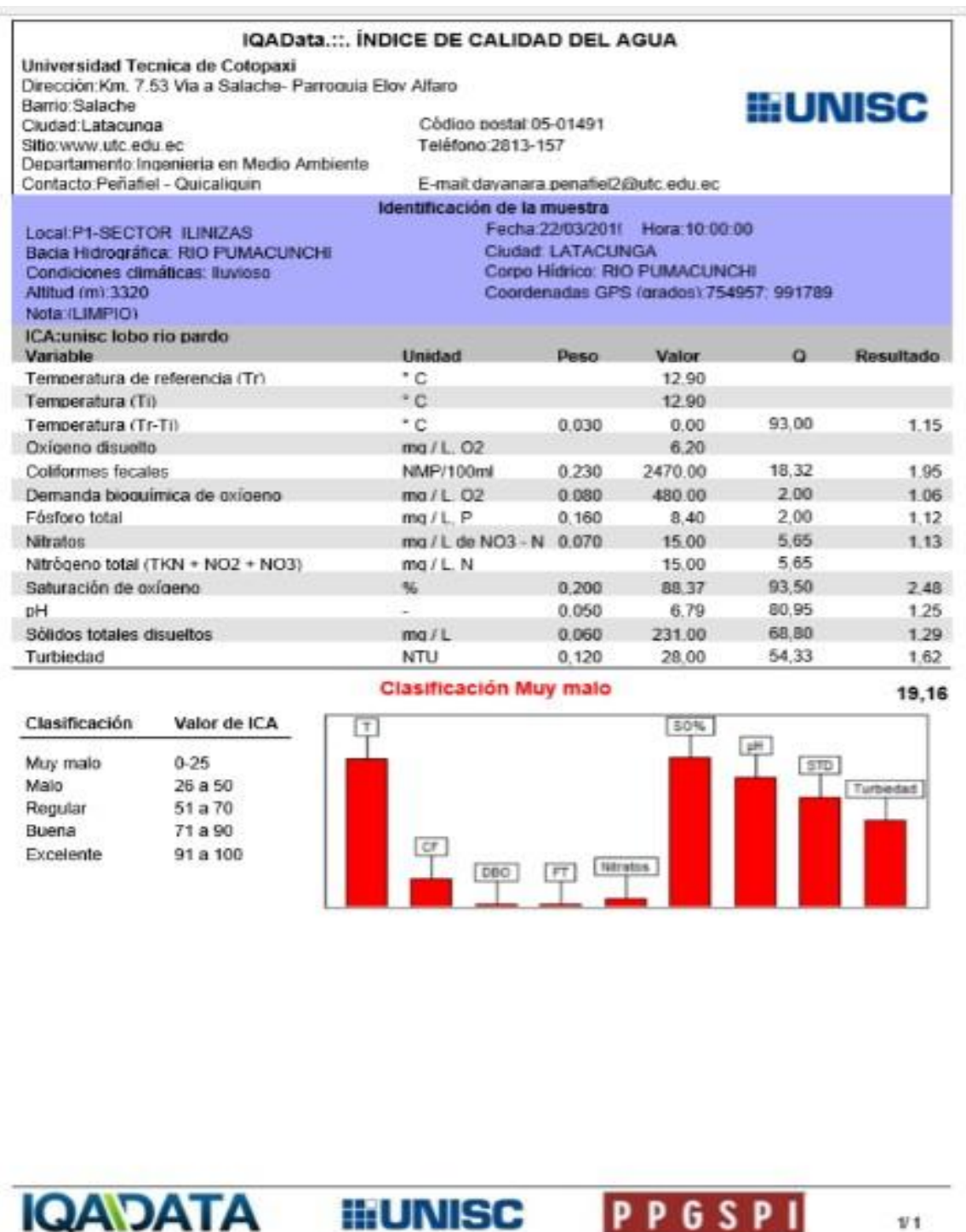
Velázquez, B. M., Israde, A. I., & Mendoza, C. M. (2007). Uso de diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del río turbio. afluente del Río Lerma, 1.

Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lake And River Ecosystems. Academic Press, San Diego. 1006 Pp.

Xiangdong Y, Sumin W, Weilan X, Wanchun L. Application Of Cca For Study On Modern Lake Diatoms And Environment In The Tibetan Plateau. Science In China. 2001;44 Suppl 1:343-50.

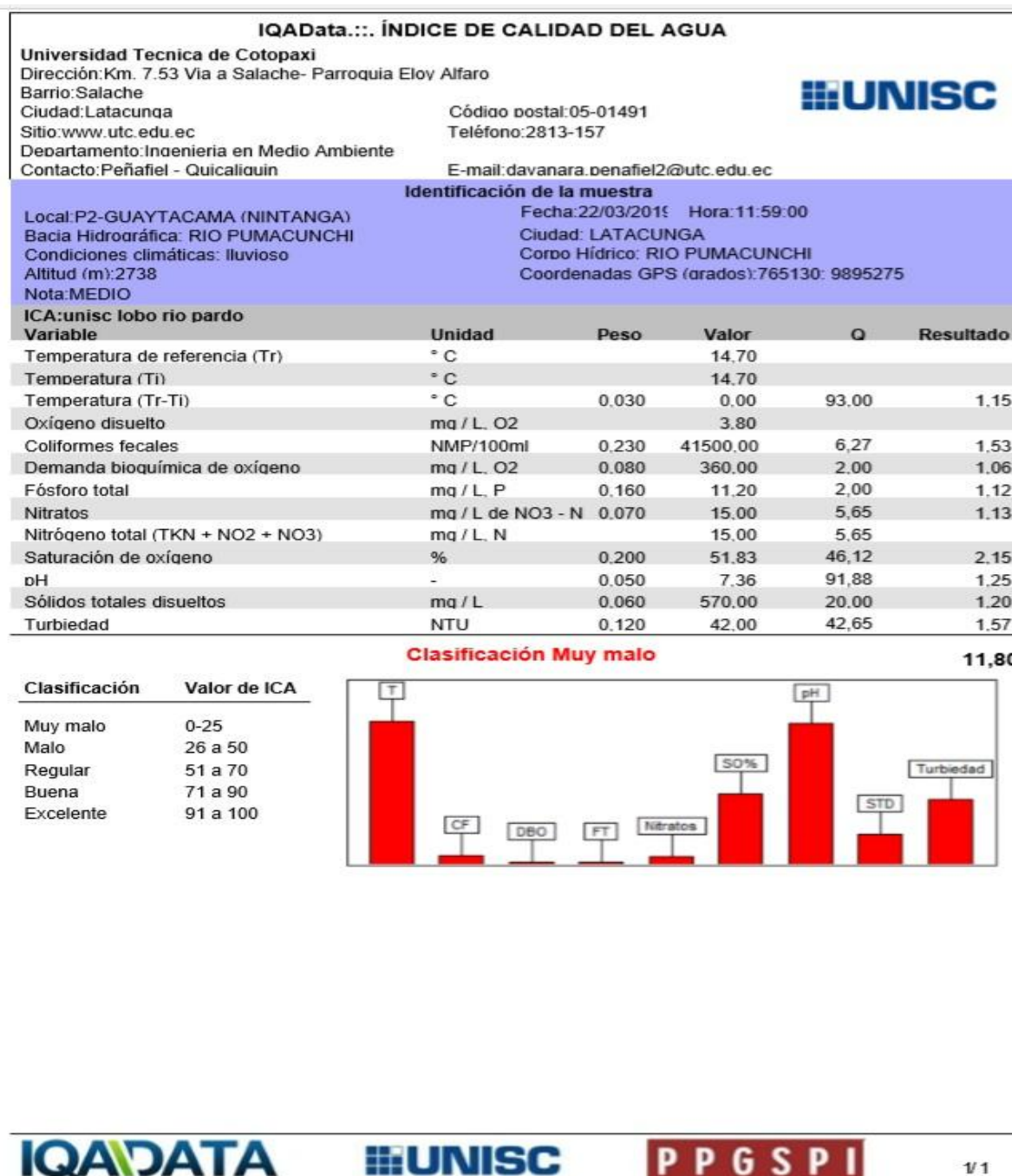
## ANEXOS

Tabla 16: Índice de calidad de agua Punto 1



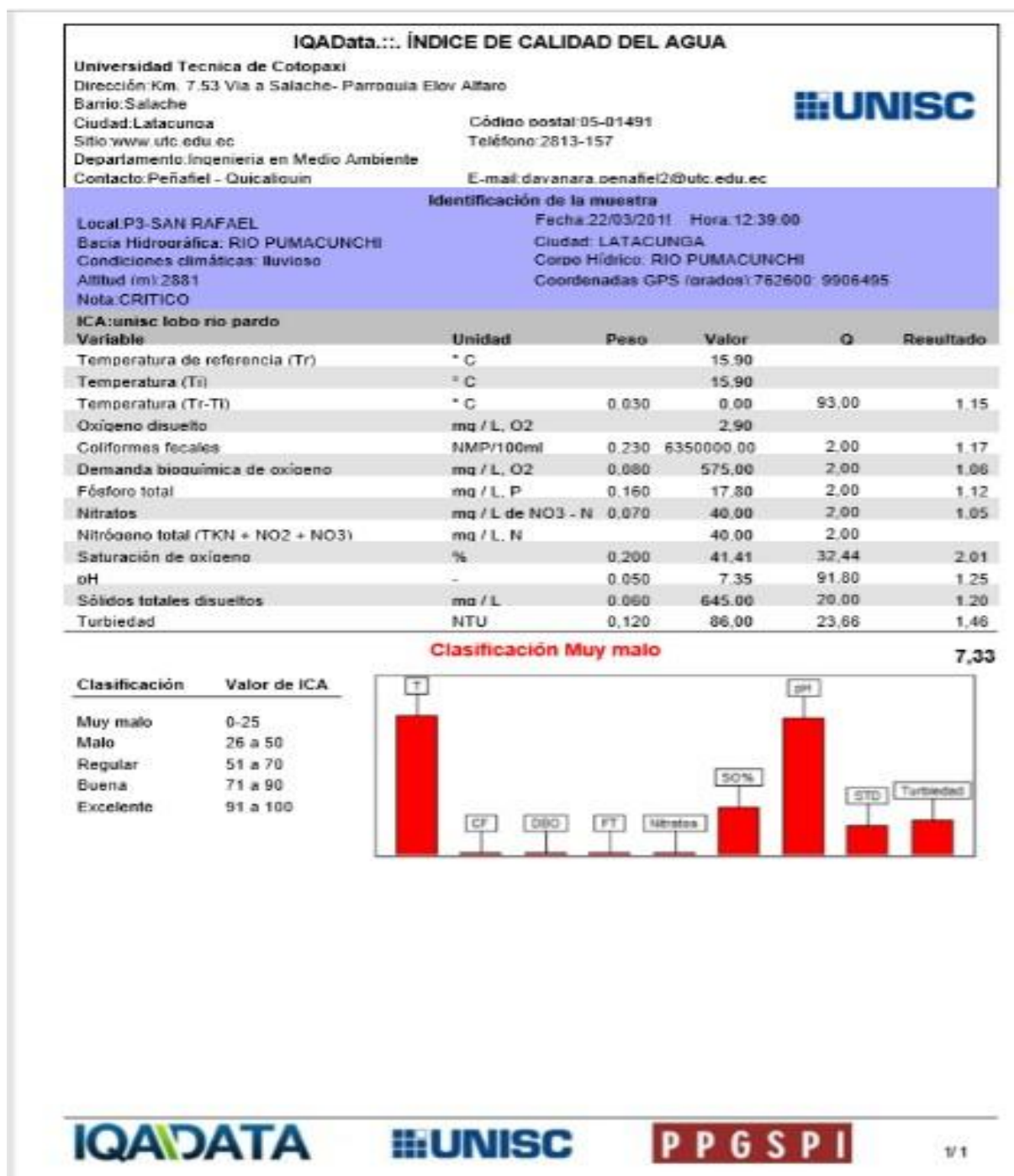
Fuente: IQA-DATA (2015)

**Tabla 17:** Índice de calidad de agua Punto 2



Fuente: IQA-DATA (2015)

Tabla 18: Índice de calidad de agua Punto 3



Fuente: IQA.DATA (2015)

**Tabla 19:** Resumen del Índice de Calidad de Agua en los tres puntos

IQADATA...: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
<b>Universidad Técnica de Cotopaxi</b> Dirección: Km. 7.53 Vía a Salache- Parroquia Eloy Alfaro Barrio: Salache Ciudad: Latacunqa Sitio: www.utc.edu.ec Departamento: Ingeniería en Medio Ambiente Contacto: Peñafiel - Quicalquín		Código postal: 05-01491 Teléfono: 2813-157 E-mail: davanara.benafiel2@utc.edu.ec	
<b>UNISC</b>			
Muestras de agua			
<b>Local:</b>	P1-SECTOR ILINIZAS	<b>Fecha:</b>	22/03/2019
<b>Corpo Hídrico:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>Hora:</b>	10:00:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>ICA:</b>	unisc lobo rio pardo
<b>Ciudad:</b>	LATACUNGA	<b>Resultados:</b>	19,16
<b>Altitud (m):</b>	3320	<b>Clasificación</b>	Muy malo
<b>Local:</b>	P2-GUAYTACAMA (NINTANGA)	<b>Fecha:</b>	22/03/2019
<b>Corpo Hídrico:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>Hora:</b>	11:59:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>ICA:</b>	unisc lobo rio pardo
<b>Ciudad:</b>	LATACUNGA	<b>Resultados:</b>	11,80
<b>Altitud (m):</b>	2738	<b>Clasificación</b>	Muy malo
<b>Local:</b>	P3-SAN RAFAEL	<b>Fecha:</b>	22/03/2019
<b>Corpo Hídrico:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>Hora:</b>	12:39:00
<b>Bacia Hidrográfica:</b>	RIO PUMACUNCHI	<b>ICA:</b>	unisc lobo rio pardo
<b>Ciudad:</b>	LATACUNGA	<b>Resultados:</b>	7,33
<b>Altitud (m):</b>	2881	<b>Clasificación</b>	Muy malo

**Tabla 20:** Análisis Físico químico y microbiológico de agua Punto 1 sector los Illinizas



**LAQUIFARVA**

SERVICIOS DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - FARMACIAS FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Marzo 29 / 2019

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES			
Informe de Laboratorio		AFGAR -177- 03	
Orden de trabajo	No.	177	
Presentación	envase	plástico	
Contenido	litros	4	
Identificación	No. 1	Agua de Río Fumacunchi	
Tipo de muestra		Simple - Puntual	
Síto de muestreo		Sector Los Illinizas	
Solicitante		Srtes. Dayanara Penafiel- Nataly Quacaliquin- M.Sc. Patricio Clavijo	
Fecha de muestreo		22-03-18	10h54
Fecha de informe		29-03-18	
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U- pH	8.79	S.M. 4500-H+B
Turbiedad	NTU	28	S.M. 2130 B
Sólidos Disueltos	mg / L	231	S.M. 2540 C
Nitros	"	15	S.M. 4500-NO3-B
Fosfatos	"	8.4	S.M. 4500-P-E
Oxígeno Disuelto	"	6.2	S.M. Apha - 4500- O C
D.B.O. (5)	"	480	S.M. Apha - 5210 - B
D.Q.O.	"	725	S.M. Apha - 5220 - D
Arsénico	ug / L	< 0.1	Apha-3114 B
Clorofila	mg / m3	0.1	Apha 10200 H - 2
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformos Fecales	ufc/ 100 ml.	2.47 x 10 <sup>3</sup>	
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
Dilución 1:5			
METODOLOGÍA			
Método del Colliert, Medios de cultivo selectivos. Standard Methods.			
CONCLUSIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transporte y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TUL SMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Anexo 1 tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y De Descarga de efluentes del Recurso Agua.			

LAQUIFARVA  
Laboratorio Químico Integrado  
  
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS  
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado. \* Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0354 069372  
E-mail: envayas0@hotmail.es \* Ambato - Ecuador

**Fuente:** LAQUIFARVA (2019)

**Tabla 21:** Análisis Físico químico y microbiológico de agua Punto 1 Sector Nintanga



**LAQUIFARVA**

SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO-INTEGRAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Marzo 29 / 2019

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES			
Informe de Laboratorio		AFQAR-178-03	
Orden de trabajo	No	178	
Presentación	envase	plástico	
Contenido	litros	4	
Identificación	No. 2	Agua de Río Pumacunchi	
Tipo de muestra		Simple - Puntual	
Sitio de muestreo		Sector Nintanga	
Solicita		Srtas. Dayanara Penafiel- Nataly Quicaliquin- M.Sc. Patricio Clavijo	
Fecha de muestreo		22-03-19	11h59
Fecha de Informe		29-03-19	
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U- pH	7.36	S.M. 4500-H+B
Turbiedad	NTU	42	S.M. 2130 B
Sólidos Disueltos	mg /L	570	S.M. 2540 C
Nitratos	"	15	S.M. 4500-NO3-B
Fosfatos	"	11.2	S.M. 4500-P-E
Oxígeno Disuelto	"	3.8	S.M. Apha - 4500- O C
D.B.O. (5)	"	360	S.M. Apha - 5210 - B
D.Q.O.	"	596	S.M. Apha - 5220 - D
Arsénico	ug / L	< 0.1	Apha-3114 B
Clorofila	mg / m3	0.1	Apha 10200 H - 2
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Colibacilos Fecales	ufc/ 100 ml.	4.15 x 10 4	
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
Dilución 1:5			
METODOLOGÍA			
Método del Colliert . Medios de cultivo selectivos. Standard Methods.			
CONCLUSIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULSMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Anexo 1 tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y De Descarga de efluentes del Recurso Agua.			

LAQUIFARVA  
LABORATORIO QUÍMICO INTEGRAL  
*Dr. Enrique Vayas L. M.Sc.*  
DR. ENRIQUE VAYAS L. M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS  
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado \* Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0984 069372  
E-mail: envaio50@hotmail.es \* Ambato - Ecuador

Fuente: LAQUIFARVA (2019)



Tabla 22: Análisis Físico químico y microbiológico de agua Punto 3 sector San Rafael



# LAQUIFARVA

SERVICIO DE LABORATORIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
AGUAS - ALIMENTOS - COSMÉTICOS - SUELOS - FARMACÉUTICOS Y QUÍMICOS

## INFORME DE RESULTADOS

Ambato, Marzo 29 / 2019

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES			
Informe de Laboratorio		AFQAR-179-03	
Orden de trabajo	No.	179	
Presentación	envase	plástico	
Contenido	litros	4	
Identificación	No. 3	Agua de Río Pumarunchi	
Tipo de muestra		Simple - Puntual	
Sitio de muestreo		Sector San Rafael	
Solicitante		Srtas. Dayana Peralta- Nelly Quicalquin- M.Sc. Patricio Cevallo	
Fecha de muestreo		22-03-19	12h39
Fecha de Informe		29-03-19	
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U-pH	7.35	S.M. 4500-H+B
Turbiedad	NTU	66	S.M. 2130 B
Sólidos Disueltos	mg /L	645	S.M. 2540 C
Nitratos	-	40	S.M. 4500-NO3-B
Fosfatos	-	17.8	S.M. 4500-P-E
Oxígeno Disuelto	-	2.9	S.M. Apha - 4500- O C
D.B.O. (5)	-	575	S.M. Apha - 5210 - B
D.Q.O.	-	960	S.M. Apha - 5220 - D
Arsénico	ug / L	< 0.1	Apha-3114 B
Clorofila	mg / m3	0.1	Apha 10250 H - 2
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Coliformos Fecales	ufc/ 100 ml	6.35 x 10 <sup>6</sup>	
ufc/ 100 ml = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
Dilución 1:5			
METODOLOGÍA			
Método del Coliert. Medios de cultivo selectivos. Standard Methods.			
CONCLUSIONES			
Los resultados obtenidos en este análisis se refieren exclusivamente a la muestra puntual entregada por el solicitante. El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de la muestra, transportación y veracidad en cuanto a la información proporcionada por el cliente.			
La Normativa está basada en el TULSMA que contiene los límites máximos permisibles, indicados en el Libro VI -Anexo 1 tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y De Descarga de efluentes del Recurso Agua.			

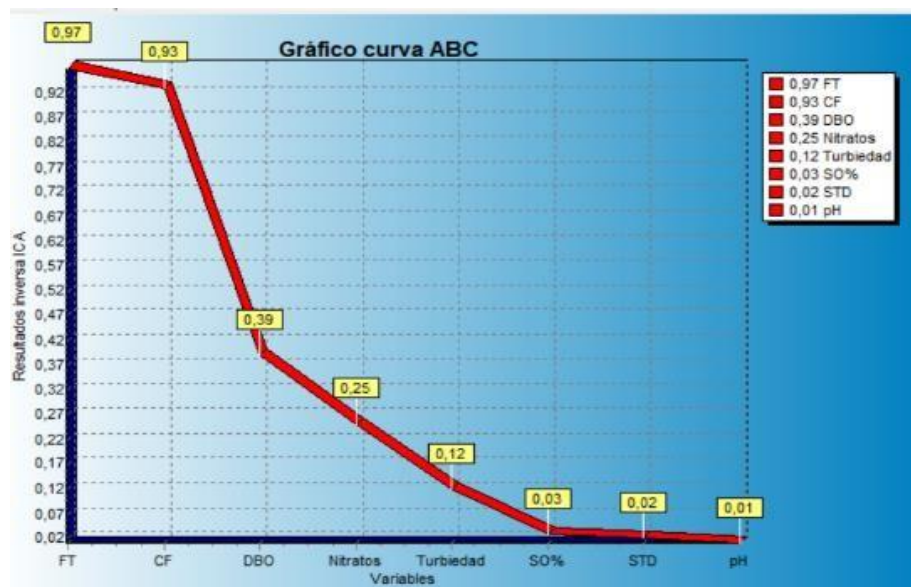
LAQUIFARVA  
SERVICIO DE LABORATORIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
DR. ENRIQUE VAYAS LÓPEZ M.Sc.

Dr. Enrique Vayas López M.Sc.

ANÁLISIS: FÍSICO - QUÍMICO - BACTERIOLÓGICO - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
CONSULTORÍA - TRATAMIENTO DE AGUAS - MATERIAS PRIMAS - REACTIVOS QUÍMICOS  
Dirección: Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado - Telefax: (03) 2422366 - 2423054 - 0984 069372  
E-mail: envayas@hotmail.es - Ambato - Ecuador

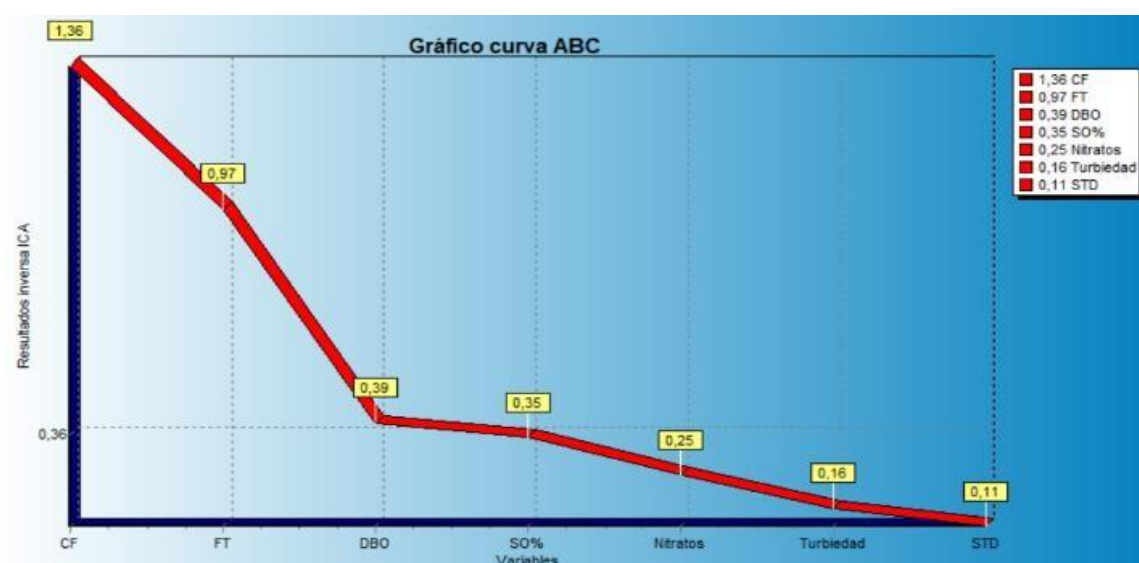
Fuente: LAQUIFARVA (2019)

**Figura 19:** Punto 1 Sector los Illinizas (alto) evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos mediante el programa IQA-DATA



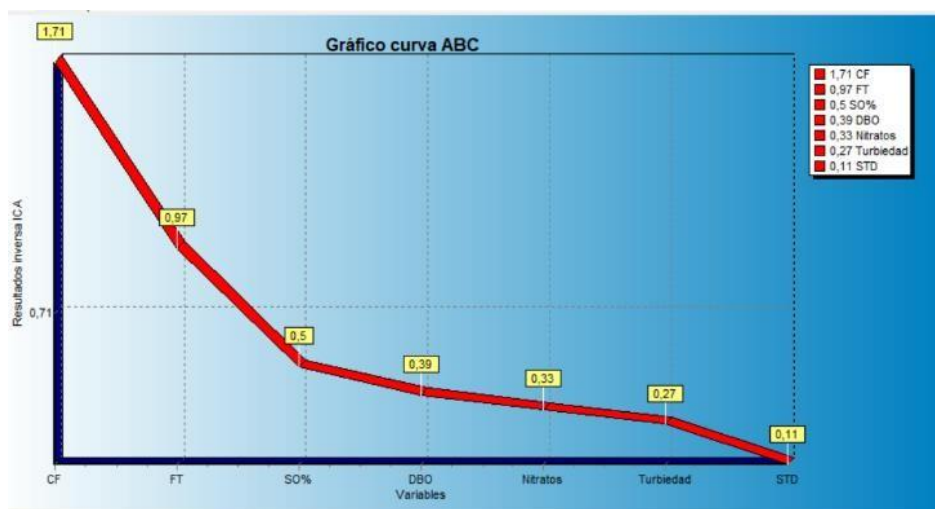
Fuente: IQA-DATA (2015)

**Figura 20:** Punto 2 Sector Guaytacama (medio), evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos mediante el programa IQA-DATA



Fuente: IQA-DATA (2015)

**Figura 21:** Punto 3, sector San Rafael (bajo) evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos mediante el programa IQA-DATA



**Fuente:** IQA-DATA (2015)

**Anexo A:** Imágenes del punto uno durante el muestreo de los meses de Febrero y Abril 2019 en el Río Pumacunchi.





**Anexo B:** Imágenes del punto dos durante el muestreo de los meses de Febrero y Abril 2019 en el Río Pumacunchi.



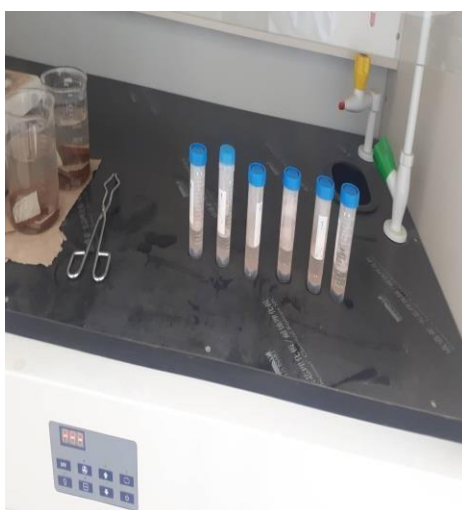
**Anexo C:** Imágenes del punto tres durante el muestreo de los meses de Febrero y Abril 2019 en el Río Pumacunchi.



**Anexo D:** Imágenes del procedimiento de laboratorio de los tres puntos de los meses de Febrero-Marzo y Abril 2019 en el Río Pumacunchi.







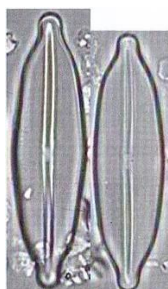
**Anexo E:** Imágenes de la toma de muestras para enviar al laboratorio para el análisis fisicoquímico y microbiológico de los tres puntos de muestreo del mes de Marzo 2019 en el Río Pumacunchi.



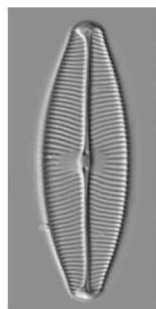
**Anexo F:** Imágenes de la toma de datos en campo de los parámetros físico-químicos con el equipo multiparametros en los tres puntos de muestreo durante el mes de Marzo 2019 en el Río Pumacunchi.



**Anexo G:** Imágenes de las especies abundantes de diatomeas epilíticas encontradas en los tres puntos de muestreo durante los meses de Febrero y Abril 2019 en el Río Pumacunchi.



*Frustulia guayanensis ssp.  
ecuadoriana*

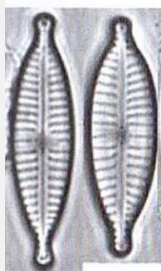


*Navicula lanceolata*



*Fallacia meridionalis Metzeltin*





*Gomphonema sp*



*Humidophila  
contenta*



*Luticula goeppertiana*



*Navicula cryptotenella*



*Cocconeis lineata*



*Nitzschia linearis*



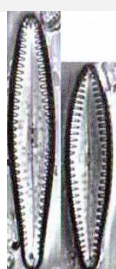
*Planothidium bagualense*



*Sellaphora  
auldreekie*



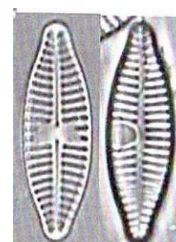
*Humidophila lacunosa*



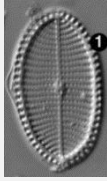
*Gomphonema brasiliense*  
*Metzeltin*



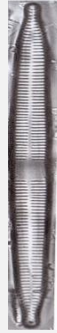
*Navicula rostellata*



*Planothidium incuriatum*



*Cocconeis fluviatilis*



*Ulnaria ulna*



*Gomphonema parvulum*



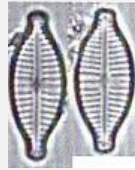
*Humidophila  
subtropica*



*Navicula cryptocephala*



*Nupela pardinhoensis*



*Gomphonema  
lagenula*



*Navicula tripunctata*



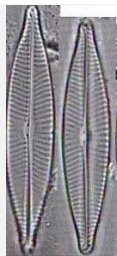
*Aulacoseira granulata*



*Achnantheidium  
minutissimum*



*Nitzschia umbonata*



*Navicula germainii*



*Meridion circulare*



*Gomphonema  
truncatum*



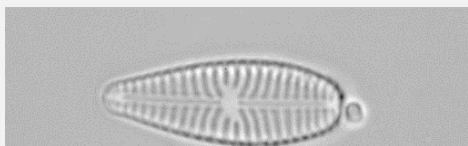
*Gyrosigma obtusatum*



*Encyonema  
neomesianum*



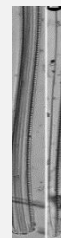
*Reimeria uniseriata*



*Gomphonema  
olivaceum*



*Navicula lohmannii*



*Nitzschia  
sigmoidea*



*Fallacia monoculata*



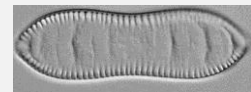
*Gomphonema cf. Gracile*



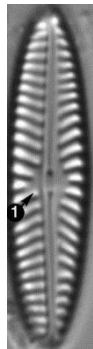
*Nitzschia amphibia*



*Brachysira neoexilis*



*Cymatopleura solea*



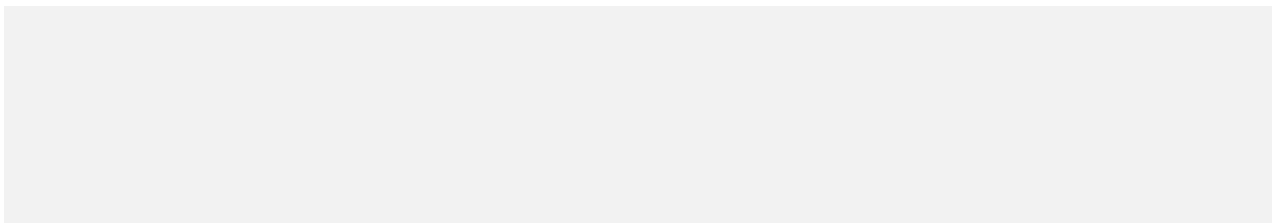
*Navicula cincta*

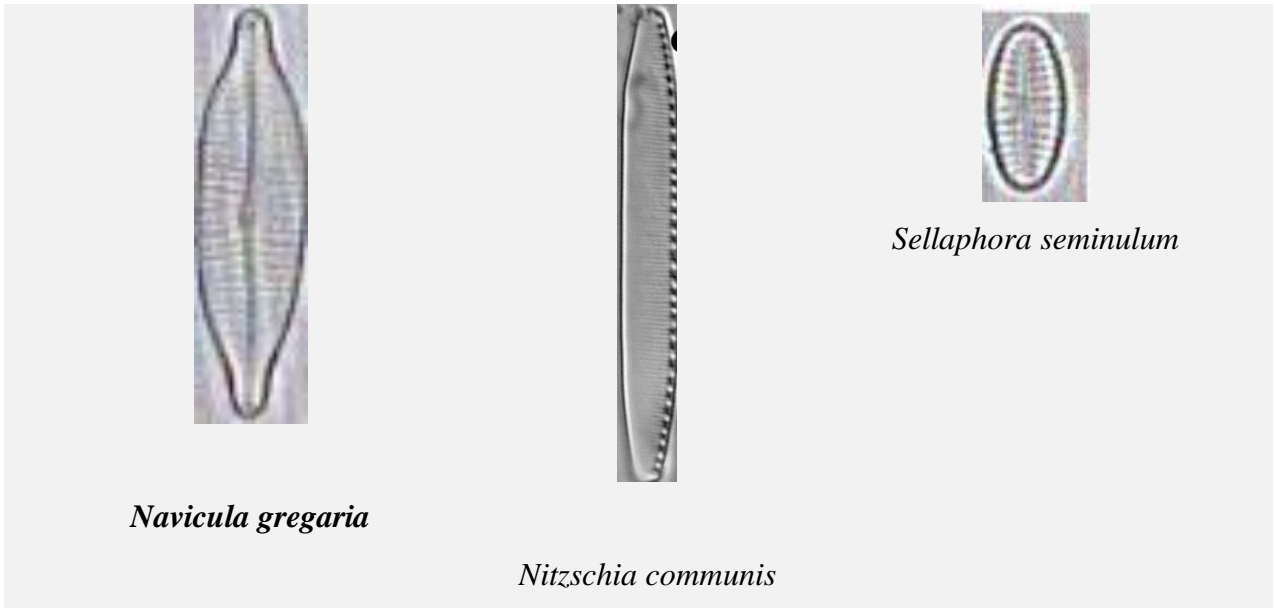


*Luticula simplex*



*Gyrosigma kuetzingii*





*Navicula gregaria*

*Nitzschia communis*

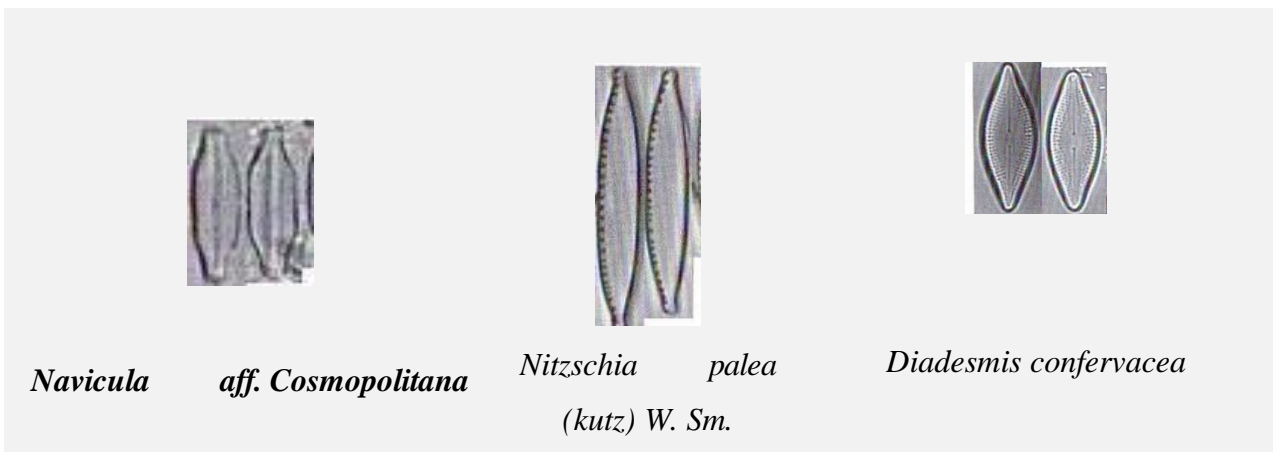
*Sellaphora seminulum*



*Amphipleura lindheimeri*

*Adlafia drouetiana*

*Gomphonema bourbonense*



*Navicula aff. Cosmopolitana*

*Nitzschia palea (kutz) W. Sm.*

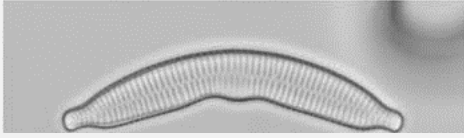
*Diadesmis confervacea*



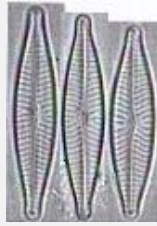
*Gomphonema parvulum f. saprophilum*

*Pinnularia sp.*

*Cyclotella meneghinian*



*Fragilaria arcus (hannaea arcus)*



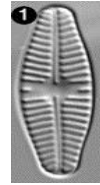
*Navicula notha*



*Melosira varians*



*Navicula symmetrica*



*Planothidium lanceolatum*

**ANEXO H:** Hoja de vida de los investigadores.

## HOJA DE VIDA

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Dayanara Gabriela Peñafiel Jiménez**IDENTIFICACIÓN:** CC. 050377565-2**FECHA DE NACIMIENTO:** Latacunga, 07 de Agosto de 1996**ESTADO CIVIL:** Soltera**DOMICILIO:** Latacunga, Barrio Rumipamba Cdla. José Peralta**TELÉFONO:** 032-803-929**CELULAR:** 0998869082**e- mail:** dayanara.penafiel2@utc.edu.ec

## INFORMACIÓN ACADÉMICA

**PRIMARIOS:**

Escuela de Educación Básica “Club Rotario”

**SECUNDARIOS:**

Instituto Tecnológico Superior “Victoria Vàsconez Cuvi”

**UNIVERSITARIOS:**

Universidad Técnica de Cotopaxi – Egresada de Ingeniería en Medio Ambiente



**HOJA DE VIDA****NOMBRES Y APELLIDOS:** Quicaliquin Constante Nataly Silvana**IDENTIFICACIÓN:** CC. 185043275-6**FECHA DE NACIMIENTO:** Ambato, 28 de Octubre de 1995**ESTADO CIVIL:** Soltera**DOMICILIO:** Pillaro, Ciudad Nueva**TELÉFONO:**032-874-117**CELULAR:** 098589774**e-mail:** nataly.quicaliquin6@utc.edu.ec**INFORMACIÓN ACADÉMICA****PRIMARIOS:**

Escuela: Unión Nacional del Periodistas (UNP)

**SECUNDARIOS:**

Colegio: Experimental Ambato

Colegio: Nacional “Jorge Álvarez”

**UNIVERSITARIOS:**

Universidad Técnica de Cotopaxi – Egresada de Ingeniería en Medio Ambiente



## Anexo I. Hoja de vida del tutor

<b>CURRICULUM VITAE</b>
-------------------------

<b>1.- DATOS PERSONALES</b>
-----------------------------



APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS  
 NOMBRES: MANUEL PATRICIO  
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582  
 LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SALCEDO, 24 DE SEPTIEMBRE DE 1965

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: CIUDADELA 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)

<b>2.- ESTUDIOS REALIZADOS</b>
--------------------------------

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 SINERGI 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

**AVAL DE TRADUCCIÓN**