



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI SECTOR PARQUE NACIONAL COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA”**

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

**Autoras:**

Chasiquiza Cando Myriam Sofia  
Cola Chipugse Gabriela Elizabeth

**Tutor:**

M.Sc.Clavijo Cevallos Manuel Patricio

Latacunga– Ecuador

Marzo- 2017

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotras **Chasiquiza Cando Myriam Sofia** y **Cola Chipugse Gabriela Elizabeth** declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Determinación del índice trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el rio Cutuchi sector Parque Nacional Cotopaxi, cantón Latacunga”**, siendo el M.Sc. **Clavijo Cevallos Manuel Patricio** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

---

Chasiquiza Cando Myriam Sofia  
C.C.050423597-9

---

Cola Chipugse Gabriela Elizabeth  
C.C. 172592024-1

## **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 CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA identificada con C.C. N° 050423597-9, de estado civil soltera y con domicilio en el Cantón Latacunga, Av. el Calvario y el Rosal, y COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH, identificada con C.C. N°172592024-1 de estado civil soltera y con domicilio en el Cantón Mejía, Urb. José Ricardo Abuja, a quienes en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación del 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: Octubre 2011-Marzo 2012

Fecha de finalización: Octubre 2016- Marzo 2017

Aprobación HCA.- 19 de Julio de 2016

Tutor.- ( M.Sc.Clavijo Cevallos Manuel Patricio)

**Tema: “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI SECTOR PARQUE NACIONAL COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA”**

**CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.-** Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

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

**CLÁUSULA QUINTA.-** El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **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 **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA** 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 las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, al del mes de Marzo del 2017.

---

Chasiquiza Cando Myriam Sofía  
LA CEDENTE

---

Cola Chipugse Gabriela Elizabeth  
LA CEDENTE

---

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez  
EL CESIONARIO

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

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

**“Determinación del índice trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi sector Parque Nacional Cotopaxi, cantón Latacunga”**, de **Chasiquiza Cando Myriam Sofía** y **Cola Chipugse Gabriela Elizabeth**, de la **Ingeniería de Medio Ambiente**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo del 2017

.....  
**M.Sc.Clavijo Cevallos Manuel Patricio**  
**C.I.050151895-5**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: **Chasiquiza Cando Myriam Sofia** y **Cola Chipugse Gabriela Elizabeth** con el título de Proyecto de Investigación: **“Determinación del índice trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi sector Parque Nacional Cotopaxi, cantón Latacunga”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Marzo del 2017

Para constancia firman:

---

Lector 1 (Presidente)

Nombre: Ing. Renán Lara

CC: 040048801-1

---

Lector 2

Nombre: PhD. Isabel Ballesteros

CC: 175716861-0

---

Lector 3

Nombre: Mg. Jaime Lema

CC: 171375993-2

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento para el MSc Patricio Clavijo, tutor del proyecto de investigación, por su dirección para la realización de este estudio.

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi que nos impartieron sus conocimientos y experiencias dentro de las aulas, de manera especial a la PhD Isabel Ballesteros, por su ayuda para la culminación de nuestro trabajo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por prestarnos las instalaciones de la misma para la realización de esta investigación.

A nuestros amigos, por su amistad, apoyo y por todos los momentos que hemos pasado juntos.

Y el más profundo agradecimiento, a nuestras familias, en especial a nuestros padres, por sus consejos y constante motivación, muchas gracias por su paciencia, comprensión y sobre todo por su amor.



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y a la Santísima Virgen del Cisne, por su protección y darme fuerzas para continuar en los momentos difíciles y seguir en la construcción de mis sueños.

A mi madre, por su esfuerzo, dedicación y amor durante este arduo camino hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo. A mis abuelitos que desde el cielo me han cuidado.

A mis mejores amigas Karina, Jessica y María quienes con sus palabras de aliento me motivaron para seguir adelante.

A mi amiga y compañera de tesis por sus aportes para la realización de esta investigación.

**Sofí**

## DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen del Cisne, a mi Niño de Isinche porque sin ellos a mi lado, no hubiese podido superar todos aquellos obstáculos a lo largo del camino.

A mis padres, José y Esperanza quien siempre me han apoyado, y por su esfuerzo y sacrificio.

A mi hermana Nelly y mi cuñado Ángel quien me han brindado su apoyo incondicional en las buenas y en las malas.

A mis sobrinas Melany y Ángeles quien con su inocencia me han llenado de alegría mis días y me han brindado palabras de aliento en mis momentos difíciles. A mi tía Martha quien siempre me ha brindado su cariño incondicional.

A mi abuelito Darío que desde el cielo sé que me envía su bendición en esta etapa importante de mi vida.

A mis amigos, amigas y mi novio por brindarme su apoyo y estar pendientes siempre de mí.

A mi amiga Sofí por sus aportes para la realización de esta investigación y por su amistad incondicional.

**Gabi**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RIO CUTUCHI SECTOR PARQUE NACIONAL COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA**”

**Autoras**

Chasiquiza Cando Myriam Sofia

Cola Chipugse Gabriela Elizabeth

### RESUMEN

Este estudio planteó como objetivo la determinación del índice trófico de calidad de agua y la presencia de diatomeas epilíticas, en el río Cutuchi en el tramo ubicado en el sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi.

En el sitio estudiado se establecieron 6 puntos de recolección y se llevaron a cabo 7 muestreos en fechas diferentes, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre obteniendo un total de 42 muestras. Además, en el mes de enero se recolectaron 2 muestras de agua con el fin de determinar las características físico-químicas y microbiológicas del área y el grado de eutrofización. Para calcular el estado trófico del tramo del río, se utilizó el Índice de Estado Trófico (IET) propuesto por Carlson (1977), en el cuál se usó el valor del fósforo total.

Del estudio taxonómico de las muestras recolectadas, se identificaron 55 especies de diatomeas epilíticas, siendo la más representativa la *Cocconeis placentula* con 58 individuos. El valor promedio del IET estableció que la calidad del agua en este sector presenta un estado mesotrófico, mismo que se relacionó con la comunidad de diatomeas epilíticas encontradas. Los resultados de los análisis físicos –químicos y microbiológicos permitieron obtener una información adicional sobre la calidad del agua de área de estudio.

Los resultados obtenidos serán la base para la realización de nuevas investigaciones basadas en presencia de diatomeas epilíticas y el índice trófico en el río Cutuchi, lo que permitirá finalmente establecer especies bioindicadoras de calidad de agua.

**Palabras claves:** índice estado trófico, diatomeas, río Cutuchi, calidad del agua, estado mesotrófico

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**  
**CAREER OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**TOPIC:** “DETERMINATION OF TROPHIC INDEX OF THE WATER QUALITY. FROM OF THE PRESENCE OF EPILITHIC DIATOMS IN THE CUTUCHI RIVER IN THE COTOPAXI NATIONAL PARK SECTOR, LATACUNGA CANTON”

Authors  
Chasiquiza Cando Myriam Sofía  
Cola Chipugse Gabriela Elizabeth

**ABSTRACT**

The objective of this study was to determine the trophic index of water quality and the presence of epilithic diatoms in the Cutuchi River in the section located in the Cotopaxi National Park Sector.

In this place there were established 6 points and 7 samples were carried out on different dates during the months of October, November and December, obtaining a total of 42 samples. Furthermore, 2 water samples were collected in January in order to determine the physicochemical and microbiological characteristics of the area and the degree of eutrophication. In order to calculate the trophic state of the river stretch, the Trophic State Index (EIT) proposed by Carlson (1977) was used, where the total phosphorus value was used.

From the taxonomic study of the collected samples, 55 species of epilithic diatoms were identified, the most representative group where the *Cocconeis placentula* with 58 individuals. The average value of the EIT established that the water quality in this sector shows mesotrophic state, which was related to the community of epilithic diatoms found. The results of the physicochemical and microbiological analyzes provide an additional information of the water quality in the study area. The results obtained will be the basis for new researches based on epilithic diatoms and the trophic index in the Cutuchi River, with this information it will be possible to determine epilithic diatoms as bioindicators of water quality.

Key words: trophic state, index, diatoms, Cutuchi River, water quality, mesotrophic state.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vi
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA.....	ix
DEDICATORIA.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
ÍNDICE GENERAL .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	2
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS:.....	4
General.....	4
Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Agua .....	6
7.2. Contaminación hídrica.....	6
7.3. Fuentes de contaminación .....	7

7.4. Diatomeas .....	7
7.5. Morfología de las diatomeas .....	8
7.6. Clases de diatomeas.....	9
7.7. Tamaño de las diatomeas.....	10
7.8. Taxonomía de las diatomeas. ....	10
7.9. Diatomeas como bioindicadoras.....	12
7.10. Río Cutuchi.....	13
7.11. Ubicación del río Cutuchi.....	13
7.12. Río Cutuchi y su contaminación.....	14
7.13. Índice de estado de trófico.....	15
7.14. Eutrofización .....	15
7.15. Categorías Tróficas.....	16
7.16. Índice de estado trófico a base de Fósforo Total (FT).....	17
7.17. Parámetros físico-químicos y microbiológicos .....	18
7.18. Índice de diversidad Shannon-Weaver .....	21
8. HIPÓTESIS .....	22
Hipótesis afirmativa.....	22
Hipótesis nula .....	22
9. METODOLOGÍA.....	22
9.1. Ubicación del área de estudio.....	22
9.2. Medio Físico .....	23
9.3. Medio abiótico.....	24
9.4. Medio socioeconómico.....	25
9.5. Fase de campo .....	25
9.6. Fase de laboratorio.....	29
9.7. Fase de gabinete.....	32
10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	33
10.1. Composición taxonómica .....	33
Ecuación 1: Cálculo del índice Shannon-Wiener.....	34
10.2. Índice trófico determinado con el valor del fosfato.....	34
Ecuación 2: Cálculo del índice Trófico .....	34
10.3. Relación entre el índice trófico y las diatomeas epilíticas.....	35
10.4. Parámetros físico- químicos y microbiológicos .....	37
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):.....	40
Técnicos.....	40
Sociales.....	40
Ambientales.....	41
Económicos .....	41
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:.....	41
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
Conclusiones.....	42
Recomendaciones .....	43
14. BIBLIOGRAFÍA .....	43

15.ANEXOS .....	49
Anexo A. Aval Abstract .....	49
Anexo B.Mapas de ubicación geográfica de los puntos de muestreo .....	50
Anexo C. Registro de muestras .....	52
Anexo D.Listado de diatomeas epiliticas .....	59
Anexo E.Informe de resultados .....	70
Anexo F.Cálculo índice Shannon-Wiener .....	71
Anexo G.Fotografías .....	75

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	5
<b>Tabla 2.</b> Cuadro de Clasificación del IET .....	15
<b>Tabla 3.</b> Escala de valores del ET en los cuerpos de agua en base al Fosforo total .....	17
<b>Tabla 4.</b> Georeferenciación del área de estudio (WGS84).....	25
<b>Tabla 5.</b> Relación entre el índice trófico y las diatomeas epiliticas.....	35
<b>Tabla 6.</b> Análisis de los parámetros físicos .....	37
<b>Tabla 7.</b> Análisis de los parámetros químicos .....	38
<b>Tabla 8.</b> Análisis de los parámetros microbiológicos.....	40
<b>Tabla 9.</b> Presupuesto.....	41

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Ubicación geográfica del sitio de estudio.....	23
<b>Gráfico 2 :</b> Demanda Bioquímica De Oxígeno.....	53
<b>Gráfico 3:</b> Demanda química de oxígeno.....	54

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI SECTOR PARQUE NACIONAL COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA.

**Fecha de inicio:** Abril 2016

**Fecha de finalización:** Febrero 2017

**Lugar de ejecución:** Sector de la entrada al Parque Nacional Cotopaxi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:** Ingeniería de Medio Ambiente

**Proyecto de investigación vinculado:** Proyecto de la carrera

**Equipo de Trabajo:****Tutor**

- MS.c. Patricio Clavijo Cevallos

**Autoras:**

- Chasiquiza Cando Myriam Sofia
- Cola Chipugse Gabriela Cola

**Lectores:**

- Ing. Renán Lara
- PhD. Isabel Ballesteros
- Mg. Jaime Lema

**Área de Conocimiento:**

Según UNESCO Ciencia

**Línea de investigación:**

Línea 11 ambiente (UNESCO)

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

Análisis Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local (UTC- INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE).



## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El conocimiento del índice trófico, es un índice cuyo valor indica, en una escala del 1 a 100, el grado de eutrofización que presenta una masa de agua y que afecta a la calidad de la misma, así también permitió relacionar la composición de la comunidad de especies acuáticas presentes en el fluvial, para identificar el estado de eutrofia en el que se encuentra el tramo del río Cutuchi en la actualidad.

El conocimiento de las diatomeas epilíticas en el Ecuador es escaso. Por este motivo, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento de la identificación de las diatomeas presentes en el, Río Cutuchi. También se espera que el conocimiento generado pueda ser utilizado como una herramienta en la elaboración de nuevos estudios.

Esta investigación benefició de manera directa para entidades públicas como el Gad Municipal del cantón Latacunga, MAE, SENAGUA y de manera indirecta a los habitantes de San Agustín de Callo en la Parroquia de Mulaló y las Comunidad de Santa Rita, San Francisco del Chasqui en la Parroquia de Pastocalle.

El uso de diatomeas epilíticas como indicadores ecológicos en ecosistemas fluviales, es un método relativamente reciente, se muestra como una técnica bastante económica y la información que proporciona es más rápida, además han demostrado ser muy confiables, por esta razón han sido utilizadas en otros países como México y Costa Rica como una herramienta en la gestión de calidad de agua de sus cuencas.

## **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Este proyecto benefició de manera directa a las entidades públicas como el Gad Municipal Latacunga, MAE, SENAGUA y de manera indirecta a la acequia perteneciente a la Compañía Aglomerados Cotopaxi S.A y San Francisco de Mulaló con 8.095 habitantes que utilizan este recurso para el abastecimiento de varios sistemas de agua de riego, de manera especial el Directorio de riego comunidad San Agustín de Callo 200 socios, Directorio de agua de Riego Callo Mancheno 45 socios y Pre Directorio de riego de la Comuna de Langualo Grande con 76 socios.

#### 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación de los ríos es un fenómeno mundial, en la actualidad río Cutuchi representan un foco infeccioso para los campos, la ganadería y el consumo humano, se ha llegado a este punto por el descuido de las autoridades, por la falta de previsión de las industrias localizadas a lo largo del río y por el desorden en la planificación de asentamientos humanos, que han visto en el río un medio de desfogue de todas las aguas servidas, tanto del sector poblacional como industrial. Por esta razón se quiere aportar con investigaciones, para ello hemos elegido el estudio de la calidad de agua a partir de diatomeas epilíticas ya que son especies indicadoras de la calidad de agua.

Segura et al. (2012) en su estudio titulado “Diatomeas epilíticas como indicadores de la calidad del agua en la cuenca alta del río Lerma, México”, abordó el estudio taxonómico y ecológico de diatomeas epilíticas colectadas en 11 localidades de ésta cuenca, entre los años 2003–2005. Se reconocieron 178 especies, de las cuales 112 taxones (63 %) fueron de amplia distribución. La distribución de las especies de diatomeas epilíticas en el área de estudio está estrechamente ligada a las características químicas y físicas del agua (en particular, a la profundidad, conductividad, pH, temperatura, y los sólidos disueltos totales), y también se asocia a los diferentes tipos e intensidades de las actividades humanas que tienen lugar a lo largo de la sub-cuenca alta del río Lerma.

Sala et al. (2015) en su estudio “Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia”, nos mencionan que se llevó a cabo en el marco del proyecto para elaborar un índice de calidad biológica para ríos de zonas bajas y de piedemonte del país basado en comunidades biológicas acuáticas, desarrollado en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Colombiano del Petróleo, cuyo objetivo fue evaluar la calidad ecológica de los ríos de tierras bajas y de piedemonte dentro del área de influencia de Ecopetrol, a través de la implementación de un índice de calidad biológica utilizando diatomeas. Las 165 muestras analizadas hasta el momento provienen de muestras de perifiton de 83 sistemas lóticos de distintas regiones del país, de donde también se obtuvo información sobre temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto.

## **5. OBJETIVOS:**

### **General**

- Determinar el índice trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el Río Cutuchi, sector Parque Nacional Cotopaxi , Cantón Latacunga

### **Específicos**

- Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el lecho del río, a través de las metodologías de campo.
- Estudio taxonómico de las especies de diatomeas epilíticas mediante técnicas de laboratorio.
- Relacionar la calidad del agua en función de la caracterización de las diatomeas epilíticas con el resultado del índice trófico.

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

**Tabla 1.** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo 1	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el lecho del río, a través de las metodologías de campo.	Identificación de los puntos de muestreo.  Aplicación de técnicas de recolección de muestras en el sitio de estudio.	Geo-referenciación  Muestras	Técnica: Observación de campo. En esta técnica se realizó visitas de campo, así como también observaciones en el sitio, lo que permitió obtener información confiable del lugar de estudio.  Muestreo Se empleó esta técnica para la recolección de muestras de diatomeas epilíticas y de agua.  Instrumentos: Ficha De campo Cuaderno de campo Equipos Computadora
Objetivo 2	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Estudio taxonómico de las especies de diatomeas epilíticas mediante técnicas de laboratorio.	Preparación de muestras. Observación indirecta. Identificación y clasificación de diatomeas epilíticas	Placas Especies de diatomeas epilíticas.  Listado de la presencia y abundancia diatomeas	Técnica: Observación en el laboratorio. Investigación bibliográfica Se trasladaron muestras de diatomeas epilíticas al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para observarlas en el microscopio utilizando materiales, equipos y reactivos de laboratorio.  Instrumentos: Microscopio Placa calefactora Placas porta y cubreobjetos Guía taxonómica  Equipos: Mascarilla Mandil Pinzas Gafas protectoras
Objetivo 3	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Relacionar la calidad del agua en función de la caracterización de las diatomeas epilíticas con el resultado del índice trófico.	Análisis de laboratorio.	Resultado de parámetros analizados.	Técnica: Comparación de especies de diatomeas con el índice trófico. Investigación bibliográfica  Instrumentos: Computadora

**Elaborado por:** Equipo de trabajo ,2017

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **7.1. Agua**

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo (Organización Mundial de la Salud, 2016).

La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización Mundial de la Salud, 2016).

El agua es un recurso imprescindible pero escaso para la vida. Menos del 1% del agua del planeta es dulce y accesible para el hombre, aunque este porcentaje varía considerablemente según el lugar, el clima o la época del año (R, 2009).

El derecho humano al agua garantiza a todas las personas el agua en cantidad suficiente, en condiciones de seguridad y aceptabilidad, siendo físicamente accesible y asequible para usos personales y domésticos. Se necesita una cantidad adecuada de agua segura para evitar muertes por deshidratación, reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y satisfacer las necesidades de consumo, cocina, y hábitos higiénicos personales y domésticos (Comentario General N.º 15, CESCR, 2002).

### **7.2. Contaminación hídrica**

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. (UC, 2011).

La degradación de las aguas viene de antiguo, pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo (UC, 2011).

La escasez del agua se debe fundamentalmente a:

- La explosión demográfica

- La contaminación, se ha incrementado al mismo ritmo que el desarrollo industrial, tanto las superficiales como las subterráneas
- Al incremento de las demandas. (UC, 2011).

### **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 (UC, 2011).

#### **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 (UC, 2011).

### **7.4. Diatomeas**

Es el nombre común habitualmente utilizado para designar a las microalgas de la división Bacillariophyta perteneciente al Reino Chromista. Son algas microscópicas, unicelulares y eucariotas, compuestas en un 60% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) ya que la célula se encuentra protegida por un caparazón silicio llamado frústulo que le confiere gran dureza y resistencia, y cuya ornamentación permite la identificación taxonómica de las diferentes especies. Tienen dos modos de vida principales: muchas especies son planctónicas, viven flotando en la columna de agua, mientras que otras son bentónicas, con un ciclo de vida asociado a algún tipo de sustrato (pétreo, vegetal, etc.) (Universidad de León, 2014).

Las diatomeas poseen una amplia distribución en los ecosistemas acuáticos tanto marinos como continentales. Es un grupo enormemente diverso: existen más de 100.000 taxones y cada año se describen alrededor de 400 nuevas especies, cada una de ellas con unos requerimientos ecológicos específicos que permiten su desarrollo bajo determinadas condiciones ambientales. Presentan elevada sensibilidad frente a la alteración de los parámetros fisicoquímicos del medio, por lo que integran y reflejan las condiciones de los ambientes acuáticos en los que viven. Desde la invención del microscopio, las diatomeas han sido objeto de

estudio y admiración por parte de destacados científicos a lo largo de la historia. En la actualidad, la diatomología es una ciencia floreciente en la que convergen multitud de disciplinas como la ecología, la fisiología, la genética o la biología evolutiva (ULE, 2014).

Las diatomeas son autótrofos importantes en los arroyos y ríos y son sensibles a las variaciones físicas y químicas de una masa de agua. La composición y abundancia relativa de las diatomeas son determinados por las preferencias y la tolerancia de la especie. Las variaciones en estos atributos se produce tanto en lo espacial y escalas temporales y se rigen por las diferencias en las propiedades físicas y químicas del agua, lo que ha llevado a la creciente utilización de diatomeas en los estudios de monitoreo de la calidad del agua de los ríos y arroyos. Las variaciones también pueden estar relacionadas con la actividad humana en las cuencas hidrográficas, como la urbanización y la agricultura. Las diatomeas son las microalgas más numerosas del fitobentos y fitoplancton que debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan adecuadamente el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos. Así también proporcionan información valiosa de la condición del ecosistema acuático al igual que los indicadores animales (macroinvertebrados y peces); permiten realizar una adecuada y confiable línea base como referencia, y su estudio es más costo-efectivo. (Mora, Carmona & Cantoral-Uriza, 2015)

Las diatomeas son algas unicelulares -clase bacillariophyta- que se encuentran ampliamente distribuidas en los hábitats acuáticos marinos y de agua dulce. Se distinguen por la presencia del frústulo una capa externa de silicio que recubre la célula con formas y ornamentaciones muy vistosas que son de interés científico para la identificación taxonómica. Una referencia florística confiable de diatomeas permite hacer diagnósticos fundamentados sobre el estado ecológico de las aguas continentales, así como establecer programas de monitoreo. No obstante, el interés por conocer y utilizar la flora de diatomeas para monitoreo de ríos, lagos (naturales y artificiales) y arroyos en países desarrollados, precede significativamente los esfuerzos hechos en México (Mora, Carmona & Cantoral, 2015).

### **7.5. Morfología de las diatomeas**

Las diatomeas son algas microscópicas, unicelulares y eucariotas, compuestas en un 60% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), 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-hipovalva) y un cingulo (epi- e hipocingulo)(Alvarez et al., 2010).

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 cúpulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que ésta (Alvarez et al., 2010).

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(Alvarez et al., 2010). Dentro de los cloroplastos se encuentran cuatro tipos de pigmentos distintos: clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila (Lee 1989, Van den Hoek et al. 1995). 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 (Alvarez et al., 2010).

## **7.6. Clases de diatomeas**

Las diatomeas están divididas en dos órdenes las Centrales y Pennales:

### **7.6.1. Centrales**

Las Centrales (ahora llamada Biddulphis) que tiene estrías válva organizada básicamente en relación a un punto, anillo o una areola central y tienden a aparecer radialmente simétricos(Matthew Olney, 2002).



### 7.6.2. Pennales

Pennales (ahora llamado Bacillariales) que tiene estrías de válvula dispuesta en relación a una línea y tienden a aparecer bilateralmente simétricos. La cara de la válvula de la diatomea frústulo está adornada con poros (areolas), los procesos, las espinas, las zonas hilianas y otras características distintivas. Son estas características del esqueleto que se utilizan para clasificar y describir las diatomeas, lo cual es una ventaja en términos de la paleontología ya que las mismas características se utilizan para definir las especies existentes como extintos. El sistema de clasificación desarrollado por Simonsen (1979) y desarrollado por Rosta et al. (1990) es actualmente el más comúnmente aceptado (Matthew Olney, 2002).

Los dos grupos principales son reconocidos dentro de las diatomeas:

- Coscinodiscophyceae, diatomeas, centrada o celdas con simetría radial (aproximadamente un punto) y,
- Bacillariophyceae, o pennate diatomeas, celdas con simetría bilateral (alrededor de una línea). Las diatomeas centrales no son capaces de moverse, pero algunos pennate diatomeas pueden moverse a través de las superficies o hacia arriba y hacia abajo dentro de los sedimentos (Spaulding et al., 2010).

### 7.7. Tamaño de las diatomeas

Casi todas las diatomeas son microscópicas - células varían en tamaño desde aproximadamente 2 micras a 500 micras (0,5 mm), o aproximadamente la anchura de un cabello humano (tenga en cuenta que una micra es igual a  $10^{-6}$  metros) (Spaulding et al., 2010).

Los científicos usan los microscopios de luz (LM) o microscopios electrónicos de barrido (SEM) para ver las estructuras de diatomeas. Cuando las diatomeas son vistas con un microscopio de luz, los frústulos aparecen claros (que estamos viendo a través del cristal). Cuando las diatomeas son vistas con un microscopio electrónico de barrido, los frústulos aparecen opacos (Spaulding et al., 2010).

### 7.8. Taxonomía de las diatomeas.

Científicamente, la taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular.

### 7.8.1. Simetría

Las relaciones de simetría pueden establecerse determinando los ejes presentes en cada grupo.

- **Las diatomeas de simetría radial**

Presentan dos ejes: eje pervalvar, que une los puntos medios de cada valva y el eje transversal o diámetro, perpendicular al anterior (Diatomeas, 2015).

- **Las diatomeas de simetría bilateral**

Presentan tres ejes: eje pervalvar que une los puntos medios de cada valva, eje apical que une los extremos del frústulo y eje transapical, que recorre la célula de pleura a pleura (Diatomeas, 2015).

### 7.8.2. Pared Celular

En lo que se refiere a su pared celular, esta es una estructura rígida constituida por sílice hidratada y proteínas, y se denomina frústulo o teca. El sílice les confiere rigidez y origina patrones de estrías, de trama complicada, que suelen servir como rasgos para su identificación. El frústulo se encuentra formado por dos partes que se unen como las piezas de una caja, recibiendo el nombre de “semitecas”. La semiteca superior se llama “epiteca” y la inferior “Hipoteca” (Diatomeas, 2015).

Tanto la epiteca como la hipoteca, constan de porciones perfectamente delimitadas. La región superior de la epiteca y la inferior de la hipoteca se denominan valvas y, según corresponda, se nombran “epivalva” o “hipovalva”. Por otra parte, los bordes de las semitecas reciben el nombre de “pleuras”, existiendo una “epipleura” y una “hipopleura”. Los frústulos de las diatomeas presentan una serie de ornamentaciones tales como areolas; poros; bandas; etc, o bien presentan prolongaciones o proyecciones. También es común la presencia de estructuras accesorias o externas como membranas; setas; espinas que sirven para

la unión de las células en cadenas. En algunas especies de diatomeas con simetría bilateral existe una estructura central que recorre toda la célula denominada “rafe”. Las representantes marinas presentan un rango de tamaño que fluctúa entre 50 y 500  $\mu\text{m}$  (Diatomeas, 2015).

### **7.9. Diatomeas como bioindicadoras**

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos sensibles que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como intolerantes, mientras que otros, que son tolerantes, no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar será ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aun cuando la perturbación no sobrepase el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con lo cual dejan espacio libre que puede ser colonizada por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación (Alba – Tercedor, 1996).

En general, las especies de diatomeas son muy particulares sobre la química del agua en la que viven. En particular, las especies tienen distintos rangos de pH y salinidad donde crecerán. Las diatomeas también tienen rangos y tolerancias para las otras variables ambientales, incluyendo la concentración de nutrientes, sedimentos en suspensión, el régimen, la elevación y diferentes tipos de perturbaciones humanas fluyen. Como resultado, las diatomeas son ampliamente utilizadas en la evaluación y vigilancia del medio ambiente. Además, debido a las paredes celulares de sílice no se descomponen, diatomeas en los sedimentos marinos y lacustres se pueden utilizar para interpretar condiciones en el pasado. Paleoecología es un campo que utiliza tantas valvas de diatomeas subfósiles que se preservan en los sedimentos marinos y de agua dulce y de

vida. Los científicos usan células vivas para comprender los factores ambientales que determinan la presencia y abundancia moderna. Entonces, los científicos pueden aplicar los conocimientos de las preferencias de las especies en las condiciones modernas de interpretar las especies de diatomeas del pasado, y las condiciones históricas que implican estas especies (Spaulding et al., 2010).

Debido a su respuesta a perturbaciones ambientales mediante cambios en la estructura y la dinámica de la comunidad, hay creciente interés en su empleo como bioindicadores, ya que se ha demostrado que son una buena herramienta para determinar el estado trófico y la calidad del agua en ríos (Hering et al., 2006; Kelly et al., 2012; Potapova y Charles, 2007).

#### **7.10. Río Cutuchi**

El río Cutuchi forma parte del sistema hidrológico del río Pastaza, se desarrolla entre la confluencia de los Ríos Cutuchi y Ambato inicia en las cumbres del volcán Cotopaxi a 5897 msnm., avanza al Río Ambato a 2400 msnm (Álvarez, 2010).

Río principal de la Hoya Central Oriental del Patate. Este río recorre los lados occidentales del parque y luego en unión al río Ambato forman el río Patate y que luego será el río Pastaza que drena sus aguas hacia la Amazonía (Alvarez, 2010).

#### **7.11. Ubicación del río Cutuchi**

La Microcuenca del Río Cutuchi, posee un área de 174,4 km<sup>2</sup> , se encuentra ubicada en la mayor parte de su extensión en la parroquia de Mulaló provincia de Cotopaxi, en el noreste se encuentra en la parroquia de Machachi y en el oeste una pequeña parte se encuentra en la parroquia de San Juan de Pastocalle (Velastegui & Quishpe,2013).

El río Cutuchi nace en las faldas del volcán Cotopaxi, con el nombre de Quebrada Rumicorral, sigue su cauce por el Parque Nacional Cotopaxi ahí recibe como

afluente a la Quebrada Santo Domingo, con la unión de estas dos quebradas, recibe el nombre de Río Cutuchi, continua su curso y recibe como afluentes las Quebradas Chanchunga, Marashuaycu y Huertashacu (Velasategui& Quishpe, 2013).

El Río Cutúchi atraviesa los poblados de: San Agustín de Callo, Rumipamba, en la Parroquia de Mulaló y los poblados de Santa Rita, San Francisco del Chasqui, Callo Chico, Cuiche Salas en la parroquias de San Juan de Pastocalle (Velasategui& Quishpe,2013).

### **7.12. Río Cutuchi y su contaminación**

El río Cutuchi se encuentra en la actualidad en una situación crítica de contaminación que en su parte, se debe a la descarga de aguas residuales por parte de las poblaciones por las cuales el río transita, así como de diferentes industrias que descargan sus efluentes al río. Esta contaminación genera graves inconveniente a la población en general. Debido a que el agua del río es utilizada para el riego de sembríos en zonas aledañas y hasta llega a ser utilizada para el consumo humano. Es por esto que es de suma importancia la ejecución de planes inmediatos de descontaminación a las agua del río Cutuchi (Bustamante, 2012).

El problema de la contaminación producida por la ciudad de Latacunga, afecta gravemente a los sistemas de riego Latacunga-Salcedo-Ambato y Jiménez-Cevallos, que captan directamente las aguas servidas de esta ciudad. La calidad del río Cutuchi se deteriora significativamente a partir de la ciudad de Latacunga, hasta la confluencia del río Yanayacu, donde, por el importante aporte de caudal de buena calidad, se recupera. Debe darse prioridad a la solución de la contaminación del agua del río Cutuchi, especialmente a la que ocasiona la ciudad de Latacunga. Para la cuenca del Cutuchi es prioritaria la implementación de políticas de largo plazo orientadas a la reducción de los altos niveles de contaminación del agua por medio de proyectos y acciones que contemplen un adecuado manejo de los recursos hídricos (Lara, 2005).

### 7.13. Índice de estado de trófico

Terra de Almeida et al. (2016) expresa que el Índice de estado trófico (ETI) ayuda a una visión general a nivel trófico (nutrición) y su efecto sobre la calidad del agua.

El Índice de Estado Trófico propuesto por Carlson (1977), constituye uno de los métodos más utilizados en la determinación de estado trófico en cuerpos de agua. Para la determinación del estado de eutrofización de un cuerpo de agua, se usa una escala comprendida entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipertrófico respectivamente (Moreno et. al, 2010).

**Tabla 2.** Cuadro de Clasificación del IET

VALOR DE IET	ESTADO DE EUTROFIA	DEFINICIÓN
IET <30	Oligotrófico	Bajo contenido en nutrientes, baja producción primaria, aguas bien oxigenadas
30 < IET >60	Mesotrófico	Nivel intermedio de nutrientes y productividad, aguas claras con lechos de plantas acuáticas
60 < IET >90	Eutrófico	Sistema rico en nutrientes, alta producción primaria, nitrógeno y fósforo no limitantes, empobrecimiento de la biodiversidad
90 < IET >100	Hipereutrófico	Concentración anormalmente alta de nutrientes probablemente causada por contaminación, aguas muy poco oxigenadas

**Fuente:**Carlson, R.E. (1977): A trophic state index for lakes. *Limnology and oceanography*, v. 22 (2), p. 361-369.

### 7.14. Eutrofización

Se denomina eutrofización por la palabra eutrofia, que se deriva del griego “eutrophe” y significa “rico en nutrientes”. Es por esto que, se denomina eutrofización al enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a tal velocidad que no puede compensarse por procesos como la eliminación o mineralización. Así, la principal manifestación es el crecimiento de algas y microfitos a causa de las excesivas cargas de nutrientes (Salas y Martino, 1996).

## **7.15. Categorías Tróficas**

### **7.15.1. Oligotrófico**

Esta categoría comprende a sistemas acuáticos con escaso contenido de nutrientes acompañado de baja producción vegetal (Salas y Martino, 1996), es por ello que las aguas son claras y toman un color azul o turquesa. Aunque el contenido de nutrientes es bajo, puede haber abundante nitrógeno y a la vez bajas concentraciones de fósforo, debido a un reducido aporte de ecosistemas terrestres circundantes y otras fuentes externas al cuerpo de agua (Smith y Smith, 2001).

### **7.15.2. Eutrófico**

Se refiere a sistemas acuáticos con alto contenido de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo, y por lo mismo elevada producción vegetal (Salas y Martino, 1996; Smith y Smith, 2001). Un sistema con éstas características presenta una relación directa entre superficie-volumen, es decir su área es grande en comparación con su profundidad. En este tipo de cuerpos de agua, el fitoplancton se acumula en la capa superficial del agua más caliente, por lo que toma un color verde oscuro (Smith y Smith, 2001).

### **7.15.3. Mesotrófico**

En esta categoría, entran los sistemas acuáticos que poseen características intermedias entre oligotrófico y eutrófico (Salas y Martino, 1996).

El mismo índice puede determinarse a partir de otros parámetros, como la concentración de clorofila a (Clorf a) y fósforo total (Pt), cuya relación con la transparencia se ha deducido previamente. Las fórmulas que figuran a continuación (Tabla 2), corresponden a la propuesta de Carlson (1977) y a la modificación realizada por Aizaki et al (1981) a la misma (Moreno et. al, 2010).

### 7.16. Índice de estado trófico a base de Fósforo Total (FT)

La fórmula empleada para la determinación del Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), mediante el Fósforo Total (FT) es:

$$\text{IET} = 10\left(6 - \frac{\frac{\ln(48)}{\text{FT}}}{\ln 2}\right)$$

Fuente: Ortiz, 2012

**Tabla 3.** Escala de valores del ET en los cuerpos de agua en base al Fosforo total

Estado de eutrofia	TSI	Pt(mg/m3)
Oligotrófico (TSI <30)	0	0.75
	10	1.5
	20	3
	30	6
Mesotrófico (30<TSI <60)	40	12
	50	24
	60	48
Eutrófico (60<TSI <90)	70	96
	80	192
	90	384
Hipertrófico (90<TSI <100)	100	768

**Fuente:** Carlson, R.E. (1977): A trophic state index for lakes. *Limnology and oceanography*, v. 22 (2), p. 361-369.



## **7.17. Parámetros físico-químicos y microbiológicos**

### **7.17.1 Parámetros físicos**

#### **Temperatura**

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que un cuerpo de agua puede absorber. Es muy importante para todos los procesos biológicos e influye sobre la tasa de crecimiento biológico, en las reacciones químicas y en el desarrollo de la vida. (Roldán, 2008; Jiménez, 2001). Si la temperatura en el agua es mayor, la solubilidad de un sólido también lo es, mientras que la solubilidad de un gas será menor. Es por esto que al existir contaminación térmica la vida dentro de un cuerpo de agua se encuentra en peligro ya que elimina el oxígeno disuelto vital para el desarrollo de la vida acuática (Jiménez, 2001).

#### **Sólidos Disueltos Totales**

Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contiene el agua. Se componen de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste de partículas con diámetro de  $10^{-3}$  a  $1 \mu\text{m}$  (Toasa, 2012).

#### **Conductividad Eléctrica**

La conductividad electrolítica (CE) es la medida de la habilidad del agua para conducir electricidad lo cual es generalmente expresado en términos de microsiemens/cm. Estima la cantidad del total de sales disueltas (TSD), o la cantidad total de iones disueltos en el agua como los aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato con una carga negativa o cationes de sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio con una carga positiva. Los compuestos orgánicos o contaminantes como fenol, aceite, alcohol o azúcar no conducen la corriente eléctrica y tienen poca conductividad en el agua. La conductividad es directamente proporcional a la concentración de iones en la solución. La conductividad es una buena medida de salinidad en el agua (Guerrero & Arias, 2013).

## **Turbiedad**

Es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que origina que al pasar un haz de luz a través de ella, la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta. Es el efecto óptico causado por la dispersión y absorción de rayos luminosos que pasan a través de un líquido que contiene pequeñas partículas en suspensión. La turbiedad en el agua resulta de la presencia de materiales sólido u opacos que dicho líquido transparente de por sí, mantiene en suspensión (Villegas, 2013).

### **7.17.2. Parámetros químicos**

#### **Potencial de hidrogeno (ph)**

El pH es una medida de la actividad del ión hidrógeno. Se usa para indicar tanto la acidez como la alcalinidad del agua (Harris C, 2003).

#### **Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO<sub>5</sub>)**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales. La determinación de la DBO está relacionada con la medición del oxígeno disuelto en el agua, que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Fernández, 2013).

#### **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

El parámetro DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de aguas naturales y residuales. En el ensayo se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que pueda oxidarse (Fernández, 2013).

### **Oxígeno Disuelto**

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. Es un indicador de cómo de contaminada está el agua o de lo bien que puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Guerrero& Arias, 2013).

### **Fósforo Total**

El Fósforo es un elemento esencial para la vida como un factor clave limitador de nutrientes, sin embargo contribuye junto con el Nitrógeno a la eutrofización de lagos y otros cuerpos de agua (UNEP, 2005).

### **Nitratos**

En general, los nitratos (sales del ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion.

En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos. El  $\text{NO}_3^-$  es la especie derivada del nitrógeno más importante. Suponen una fuente de nutrientes importantes para ciertos organismos autótrofos. Una alta concentración de nitratos puede originar el llamado fenómeno de eutrofización, con un aumento en la población de estos organismos autótrofos que compiten con el oxígeno con otros organismos aerobios de mayor tamaño (Avecillas, 2012).

## **7.16.3 Parámetros microbiológicos**

### **Coliformes fecales**

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliformes, por lo tanto presentan las mismas características anteriores, pero son capaces de reproducirse a temperaturas entre 44 y 44,5 °C. Su termotolerancia se debe a una superior estabilidad de las proteínas al calor y es así que normalmente se encuentran en el tracto entérico de los animales. (Vélez& Ortega, 2011).

### Coliformes totales

La denominación de coliformes se le otorga a todo aquel grupo de bacterias que tienen ciertas características bioquímicas en común y son de mucha importancia como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos (Vélez & Ortega, 2011).

#### 7.18. Índice de diversidad Shannon-Weaver

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949), derivado de la teoría de información como una medida de la entropía. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de  $S$  especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante y las restantes  $S-1$  especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las  $S$  especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla, 2006).

El índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1949) se define como:

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

Dónde:

$S$  = número de especies (riqueza de especies)

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

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$

$N$  = Número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

## **8. HIPÓTESIS**

### **Hipótesis afirmativa**

- Hi: La presencia de diferentes especies de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi, sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, determina la calidad del agua.

### **Hipótesis nula**

- Ho: La presencia de diferentes especies de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi, sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, no determina la calidad del agua.

## **9. METODOLOGÍA**

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

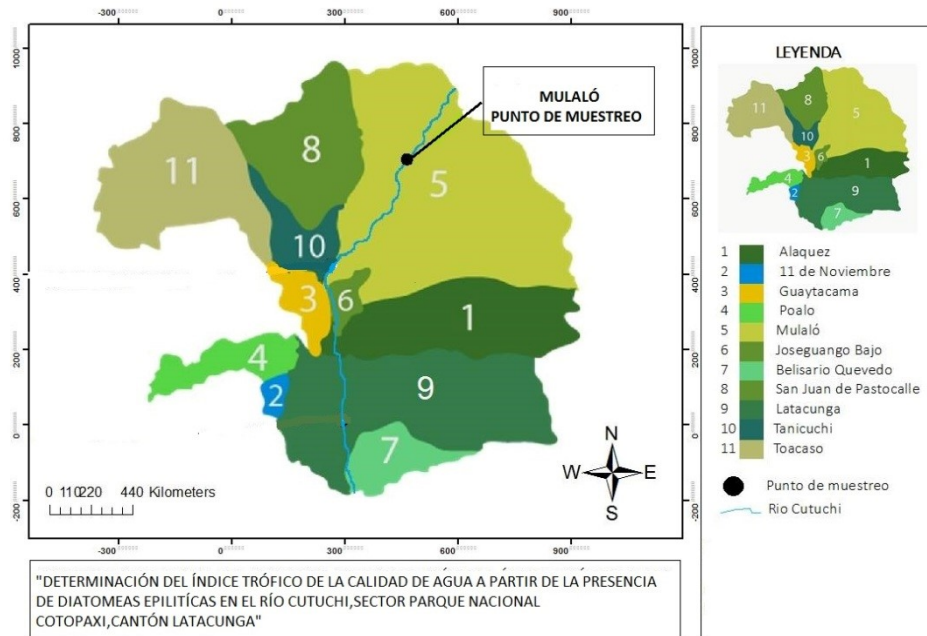
**Provincia:** Cotopaxi

**Cantón:** Latacunga

**Parroquia:** San Francisco de Mulaló

El área de estudio se localiza en los barrios San Agustín de Callo y Rumipamba, en la Parroquia de Mulaló colindante con la comunidad de Santa Rita de la Parroquia de Pastocalle a 30 Km de distancia de la ciudad de Latacunga, se puede ingresar por el Km. 44 de la Panamericana Sur cerca de la población de Lasso.

**Gráfico 1.** Ubicación geográfica del sitio de estudio.



Elaborado por: Equipo de Trabajo, 2017.

## 9.2. Medio Físico

### 9.2.1. Altitud

Posee una latitud aproximada de 3.000 msnm. (PDOT Mulaló, 2014).

### 9.2.2. Temperatura

De acuerdo a la información del INAMHI, la temperatura en la parroquia se distribuye en rangos que fluctúan entre temperaturas bajas de 0°C a temperaturas medias de 24°C. Las zonas frías cuya característica principal son las temperaturas bajas se localizan en las áreas de paramos, zonas montañosas o altas donde se localiza el Volcán Cotopaxi y las Reservas Protegidas P.N. Cotopaxi y El Boliche que van de 0°C a 6°C, las temperaturas medias se localizan en la zonas occidental de la parroquia en la entrada a Mulaló por el sector de ACEROPAXI, donde son partes bajas (PDOT Mulaló, 2014).

### **9.2.3. Precipitación**

La precipitación en la parroquia se distribuyen en rangos bajos que van desde 500mm hasta los 1500mm anual. Las precipitaciones con rangos altos de 1000mm a 1500mm se distribuyen en la zona de páramos donde se localiza el Volcán Cotopaxi y las Reservas Protegidas Parque Nacional Cotopaxi y El Boliche. La distribución de las precipitaciones bajas se localiza al sur de la parroquia donde se localizan la mayor parte de los asentamientos de la parroquia (PDOT Mulaló, 2014).

### **9.2.4. Hidrografía**

Los ríos que atraviesan la parroquia Mulaló pertenecen a las microcuencas de los Ríos Barrancas, Río Cutuchi, Río Jambelí, Río la Delicia, Río Saquimala, Río Tolugchi, quebrada Burro Huaycu y Drenajes Menores; subcuenca del Río Patate, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Río Pastaza (PDOT Mulaló, 2014).

La microcuencas de Cutuchi, Saquimala, y Barrancas van recolectando los nacimientos y remanente de vertientes y deshielos del volcán Cotopaxi (PDOT Mulaló, 2014).

## **9.3. Medio abiótico**

### **9.3.1. Paisaje**

El paisaje dominante dentro del área de estudio lo constituyen los páramos considerados como sistemas naturales complejos y variados.

### **9.3.2 Flora**

Se ha podido determinar especies como sigse, paja de blanca, alpa mortiño, flor de ñachak, sunfo, helecho, diente de león, chilca.

### **9.3.3. Fauna**

Se ha podido determinar especies entre mamíferos, anfibios, reptiles, aves ,ratón topo , guagsa , lagartija, tórtola,.

#### 9.4. Medio socioeconómico

- ✓ La calidad es el principal problema el agua no es apta para ningún uso
- ✓ Imposibilidad de uso para cultivos más rentables
- ✓ Baja eficiencia de los métodos de regado , falta asistencia técnica ausencia de crédito

#### 9.5. Fase de campo

##### 9.5.1. Descripción de los puntos de muestreo

Para realizar la colecta de diatomeas epilíticas, inicialmente se hizo un reconocimiento previo de los sitios más representativos y de fácil acceso para la toma de muestras y medición de parámetros, en la tabla 4 se muestra los 6 puntos de muestreo con su ubicación correspondiente.

Tabla 4. Georeferenciación del área de estudio (WGSM84)

<b>COORDENADAS UTM DE LOS PUNTOS DE MUESTREO</b>			
<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Punto 1	770615	9923812	3.202msnm
Punto 2	770596	9923806	3.205msnm
Punto 3	770580	9923790	3.206msnm
Punto 4	770563	9923798	3.204msnm
Punto 5	770546	9923784	3.204msnm
Punto 6	770535	9923776	3.203msnm

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017



### **Punto 1**

Tiene una extensión de 20 m, a 3.202msnm , el agua es limpia, transparente y cristalina ,se observó una gran abundancia de 2 especies de flora: sigse y chilca negra , en lo que se refiere a fauna 2 especies : lagartija , guagsa .El tipo de suelo es de origen volcánico con mucha grava y piedra. (Ver anexo B.1).

### **Punto 2**

Tiene una extensión de 20 m, a 3.205msnm, se observó una gran abundancia de 2 especies de flora: sigse, chilca negra en el margen del lado izquierdo poca vegetación, se observó una especie de flora: diente de león, en lo que se refiere a fauna 1especie: lagartija .El tipo de suelo es de origen volcánico con mucha grava y piedra. (Ver anexo B.2).

### **Punto 3**

Tiene una extensión de 20 m, a 3.205msnm, en el margen derecho e izquierdo del rio se observó una gran abundancia de 4 especies de flora: sigse, chilca negra , flor de ñachak , helecho . En lo que se refiere a fauna 1 especies: lagartija. El tipo de suelo es de origen volcánico con mucha grava y piedra. (Ver anexo B.3).

### **Punto 4**

Tiene una extensión de 20 m, a 3.204msnm, zona de fácil de acceso. El agua es bastante limpia, transparente y cristalina. No presenta una gran cantidad de vegetación a su alrededor, abundante en rocas, el lecho del río es poco profundo. El tipo de suelo es de origen volcánico con mucha grava y piedra. (Ver anexo B.4).

### **Punto 5**

Esta zona de estudio tiene una extensión de 20 m, a 3.204msnm, presenta una gran cantidad de vegetación a su alrededor como sigse, chilca negra, flor de ñachak, El agua es bastante limpia, en lo que se refiere a fauna 1especie: lagartija.(Ver anexo B.5).

### **Punto 6**

Tiene una extensión de 20 m, a 3.203msnm, en cuanto a la vegetación, la zona es boscosa, con dominio de helechos. El lecho del río es angosto y profundo con bastante caudal, un poco difícil el acceso.(Ver anexo B.6).

### **9.5.2. Procedimiento de muestreo de diatomeas**

Para el desarrollo de la investigación y el cumplimiento de los objetivos planteados se realizó visitas in-situ con el fin de establecer los puntos de muestreo en las orillas del río, los mismos que fueron definidos de acuerdo con la accesibilidad, las características del lugar, el tipo de vegetación que posee el sitio de estudio, se realizó un tramo de 120 metros dividido en 6 puntos cada uno a una distancia de 20 m, la colecta se realizó en 7 ocasiones en los meses de octubre, noviembre y diciembre obteniendo 42 muestras. El muestreo se realizó en los períodos de flujo constante, evitando la colección después de fuertes lluvias que pueden causar perturbaciones en la comunidad y el aumento de la turbidez del agua. Se recomienda que el muestreo se realice en condiciones de visibilidad del sustrato sumergido que puede variar entre una y dos semanas después de la aparición de fuertes precipitaciones. Los puntos de muestreo fueron fotografiados y geo-referenciados utilizando un equipo GPS (INAG, 2008).

#### **9.5.2.1. Material para la recolección de muestras de diatomeas**

- ✓ Cepillo Dental
- ✓ Bandeja De Polietileno
- ✓ Frascos De Recolección De 250 ml
- ✓ Solución De Formol Al 4% (V / V)
- ✓ Agua Destilada
- ✓ Solución De Alcohol Etilico De 70% (V / V)
- ✓ Etiquetas Adhesivas
- ✓ Marcadores Indelebles
- ✓ Guantes De Goma
- ✓ Botas De Goma

La recolección de diatomeas epilíticas se realizó en sustratos (rocas) naturales, preferiblemente fueron con medición de 10 a 20 cm de diámetro, que estaban sumergidas en el agua a una profundidad de 10 y 30 cm, en lugares con presencia de la luz del sol y tienen una película de color pardusco, una condición que caracteriza a la colonización de las algas diatomeas en el sustrato (Lobo et al.2016).

Para la retirar las algas diatomeas del sustrato, se utilizó un cepillo de dientes para el raspado de la superficie colonizados 3 a 5 rocas. A medida que el material fue afeitado, la piedra se lavó con agua destilada contenida en el frasco de recolección y el material se almacena en una bandeja. Al final del raspado, se pasó las muestras contenidas en la bandeja a un frasco de vidrio de aproximadamente 250 ml (Lobo et al.2016).

Se etiquetó el frasco que contiene la muestra con una cinta adhesiva, identificando el sitio de muestreo. Después de la recolección, en el laboratorio, añadió 1 ml de una solución de formol al 4% (v/v) para fijar el material (Lobo et al.2016).

**Observación:** Lavar todo el material utilizado durante la recolección con agua destilada, para evitar la contaminación de otras muestras recogidas (Lobo et al.2016).

En la ausencia de rocas se puede recurrir a la utilización de sustratos artificiales previamente preparados y dispuestos en lugares de muestreo aproximadamente cuatro semanas antes de la recolección (tiempo suficiente para que la colonización de la comunidad de diatomeas se reproduzcan), o bien, en el último caso, el muestreo puede realizarse en la vegetación acuática presente (en este caso, correspondiente a una comunidad) (Lobo et al.2016).

Hoja de campo para toma de la muestra:

- ✓ Código
- ✓ Toma de muestras de ubicación
- ✓ Lugar, UTM
- ✓ Fecha del muestreo
- ✓ Responsable de muestreo
- ✓ Condiciones climáticas

### 9.5.3. Procedimiento para la toma de muestras de agua

En el área de estudio se recolectó dos muestras de agua en un recipiente de polietileno con capacidad de 2 litros y de 100 ml, mismos que fueron enviados al laboratorio ANAVANLAB para los análisis correspondientes. Se midieron 12 parámetros: pH, turbidez, oxígeno

disuelto, sólidos disueltos totales, DBO<sub>5</sub> DQO, conductividad eléctrica, nitratos, fósforo total, coliformes fecales y coliformes totales, para ello se empleó el protocolo de muestreo de la norma INEN 2176:1998. Para medir la temperatura se utilizó el multiparametro perteneciente a la carrera en Medio Ambiente.

## **9.6. Fase de laboratorio**

Al finalizar la fase de campo, las muestras fueron transportadas a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el laboratorio de Química se preparó las muestras y en el laboratorio de microbiología, se observó las placas en el microscopio y se identificó mediante la guías y manuales de identificación. Con los datos obtenidos se obtuvo inventarios de las diferentes especies de diatomeas epilíticas presentes en cada punto de muestreo. A continuación detallamos el protocolo utilizado en el la fase de laboratorio.

### **9.6.1. Materiales y equipos para el tratamiento de las muestras**

- ✓ Centrífuga
- ✓ Tubos de ensayo pequeños (tamaño sugerido de 16 x 100 mm)
- ✓ Tubos de ensayo grande (tamaño sugerido de 18 x 150 mm)
- ✓ Pipetas graduadas de 10 ml
- ✓ Botella lavada con agua destilada
- ✓ Becker (Tubos de ensayo) de 500 ml
- ✓ Ácido sulfúrico P.A. ( $H_2SO_4$ )
- ✓ Ácido clorhídrico P.A. (HCl)
- ✓ Dicromato de potasio P.A. ( $K_2Cr_2O_7$ )
- ✓ Soporte
- ✓ Guantes de protección
- ✓ Máscara protectora
- ✓ 6 frascos estériles con tapa
- ✓ Marcadores indeleble

(Lobo et al.2016).

### 9.6.2. Procedimientos para el tratamiento de las muestras de diatomeas.

El procesamiento de muestras sirve para oxidar toda la materia orgánica presente en los especímenes recogidos, dejando sólo la sílice frústula de diatomeas, con el fin de facilitar la identificación de la especie en el microscopio (Lobo et al.2016).

#### Etapa 1

En primer lugar, la identificación de los tubos de ensayo grandes.

- ✓ Llenar una pipeta con 10 ml de muestra, retirar el sedimento y colocar en el tubo de ensayo correspondiente.
- ✓ Añadir a la muestra 6 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) en el tubo de ensayo, tocar la punta de la pipeta sobre la pared del tubo de manera que el ácido se deslice lentamente en la muestra.
- ✓ Colocar los tubos de ensayo a hervir en baño maría durante 60-90 minutos después de apagar el fuego y dejar enfriar.
- ✓ Añadir fragmentos de porcelana como reguladores de ebullición para reducir el riesgo de rotura de los tubos de ensayo.

(Lobo et al.2016).

**Observación:** Durante la manipulación del ácido sulfúrico, guantes y máscara de protección, a fin de evitar quemaduras e inhalación de los mismos. Realizar el procedimiento de cocción en lacapilla con la ventilación de escape (Lobo et al.2016).

#### Etapa 2

- ✓ Luego, con los tubos de ensayo dentro del frasco de Becker añadir 0,8 g de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en cada tubo.
- ✓ Hervir de nuevo durante 30-60 minutos en la capilla con escape adjunto, después apagar el fuego y esperar 24 horas para continuar el tratamiento.
- ✓ Al día siguiente, la colocar las muestras en los tubos de ensayo más pequeños debidamente identificado, la cantidad de la muestra debe ser igual en todos los tubos (Si la muestra es sólida fragmentar con una varilla de vidrio).

- ✓ Colocar los tubos de ensayo en la centrifuga y centrifugar la muestra durante 2 minutos a 3000 rpm (revoluciones por minuto) para separar el dicromato de potasio y ácido sulfúrico.
- ✓ Tomar las muestras de la centrifuga y eliminar el sobrenadante de cada tubo con una pipeta sin tocar el sedimento en el fondo. Este sobrenadante puede ser dispuesto en el fregadero (un vez que se caracteriza como efluente), y debe ser colocado en un frasco propio para descarte correctamente identificado.
- ✓ A continuación, llenar cada tubo de nuevo con agua destilada, se agita la muestra, con el fin de eliminar todo el dicromato de potasio y ácido sulfúrico de la misma.
- ✓ Llevar los tubos a la centrifuga de nuevo durante 2 minutos a 3000 rpm. Repetir la operación hasta que el agua salga transparente.  
(Lobo et al.2016).

### **Etapa 3**

- ✓ Pasar 10 ml de cada muestra identificada de tubos grandes y de nuevo ponerlos en el frasco Becker con agua.
- ✓ Dentro de la capilla con escape adjunto, utilizando los guantes agregar 2 ml de ácido clorhídrico (HCl) en cada tubo, y llevar el frasco Becker para calentar durante 30 minutos. Apagar el fuego y esperar fresco.
- ✓ Colocar las muestras de nuevo en los tubos más pequeños identificados y disponer la centrifuga correctamente (equilibrio de pesos), todos con el mismo volumen. Centrifugar 3.000 rpm 2 minutos.
- ✓ Una vez más, eliminar el sobrenadante de cada tubo con una pipeta sin tocar el fondo y colocaren un recipiente adecuado para su eliminación debidamente identificada.
- ✓ A continuación, llenar cada tubo de nuevo con agua destilada, se agita la muestra, con el fin de eliminar todo el cloruro de hidrógeno de los mismos. Repetir esta operación de seis veces.
- ✓ Después de estos procedimientos, las muestras están listas y necesitan estar almacenadas en botellas de vidrio con una identificación apropiada. (Lobo et al.2016).

**Observaciones:** Durante la manipulación del ácido sulfúrico, guantes y máscara de protección, a fin de evitar quemaduras e inhalación de los mismos. Realizar el procedimiento de cocción en la capilla con la ventilación de escape (Lobo et al.2016).

### 9.6.3. Identificación de diatomeas

Materiales y equipos para la observación de los individuos en el microscopio óptico, identificación taxonómica y recuento de valvas.

- ✓ Microscopio óptico equipado con objetivo de inmersión (100X), contraste fase, ocular con escala micrométrica.
- ✓ Cámara digital para registrar las especies de diatomeas
- ✓ Fichas de laboratorio para registrar las especies identificadas.
- ✓ Guía de identificación y bibliografía especializada para la identificación taxonómica de las diatomeas.

Procedimiento para la observación de los individuos mediante el uso del microscopio óptico, la identificación taxonómica.

- ✓ Colocar la lámina en el microscopio y adicionar una gota de oleo de inmersión sobre la lámina. Utilizar el objetivo de 100x para identificar las especies de diatomeas, siendo conveniente que un microscopio posea contraste de fase o un ocular con escala micrométrica para medir las especies y realizar una correcta identificación.
- ✓ En la etapa de identificación utilizar bibliografía específica, como Lobo et al. (2016), Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero (2010) y Guía de identificación Taxonómica de Diatomeas del Ministerio de Ambiente y Medio Rural Rural Marino y Mora et al. (2015).

### 9.7. Fase de gabinete

En la fase de gabinete se redactó los resultados obtenidos en este trabajo de investigación relacionando el índice de estado trófico de la calidad de agua con la comunidad de diatomeas epilíticas encontradas en el sitio de estudio, para lo cual se procedió al cálculo de TSI con el valor del fósforo total.

De manera adicional se calculó el índice de Shannon'-Wiener para establecer el valor de diversidad existente en el tramo estudiado y se realizó la comparación de los resultados de los

análisis físicos- químicos y microbiológicos con la normativa TULSMA libro VI anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, para demostrar que parámetro supera los límites permisibles.

## **10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:**

### **10.1. Composición taxonómica**

En los 6 puntos de muestreo localizados en el sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, cantón Latacunga, se encontró un total de 523 individuos de diatomeas distribuidos en 20 familias, 27 géneros y 55 especies. (Ver Anexo D).

Los géneros dominantes en los puntos de estudio fueron *Navicula*, *Cocconeis*, *Achnantheidium*, *Nitzschiay Gomphonema*, mientras los menos abundantes fueron *Ellerbeckia*, *karayevia*, *Rhoicosphenia*, *Peronia* y *Tabellaria*.

Las especies más abundantes fueron *Cocconeis placentula* (58 individuos), *Pseudostaurosira elliptica* (40 individuos), *Melosira varians* (36 individuos), *Gyrosigma acuminatum* (32 individuos), *Aulocoseira ambigua* (30 individuos), *Fragilaria capucina* (24 individuos), *Achnantheidium minutissimum* (21 individuos) y *Navicula veneta* (18 individuos).

### **Discusión de los resultados**

Entre las especies más representativas en el área de estudio es importante destacar a la *Cocconeis placentula* y *Achnantheidium minutissimum*, que de acuerdo a investigaciones son especies sensibles a la contaminación (Sczepocka y Szulc, 2006; Ndiritu *et al.*, 2006).

Particularmente la *Cocconeis placentula*, es una de las especies que crecen en hábitats bentónicos donde se adhieren a rocas, macrófitos y algas. Es común en los cuerpos de agua dulce y es de amplia distribución geográfica, particularmente donde el pH es circumneutral o alcalino. También se encuentra en el agua salobre. Es tolerante a la contaminación orgánica moderada y eficiente en la incorporación de nutrientes (Gari & Corigliano 2007).

Por su parte *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki (1994) es una de las diatomeas bentónicas más frecuentes del agua dulce a nivel mundial (Krammer & Lange-Bertalot 1991).



Esta especie se ha registrado para aguas alcalinas y ácidas, oligotróficas e hipertróficas (Round 2004).

### 10.1.1. Índice de Shannon-Wiener

La diversidad específica medida a través del índice de Shannon-Wiener presentó un valor  $>3$  lo cual indica que el área de muestreo perteneciente al río Cutuchi, sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, presenta una alta diversidad de especies de diatomeas epilíticas. (Ver Anexo F.1)

#### Ecuación 1: Cálculo del índice Shannon-Wiener

<b>Formula</b>	$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) (\ln p_i)$
<b>Respuesta</b>	$H' = 3,4593$

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

Para el análisis de los datos y la aplicación del índice de diversidad de Shannon, el cálculo se lo realizó con el programa Microsoft Excel y su respectiva comprobación se la llevó a cabo utilizando el paquete estadístico PAST. (Ver Anexo F.12)

### 10.2. Índice trófico determinado con el valor del fósforo total

Las concentraciones de fósforo total presentes en el segundo punto del río Cutuchi, fueron determinadas en mg/L, para emplear la ecuación, se transformó a  $\text{mg/m}^3$ . Finalmente, luego de realizar la ecuación se obtuvo un resultado  $30 < \text{TSI} < 60$  lo que considera al agua en estado mesotrófico, que se caracteriza por tener un nivel moderado de nutrientes, que por lo general tienen aguas claras.

Pt :  $1,8 \text{ mg/L} = 1800 \text{ mg/m}^3$

#### Ecuación 2: Cálculo del índice Trófico

<b>Fórmula</b>	$\text{IET} = 10 \left( 6 - \frac{\frac{\ln(48)}{\text{FT}}}{\ln 2} \right)$
	$\text{IET} = 10 \left( 6 - \frac{\frac{\ln(48)}{1800 \text{ mg/m}^3}}{\ln 2} \right)$
	$\text{IET} = 10 \left( 6 - \frac{\frac{3,8712}{1800 \text{ mg/m}^3}}{0,6931} \right)$
	$\text{IET} = 10 \left( 6 - 0,0032 \text{ mg/m}^3 \right)$
	$\text{IET} = 10 \left( 5,996 \text{ mg/m}^3 \right)$
	$\text{IET} = 59,96 \text{ mg/m}^3$

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

### 10.3. Relación entre el índice trófico y las diatomeas epilíticas

**Tabla 5** .Relación entre el índice trófico y las diatomeas epilíticas

ESPECIES	ESTADO DE EUTROFIA			
	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipertrófico
<i>Achnanthes subhudsonis</i>				X
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	X	X		
<i>Cocconeis placentula</i>		X		
<i>Craticula Accomoda</i>				X
<i>Cymbella Tumida</i>	X			
<i>Eolimna subminuscula</i>		X	X	
<i>Melosira varians,</i>			X	
<i>Navicula cryptotenella,</i>			X	
<i>Nitzschia palea</i>			X	
<i>Navicula veneta</i>		X	X	
<i>Ulnaria ulna</i>		X	X	

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

En el sector entrada al P.N.C, se hallaron diferentes especies de diatomeas epilíticas, que en base a estudios realizados con anterioridad se establece que algunas de las especies encontradas ya que han sido catalogadas como bioindicadoras de la calidad del agua.

Dentro de las especies identificadas podemos destacar las siguientes: *Achnanthidium minutissimum*, se dice que la especie es muy sensible a la contaminación, especialmente la orgánica (Silva-Benavides 1996).

*Achnanthes subhudsonis*, se encuentra en ríos contaminados, pueden sobrevivir siempre en presencia de contaminación (Cairns & Dickson 1972).*Craticula accomodata*, habitan en medios fuertemente contaminados orgánicamente (Obispo, I., y Burge, D, 2015).*Cymbella tumida*, presente en aguas con alta concentración de oxígeno e intolerante a la contaminación con nitrógeno, típico de un organismo oligosaprobio (Nunn 1999).

*Cocconeis placentula*, es una de las especies que crecen en hábitats bentónicos donde se adhieren a rocas, macrófitos y algas. Es común en los cuerpos de agua dulce y es de amplia distribución geográfica, particularmente donde el pH es alcalino (Abuhatab-Aragón.& Donato-Rondón, 2012). Es tolerante a la contaminación orgánica moderada y eficiente en la incorporación de nutrientes (Gari & Corigliano 2007).

*Nitzschia palea*, se relaciona a las áreas que presentan mayor escorrentía de terrenos agrícolas o a su vez con altas concentraciones de nitratos y fosfatos. *Nitzschia inconspicua*, está estrechamente relacionada a los ambientes eutróficos (Segura et al. 2012). *Navicula cryptotenella*, que, en otros sistemas, han sido consideradas indicadoras de una condición saprobia, por ser constantes en situaciones de contaminación orgánica (ACP-UP, 2012), aunque vale destacar, que no se encontraron en gran abundancia en el estudio, según Michels (1998), es una especie tolerante a la contaminación.

Las especies *Eolimna subminuscula*, *Navicula veneta*, se caracterizan por ser tolerantes a condiciones  $\alpha$ -mesosapróbicas a polisapróbicas con alto contenido de nitrógeno (Segura et al. 2012). *Melosira varians*, se desarrolla fácilmente bajo condiciones eutroficadas (Armitage et al. 1983). Otros estudios consideran a la especie *Ulnaria ulna* como indicadoras de una condición saprobia, por ser constantes en situaciones de contaminación orgánica; específicamente, (Alarcón y Peláez, 2012).

Además se ha determinado que las especies pertenecientes a los géneros *Gomphonema*, *Navicula* y *Nitzschia*, se desarrollan en hábitats que presentan un índice elevado de contaminación orgánica, destacando que su presencia no fue mayoritaria al momento de la realización de los muestreos, pero fueron encontradas en gran cantidad en un día de colecta que presentó fuertes precipitaciones.

Es importante destacar que la investigación demostró resultados favorables que establecen que la condición actual del río Cutuchi se encuentran en estado mesotrófico con tendencia a estado eutrófico, considerado que el afluente se encuentra en constante cambio y sobre todo está sujeto a contaminación por actividades de pastoreo de ganado y agrícolas.

## 10.4. Parámetros fisico- químicos y microbiológicos

### 10.4.1. Análisis de los parámetros físicos

Tabla 6. Análisis de los parámetros físicos

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	LIMITE PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
			TULSMA libro VI Anexo 1	
Temperatura	°C	9°C	Condición Natural +/- 3 grados	CUMPLE
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	< 100	> 200	CUMPLE
Conductividad Eléctrica	uS/cm	0.0843	>3,0	CUMPLE
Turbiedad	UNT	9.64	100.0	CUMPLE

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

De acuerdo a la normativa vigente de la Tabla 1 (criterio de calidad de agua que para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional) ,Tabla 5 (parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego) y tabla 7 (criterios de calidad de aguas para aguas para fines recreativos mediante contacto primario) del TULSMA los siguientes parámetros temperatura , conductividad eléctrica , sólidos totales, sólidos disueltos totales, turbiedad se encuentran dentro de los límites permisibles de calidad de agua .

### 10.4.2. Análisis de los parámetros químicos

Tabla 7. Análisis de los parámetros químicos

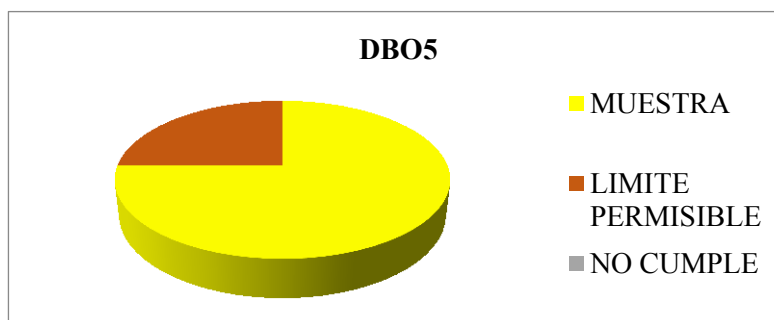
PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	LIMITE PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
			TULSMA libro VI anexo 1	
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO<sub>5</sub>)</b>	mg/L	< 6	< 2	<b>NO CUMPLE</b>
<b>Demanda Química de Oxígeno(DQO)</b>	mg/L	< 10	< 4	<b>NO CUMPLE</b>
<b>Potencial de hidrogeno (ph)</b>	Ph	7.9	6-9	<b>CUMPLE</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	mg/L	84.3	>80	<b>CUMPLE</b>
<b>Nitratos</b>	mg/L	< 1,0	50,0	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

De acuerdo a la normativa vigente de la tabla 1 (criterio de calidad de agua que para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional) y la tabla 7 (criterios de calidad de aguas para aguas recreativas mediante contacto primario) del TULSMA, los siguientes parámetros potencial de hidrogeno (pH), nitratos, oxígeno disuelto se encuentran dentro de los límites permisibles de la calidad de agua.

#### Demanda Bioquímica De Oxígeno

Gráfico 2 : Demanda Bioquímica De Oxígeno

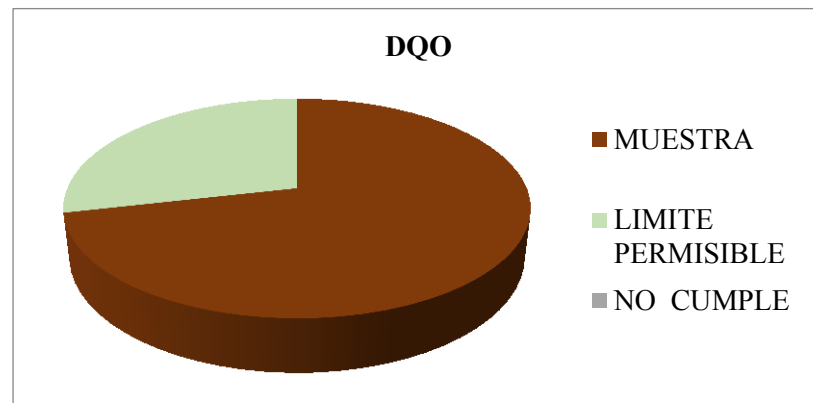


Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017

De acuerdo a la normativa vigente de la **tabla1**: criterio de calidad de agua que para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional, del TULSMA, el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno no cumple ya que sobrepasa el límite permisible que es  $< 2$ , el exceso de la demanda bioquímica de oxígeno se debe al material orgánico.

### Demanda química de oxígeno

**Gráfico 3:** Demanda química de oxígeno



**Elaborado por:** Equipo de trabajo ,2017

De acuerdo a la normativa vigente de **tabla1**: criterio de calidad de agua que para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional del TULSMA el parámetro de la demanda química de oxígeno no cumple ya que sobrepasa el límite permisible que  $< 4$ , el exceso de la demanda química de oxígeno se debe al sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos.

### 10.4.3. Análisis de los parámetros microbiológicos

**Tabla 8.** Análisis de los parámetros microbiológicos

PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	LIMITE	CUMPLIMIENTO
			PERMISIBLE TULSMA libro VI anexo 1	
<b>Coliformes fecales</b>	NMP NMP/100 mL	1600,0	2000	CUMPLE
<b>Coliformes totales</b>	NMP NMP/100 mL	< 1,1	20000	CUMPLE

Elaborado por: Equipo de trabajo

De acuerdo a la normativa vigente de la tabla 1: criterio de calidad de agua que para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional del TULSMA los siguientes parámetros coliformes fecales, coliformes totales se encuentran dentro de los límites permisibles de calidad de agua.

#### Discusión de los resultados

Los análisis físico-químicos y microbiológicos de acuerdo a la normativa vigente de la tabla 5 y 8 del TULSMA, determinaron que este recurso es apto para riego y fines recreativos ya que se encuentran dentro de los límites permisibles.

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

### Técnicos

Para la realización del proyecto se ejecutaron técnicas y métodos biológicos los cuales fueron relativamente confiables.

### Sociales

El estudio ha generado un impacto positivo, por desarrollar conocimientos sobre el estado actual del río Cutuchi en el sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, ya que este recurso

hídrico es utilizado por las comunidades aledañas al sector. De igual manera las autoridades correspondientes pueden hacer uso de la información para tomar las medidas correspondientes para su conservación.

### **Ambientales**

Considerando que el sitio de estudio es un lugar que no ha sufrido una fuerte intervención antrópica a diferencia de la parte sur, que a simple vista presenta un alto grado de contaminación, la ejecución de este proyecto investigativo permite dar a conocer a la población que el tramo estudiado del río Cutuchi, presenta niveles eutróficos, es decir que tienen un nivel de nutrientes de moderada generando una contaminación moderada.

### **Económicos**

En la ejecución de este proyecto se obtuvo un presupuesto de **1002.76\$**.

## **12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO:**

**Tabla 9.** Presupuesto

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Valor</b>
Equipos	200.00
Transporte y salida de campo (detallar) buses , carreras	130.00
Alimentación	100.00
Reactivos	120.00
Materiales y suministros	110.10
Análisis de laboratorio	101.50
Material Bibliográfico y fotocopias	150.00
<b>Sub Total</b>	911.6
<b>10%</b>	91.16
<b>TOTAL</b>	<b>1002.76</b>

Elaborado por: Equipo de trabajo, 2017



### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- ✓ La recolección de muestras en los días posteriores a precipitaciones en el sitio de estudio dificultó la colecta, debido a que no se pudo observar eficazmente los sustratos y fue difícil acceder a todos los puntos de muestreo.
- ✓ Las especies más abundantes fueron *Cocconeis placentula* (58 individuos), *Pseudostaurosira elliptica* (40 individuos), *Melosira varians* (36 individuos), *Gyrosigma acuminatum* (32 individuos), *Aulocoseira ambigua* (30 individuos), *Fragilaria capucina* (24 individuos), *Achnantheidium minutissimum* (21 individuos) y el índice de Shannon –Weaver demuestra que existe una alta diversidad en lo que se refiere a la presencia de diatomeas epilíticas.
- ✓ Según el Índice de Estado Trófico de Carlson (1977), el tramo estudiado, actualmente se encuentra en estado mesotrófico, mismo que fue relacionado con la comunidad de diatomeas elípticas encontradas en el lugar que han sido ya catalogadas como bioindicadoras de calidad de agua en estudios anteriores.
- ✓ Los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos determinan que el recurso hídrico del sitio de estudio es apto para el riego y fines recreativos, por lo que se concluye que la contaminación del agua en el tramo estudiado es leve, pero es imprescindible el control para evitar que aumente la contaminación del afluente.
- ✓ Los resultados obtenidos permiten generar un conocimiento preliminar de la comunidad de diatomeas epilíticas presentes en el tramo del río Cutuchi sector entrada al Parque Nacional Cotopaxi, que serán la base para nuevas investigaciones relacionadas con este tema y el desarrollo de una serie de actividades destinadas a mejorar la calidad del agua, por lo tanto, mejorar la calidad de vida de las personas que dependen de este recurso.

## Recomendaciones

- ✓ Para la selección del área de recolección se deberá optar por lugares donde el flujo sea constante y evitar la colección después de fuertes lluvias ya que causan un incremento en el nivel del agua y es imposible la visualización del sustrato.
- ✓ Realizar mayores estudios respecto a la taxonomía de las algas para determinar en que calidad de agua se encuentra (buena, media y mala).
- ✓ La toma de muestras de agua para los análisis físico-químicos y microbiológicos se debe seguir los protocolos de la normativa establecida y para garantizar los resultados de los mismos se optará por un laboratorio acreditado.
- ✓ Priorizar el control ambiental del río Cutuchi de manera especial de la parte alta para evitar un aumento de la contaminación y preservar el río más representativo del Cantón Latacunga.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- Abuhatab-Aragón, Y. A., & Donato-Rondón, J. C. (2012). *Cocconeis placentula* y *achnanthidium minutissimum* especies indicadoras de arroyos oligotróficos andinos. *Caldasia*, 205-212.
- ACP-UP. Autoridad del Canal de Panamá - Universidad de Panamá. (2012). *Diatomeas del Canal de Panamá: Bioindicadores Y Otros Estudios Pioneros*. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología Departamento de Botánica y Centro de Ciencias del Mar y Limnología.
- Alba-Tercedor, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de los ríos*. IV Simposio del agua en Andalucía. (2). 203-213.
- Alvarez, F. (2010). *Las aguas residuales provenientes del faenamiento en el camal municipal Salcedo y su incidencia en la contaminación del río Cutuchi*. (Tesis de grado previo a la obtención del título de magister en producción más limpia). Universidad Técnica De Ambato, Ecuador.
- Alvarez, I., Blanco, S., Cejudo, C., & Becares, E. (2010). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*. España: Graficas Celarayin.

- Armitage P, Moss D, Wright J, Furse M. (1983). *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites*. Water Res 1983; 333-347.
- Avecillas, A. (2012). *Caracterización físico – químico del estero salado entre el puente de la avenida Kennedy y el puente 5 de junio*. (Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero químico). Universidad De Guayaquil, Ecuador.
- Bahls, L. (2011). *Navicula rhynchotella* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula\\_rhynchotella](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_rhynchotella)
- Bahls, L. (2012). *Synedra famelica*. In Diatoms of the United States. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/synedra\\_famelica](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/synedra_famelica)
- Bahls, L. (2012). *Arenaria Ellerbeckia* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de, los de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/ellerbeckia\\_arenaria](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/ellerbeckia_arenaria)
- Bahls, L. (2014). *Styriaca Brachysira* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/brachysira\\_styriaca](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/brachysira_styriaca)
- Bahls, L. (2016). *Lanceolata Cymbella*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/cymbella\\_lanceolata](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/cymbella_lanceolata)
- Bustamante, M. (2012). *Diagnóstico preliminar de la contaminación en el Rio Cutuchi y propuesta de un sistema de depuración para las agua residuales de la ciudad de Salcedo*. (Tesis de grado previo a la obtencion del titulo de Ingeniero Civil).Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito,Ecuador.
- Cantoral, E. & G. Montejano. (1993). Las algas de la localidad El Salto (San Luis Potosí, México), un ejemplo de estudios florísticos en ambientes cambiantes. Boletín de la Sociedad Botánica de México 53: 3–20.
- Carlson, R.E. (1977): A trophic state index for lakes. Limnology and oceanography, v. 22 (2), p. 361-369.
- Confederación Hidrográfica del Duero.(2010). Guía de diatomeas de la cuenca del Duero. *Ministerio de Medio Ambiente*.
- Consejo Mundial del Agua.(2003).*El derecho del Agua. El Comentario General N.º15*. Recuperado de [http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Publications\\_and\\_reports/R](http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Publications_and_reports/Right_to_Water_Spanish_Final.pdf)  
[ight\\_to\\_Water\\_Spanish\\_Final.pdf](http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Publications_and_reports/Right_to_Water_Spanish_Final.pdf)

- Diatomeas. (2015). *Forma y función de las Diatomeas*. Recuperado de <http://diatomeas.net/forma-y-funcion-de-las-diatomeas/?ckattempt=1>
- Fernández, G. (2013). *Validación de los métodos de ensayo para DBQ<sub>5</sub> en aguas residuales, ph, aceites y grasas en aguas residuales y suelo*. (Tesis de grado previo a la obtención de ingeniero químico). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Gari, E.n. & Corigliano, M.C. 2007. Spatial and temporal variations of *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) 1854 Grunow, 1884 in drift and periphyton. *Braz. J. Biol.* 67(4): 587-595.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Francisco de Mulaló. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Mulaló (2014-2019)*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Juan De Pastocalle. (2011). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Pastocalle 2011-2018*.
- Goncalves, V., Raposeiro P., Costa A. (2008). Benthic diatoms and macroinvertebrates in the assessment of the ecological status of Azorean streams. *Limnetica*; 27(2): 317-328.
- Guerrero, M & Arias P. (2013). *Determinación de la conductividad eléctrica y la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas afluentes del río Cutuchi desde el puente cinco de junio hasta los Molinos Poulitier, cantón de Latacunga provincia de Cotopaxi*. (Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingenieros en Medio Ambiente). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Harris C, D. (2003). *Análisis Químico Cuántico* (3a ed.). Barcelona: Reverté.
- Kociolek, P. (2011). *Tenuis Denticula*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/denticula\\_tenuis](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/denticula_tenuis)
- Kociolek, P. (2011). *Caloneis bacillum*. In *Diatoms of the United States*. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/caloneis\\_bacillum](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/caloneis_bacillum)
- Lara, R. (2005). Recursos Hídricos y Contaminación de la Cuenca del Río Cutuchi. En P. Mena & D. Ortiz. *Páramo: Páramo y su contaminación*. Quito: ABYA YALA. Recuperado de [http://www.ecociencia.org/archivos/paramo\\_GTP20-091128.pdf](http://www.ecociencia.org/archivos/paramo_GTP20-091128.pdf)
- Lobo, E. et al. (2016). *Índice Trófico De Qualidade Da Água: Guia Ilustrado Para Sistemas Lóticos Subtropicais E Temperados Brasileiros*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.
- M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2017. *Algae Base*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Recuperado de <http://www.algaebase.org>

- Matthew, O. (2002). Diatoms. Recuperado de: <http://www.ucl.ac.uk/GeolSci/micropal/diatom.html>
- MD Guiry en Guiry, MD y Guiry, GM 2017. AlgaeBase. Publicación electrónica en todo el mundo, de la Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Recuperado de <http://www.algaebase.org>
- Mora, D., Carmona, J., & Cantoral-Uriza, E. A. (2015). Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(4), 1024-1040.
- Moreno, D. et al. (2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochi-milco. CBS. Departamento El Hombre y su Ambiente. Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal ICyTDF.
- Obispo, I., y Burge, D. (2015). *Accomoda Craticula*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/craticula\\_accomoda](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/craticula_accomoda)
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Agua*. Recuperado de <http://www.who.int/topics/water/es/>
- Ortiz, B. (2012). *Estado trófico de la laguna de Limoncocha en base a los Índices de Carlson y Lacat* (Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK).
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. *Interciencia*, 31(8), 583-590.
- Potapova, M. (2009). *Abbreviata Rhoicosphenia* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Rhoicosphenia\\_abbreviata](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/Rhoicosphenia_abbreviata)
- Potapova, M. (2010). *Tenella Aulacoseira* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/aulacoseira\\_tenella](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/aulacoseira_tenella)
- Potapova, M. (2011). *Vilaplanii navicula* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula\\_vilaplanii](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_vilaplanii)
- Potapova, M. (2011). *Viridula navicula*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula\\_viridula](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_viridula)
- Potapova, M. (2011). *Veneta navicula* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula\\_veneta](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/navicula_veneta)

- Potapova, M., y Spaulding, S. (2013). *Placentula Cocconeis*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/cocconeis\\_placentula](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/cocconeis_placentula)
- R., M. Z. R. (2009). *La problemática global del agua*. Córdoba, AR: El Cid Editor | apuntes. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/cotopaxisp/reader.action?docID=10317254>
- Rodrigues, L; Moresco, C. (2014). *Periphytic diatom as bioindicators in urban and rural stream*. Acta Scientiarum. Biological Sciences.36.67-78.
- Round, F.E. 2004. *pH scaling and diatom distribution*. Diatom 20:9–12.
- Sala, S. et al. (2015). *Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia*. I. Caldasia, 37(1), 125-141.
- Salas H. y Martino P. (1996). *Curso de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana. Lima-Perú. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd33/sala13/041477-marcoeutrofificacion.pdf>
- Salto, A., Viracocha, S., & Javier, F. (2008). *Propuesta para el manejo de aguas residuales en la empresa aglomerados Cotopaxi SA de la parroquia Tanicuchí, provincia de Cotopaxi*. Tesis (Ingeniero en Medio Ambiente). Latacunga. UTC.2008. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/579>
- Secretaría Nacional del Agua. (2012.) Resolución 2007. Recuperado de [http://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/07/RESOLUCION\\_2007-39.pdf](http://www.agua.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/07/RESOLUCION_2007-39.pdf)
- Segura V., Cantoral I. & Maidana N. (2012). *Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico*. Hidrobiológica; 22(1): 16-27.
- Spaulding, S., y Potapova, M. (2014). *Achnanthes subhudsonis*. En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/achnanthes\\_subhudsonis\\_var\\_kraeuselii](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/achnanthes_subhudsonis_var_kraeuselii)
- Spaulding, S.A., Lubinski, D. J. & Potapova, M. (2010). *Las diatomeas de los Estados Unidos*. Recuperado de: [https://westerndiatoms.colorado.edu/about/what\\_are\\_diatoms](https://westerndiatoms.colorado.edu/about/what_are_diatoms)

- Stepanek, J., y Kociolek, P. (2011). *Halamphora montana* . En diatomeas de los Estados Unidos. Recuperado de [http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/halamphora\\_montana](http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/species/halamphora_montana)
- Szczepocka, E., & Szulc, B. (2006). *Benthic diatoms in the central section of the Pilica River and Sulejów Reservoir*. *Oceanol Hydrobiol Stud*, 35, 171-178.
- TULAS.2014. *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua*
- Universidad De Cantabria. (2011). *Contaminación del agua*. Recuperado de <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>.
- Universidad De León. (2014). *Las diatomeas*. León: Autor.
- Velastegui,V&Quishpe C.( 2013). *Propuesta de un plan de manejo de la microcuenca del Rio Cutuchi*. Tesis de grado previo a la obtencion del titulo de Ingeniero/a Geógrafo/a en Ordenamiento Territorial). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito,Ecuador.
- Villegas ,V.(2013). *Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas masivamente en el Cantón Shushufindi, Provincia Sucumbíos variando las condiciones de almacenamiento*. ( Tesis para optar por el Título Profesional de química farmacéutica). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Waggoner,B.,&Speer,B.(1995).*Diatoms: Systematics*. Recuperado de <http://www.ucmp.berkeley.edu/chromista/diatoms/diatomsy.html>

## 15. ANEXOS

### Anexo A. Aval Abstract

#### AVAL DE TRADUCCIÓN

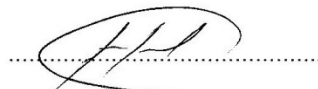
En calidad de Docente del Idioma Ingles del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por las estudiantes: **Chasiqiza Cando Myriam Sofia y Cola Chipugse Gabriela Elizabeth** Egresadas de Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi: cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR PARQUE NACIONAL COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Febrero del 2017

Atentamente,



M.S.c. Mariela Gallardo

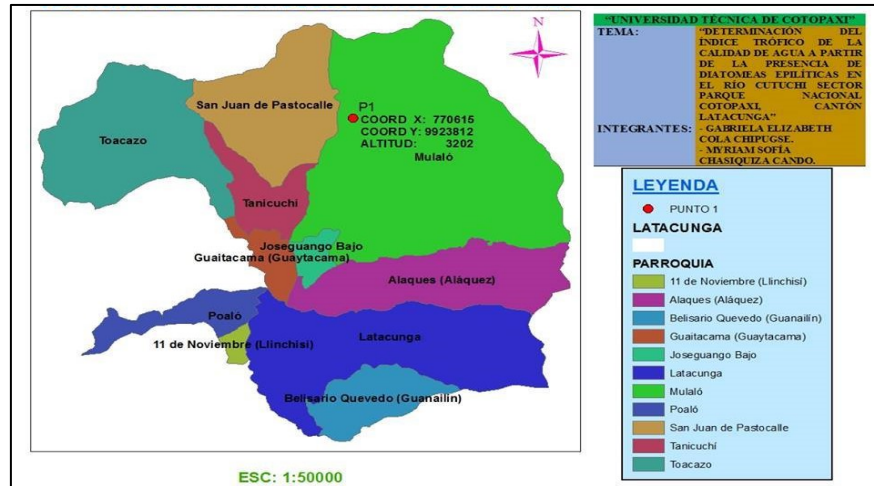
C.I. 050279646-2

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**



Anexo B. Mapas de ubicación geográfica de los puntos de muestreo

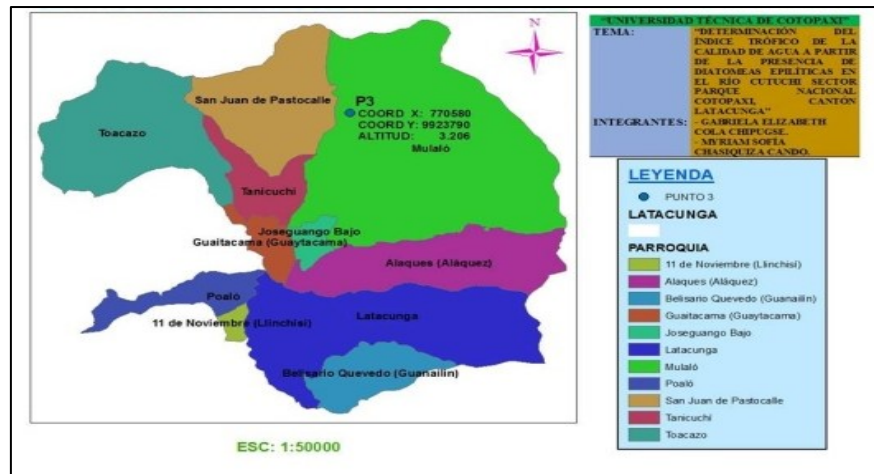
Anexo B.1. Mapa de ubicación geográfica punto 1



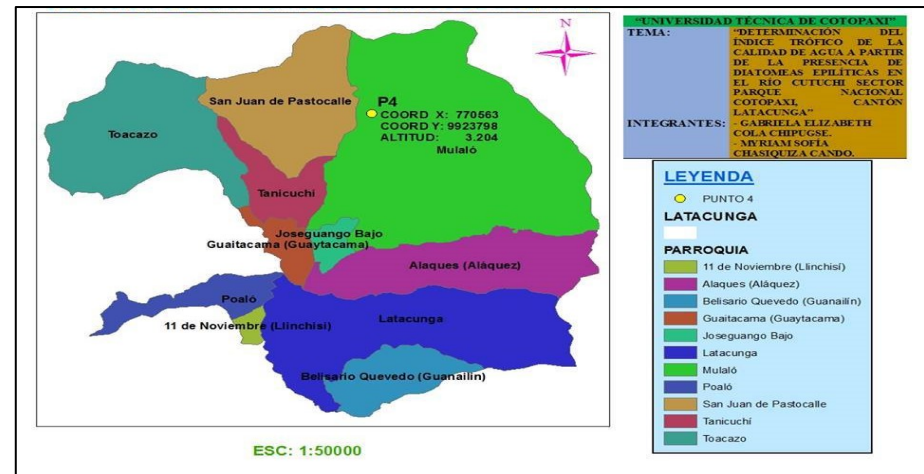
Anexo B.2. Mapa de ubicación geográfica punto 2



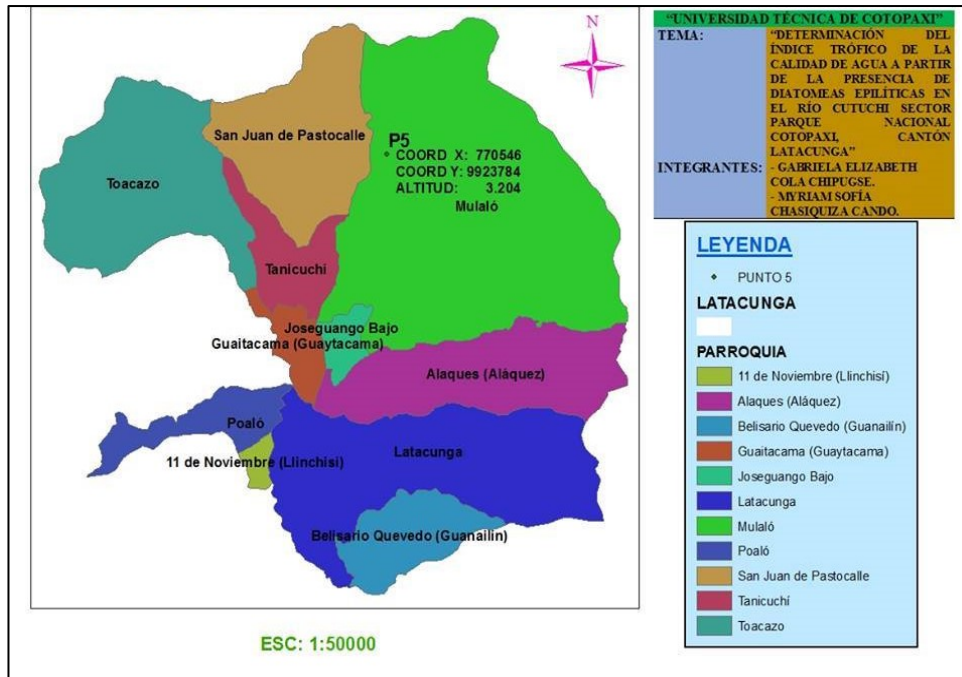
Anexo B.3. Mapa de ubicación geográfica punto 3



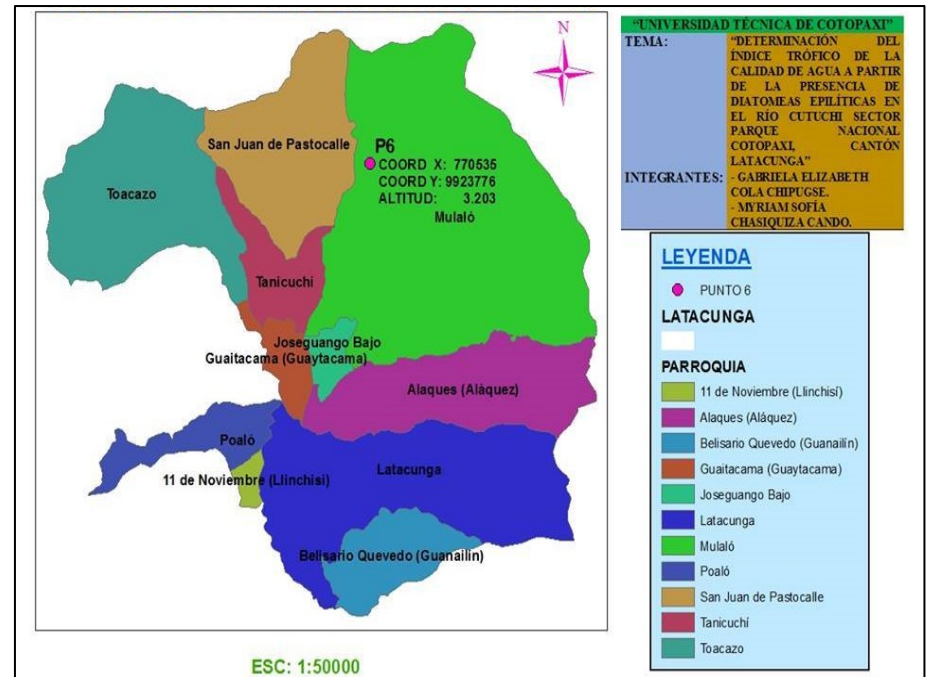
Anexo B.4. Mapa de ubicación geográfica punto 4



Anexo B.5. Mapa de ubicación geográfica punto 5



Anexo B.6. Mapa de ubicación geográfica punto 6



Elaborado por: Equipo de trabajo ,2017.

### Anexo C. Registro de muestras

#### Anexo C.1 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 1

PUNTO 1			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
RESPONSABLES		CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA	
		COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH	
COORDENADAS		X	Y
		770615	9923812
		ALTITUD	3.202msnm
Nº	GÉNERO	ESPECIE	TOTAL
1.	Fragilaria	Fragilaria capucina	14
2.	Navicula	Navicula lanceolata	5
3.	Navicula	Navicula cryptotenella	6
4.	Achnantheidium	Achnantheidium straubianum	6
5.	Eunotia	Eunotia naegelii	2
6.	Achnantheidium	Achnantheidium minutissimum	5
7.	Cocconeis	Cocconeis placentula	2
8.	Navicula	Navicula cryptotenella	4
9.	Nitzschia	Nitzschia palea var. debilis	2
10.	Cocconeis	Cocconeis lineata	6
11.	Synedra	Synedra famélica	1
12.	Staurosiva	Staurosiva construens	5
13.	Aulacoseira	Aulacoseira granulata	3
14.	Gomphonema	Gomphonema olivaceum	7
15.	Asterionella	Asterionella Formosa	1
16.	Caloneis	Caloneis Bacillum	3
17.	Nitzschia	Nitzschia inconspicua	2
18.	Navicula	Navicula cryptotenelloides	14
19.	Ellerbeckia	Ellerbeckia arenaria	2
20.	Eunotia	Eunotia naegelii	1
21.	Nitzschia	Nitzschia dissipata	1
22.	Gomphonem	Gomphonema minusculum	1
23.	Peronia	Peronia fibula	1

24.	Achnantheidium	Achnantheidium minutissimum	1
25.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	1
26.	Navicula	Navicula simulata	1
27.	Craticula	Craticula accomoda	3
28.	Nitzschia	Nitzschia palea	1
29.	Navicula	Navicula vilaplani	1
30.	Cocconeis	Cocconeis pseudolineata	4
31.	Cymbella	Cymbella excisiformis	1
32.	Brachysira	Brachysira styriaca	1
33.	Auloseira	Auloseira ambigua	1
34.	Eolimna	Eolimna rhombelliptica	2
35.	Rhoicosphenia	Rhoicosphenia Abbreviata	1
36.	Nitzschia	Nitzschia lineans	2
37.	Auloseira	Auloseira ambigua	3

**Elaborado por:** Equipo de trabajo ,2017.

#### Anexo C.2 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 2

PUNTO 2			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
<b>RESPONSABLES</b>	CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA		
	COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH		
<b>COORDENADAS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ALTITUD</b>
	770596	9923806	3.205msnm
<b>Nº</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>TOTAL</b>
1.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	6
2.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	10
3.	Cocconeis	Cocconeis placentula	49
4.	Achnanthes	Achnanthes subhudsonis	8
5.	Navicula	Navicula rhynchotella	3
6.	Navicula	Navicula veneta	18
7.	Synedra	Synedra famélica	2

8.	Melosira	Melosira varians	8
9.	Navicula	Navicula lanceolata	2
10.	Achnanthydium	Achnanthydium eutrophilum	7
11.	Achnanthydium	Achnanthydium minutissimum	5
12.	Achnanthydium	Achnanthydium pyrenaicum	2
13.	Navicula	Navicula capitatoradiata	1
14.	Cocconeis	Cocconeis euglyta	1
15.	Brachysira	Brachysira styriaca	1
16.	Diatoma	Diatoma mesodon	2
17.	Achnanthydium	Achnanthydium subatomoides	1
18.	Karayevia	Karayevia oblongella	1
19.	Aulacoseira	Aulacoseira tenella	6
20.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	1
21.	Achnanthydium	Achnanthydium rivulare	1
22.	Navicula	Navicula cryptotenelloides	1
23.	Cocconeis	Cocconeis lineata	2
24.	Achnanthydium	Achnanthydium lineare	2
26.	Navicula	Navicula viridula	2
27.	Craticula	Craticula accomoda	2
28.	Auloseira	Auloseira ambigua	23
29.	Synedra	Synedra famélica	2
30.	Diadsmis	Diadsmis contenta	1
31.	Eolimna	Eolimna rhombelliptica	2
32.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	1
33.	Nitzschia	Nitzschia palea	1
34.	Navicula	Navicula viridula	1
35.	Nitzschia	Nitzschia palea var. debilis	1

**Elaborado por:** Equipo de trabajo ,2017

## Anexo C.3 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 3

PUNTO 3			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
RESPONSABLES	CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA		
	COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH		
COORDENADAS	X	y	ALTITUD
	770580	9923790	3.206msnm
Nº	GÉNERO	ESPECIE	TOTAL
1.	Eunotia	Eunotia naegelii	2
2.	Denticula	Denticula tenuis	2
3.	Fragilaria	Fragilaria capucina	3
4.	Cocconeis	Cocconeis placentula	7
5.	Navicula	Navicula vilaplanii	2
6.	Navicula	Navicula schroeterii	2
7.	Navicula	Navicula viridula	2
8.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	7
9.	Cymbella	Cymbella tumida	1
10.	Navicula	Navicula lanceolata	8
11.	Achnanthidium	Achnanthidium rivulare	7
12.	Nitzschia	Nitzschia palea var. debilis	5
13.	Melosira	Melosira varians	3
14.	Aulacoseira	Aulacoseira tenella	3
15.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	2
16.	Cocconeis	Cocconeis lineata	1
17.	Nitzschia	Nitzschia palea	1
18.	Halamphora	Halamphora montana	2

Elaborado por: Equipo de trabajo ,2017

## Anexo C.4 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 4

PUNTO 4			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
RESPONSABLES		CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA	
		COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH	
COORDENADAS		X	Y
		770563	9923798
ALTITUD		3.204msnm	
Nº	GÉNERO	ESPECIE	TOTAL
1.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	8
2.	Achnantheidium	Achnantheidium subatomoides	6
3.	Navicula	Navicula lanceolata	4
4.	Gomphonema	Gomphonema pumilum var. Elegans	3
5.	Achnantheidium	Achnantheidium eutrophilum	1
6.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	10
7.	Nitzschia	Nitzschia palea var. debilis	2
8.	Cocconeis	Cocconeis euglyta	3
9.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	4
10.	Cymbella	Cymbella lanceolata	4
11.	Achnantheidium	Achnantheidium rivulare	5
12.	Navicula	Navicula viridula	1
13.	Gomphonema	Gomphonema exilissimum	2
14.	Nitzschia	Nitzschia lineans	2
15.	Achnantheidium	Achnantheidium straubianum	3
16.	Navicula	Navicula simulata	3
17.	Aulacoseira	Aulacoseira tenella	2
18.	Craticula	Craticula acomodada	2

Elaborado por: Equipo de trabajo ,2017

## Anexo C.5 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 5

PUNTO 5			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
RESPONSABLES		CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA	
		COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH	
COORDENADAS		X	Y
		770546	9923784
		ALTITUD	3.204msnm
Nº	GÉNERO	ESPECIE	TOTAL
1.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	3
2.	Fragilaria	Fragilaria capucina	7
3.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	10
4.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	3
5.	Synedra	Synedra famélica	1
6.	Achnanthidium	Achnanthidium eutrophilum	1
7.	Aulacoseira	Aulacoseira tenella	5
8.	Ulnaria	Ulnaria ulna	4
9.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	2
10.	Achnanthidium	Achnanthidium rivulare	1
11.	Nitzschia	Nitzschia palea var. debilis	2
12.	Caloneis	Caloneis Bacillum	1
13.	Diatoma	Diatoma vulgare	1
14.	Achnanthidium	Achnanthidium catenatum	1
15.	Achnanthes	Achnanthes subhudsonis	1
16.	Navicula	Navicula simulata	1
17.	Melosira	Melosira varians	20
18.	Eunotia	Eunotia naegelii	1

Elaborado por: Equipo de trabajo ,2017



## Anexo C.6 Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el punto 6

PUNTO 6			
CUADRO DE RESUMEN DE DIATOMEAS EPILITICAS			
<b>RESPONSABLES</b>		CHASIQUIZA CANDO MYRIAM SOFÍA	
		COLA CHIPUGSE GABRIELA ELIZABETH	
<b>COORDENADAS</b>		<b>X</b>	<b>Y</b>
		770535	9923776
		<b>ALTITUD</b>	3.203msnm
<b>Nº</b>	<b>GÉNERO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>TOTAL</b>
1.	Achnanthidium	Achnanthidium minutissimum	10
2.	Achnanthidium	Achnanthidium subatomoides	5
3.	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	10
4.	Denticula	Denticula tenuis	3
5.	Achnanthidium	Achnanthidium eutrophilum	2
6.	Cocconeis	Cocconeis lineata	2
7.	Eolimna	Eolimna subminuscula	1
8.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	9
9.	Navicula	Nitzschia palea var. debilis	7
10.	Navicula	Navicula lanceolata	2
11.	Synedra	Synedra famélica	1
12.	Melosira	Melosira varians	4
13.	Eunotia	Eunotia naegelii	1
14.	Gomphonema	Gomphonema olivaceum	1
15.	Auloseira	Auloseira ambigua	1
16.	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	1
17.	Auloseira	Auloseira ambigua	2
18.	Diatoma	Diatoma mesodon	1
19.	Nitzschia	Nitzschia palea	1

Elaborado por: Equipo de trabajo ,2017

## Anexo D. Listado de diatomeas epilíticas

### Anexo D.1 Estudio taxonómico de las especies de diatomeas epilíticas.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	DESCRIPCIÓN
Achnanthaceae	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes Subhudsonis</i>	Estrías radiantes y bien visibles,ápices apuntados (Alvarez et al. 2010). Ver anexo D.2.1
Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> <i>m</i>	<i>Achnanthidium Eutrophilum</i>	Valva con forma rómbica, estrías de la valva sin rafe radiantes, visibles en el centro valvar (Alvarez et al. 2010). Ver anexo D.2.2
Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> <i>m</i>	<i>Achnanthidium Minutissimum</i>	Forma valvar variable (linear, lanceolada o elíptica), ápices curvados en visión pleural. Es frecuente en sitios con poca alteración antropogénica y alta turbulencia (Michels-Estrada 2003). Ver anexo D.2.3
Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> <i>m</i>	<i>Achnanthidium Straubianum</i>	Valvas elípticas, con ápices redondeados (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.4
Achnanthidiaceae	<i>Achnanthidium</i> <i>m</i>	<i>Achnanthidium Subatomoides</i>	Valvas elípticas o linear-elípticas, areolas visibles (Alvarez et al., 2010) Ver anexo D.2.5
Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira Tenella</i>	Areolas pequeñas, células más cortas que su diámetro, espinas de pequeño tamaño (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.6
Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira Granulata</i>	Areolas gruesas, valvas prolongadas por espinas largas en algunos individuos (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.7
Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira ambigua</i>	Areolas pequeñas, espinas cortas y surcos en la unión entre células de forma rectangular (visibles al desenfocar la célula). (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.8
Brachysiraceae	<i>Brachysira</i>	<i>Brachysira</i>	Las válvulas son lanceoladas con

		<i>Styriaca</i>	vértices redondeados, la zona axial es estrecha y la zona central es elíptica (Spaulding & Potapova, 2014). Ver anexo D.2.9
Naviculaceae	<i>Caloneis</i>	<i>Caloneis Bacillum</i>	Las valvas son lineales a lineal-lanceoladas con vértices redondeados. Los márgenes de la valva son directamente a convexa ligeramente en muestras más pequeñas. El rafe es recto y filiformes, con los extremos externos proximales dilatados. Las estrías son paralelas a irradiar. (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.10
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis Lineata</i>	Diatomea muy pequeña de valva sin rafe con areolas circulares y un pseudorrafe central lanceolado (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.11
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis Placentula</i>	Las valvas son elípticas a lineal-elípticas y relativamente plana. El rafe es recto y filiformes. Los extremos distales del rafe son rectos y ampliados externamente. Los extremos proximales del rafe son rectas externamente y ligeramente ampliada. Valva sin rafe con bajo número de areolas por estría (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.12
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis Euglyta</i>	Valva sin rafe con areolas alargadas y un estrecho pseudorrafe central (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.13
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis Pseudolineata</i>	Valva sin rafe con areolas gruesas (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.14
Stauroneidaceae	<i>Craticula</i>	<i>Craticula Accomoda</i>	Las válvulas son lineales-lanceoladas, el área axial es estrecha y el área central sólo se extiende ligeramente. Las estrías se irradian débilmente cerca del centro

			de la válvula, luego paralelas, convirtiéndose en convergentes cerca de los ápices. El rafe es filiforme. Los extremos distales del rafe son desviados unidireccionalmente (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.15 Vive en medios fuertemente contaminados orgánicamente (Obispo & Burge, 2015).
Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella Lanceolata</i>	Las válvulas son largas, delgadas y lanceoladas con vértices redondeados. Externamente, los extremos proximales del rafe son fuertemente recurvados. Ver anexo D.2.16 Presente en aguas donde el ph varía de 7.50 a 8.54 (Agardh, 1830)
Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella Tumida</i>	Margen dorsal fuertemente convexo, amplia área central, estrías radiantes en el centro valvar, estigma bien diferenciado (Alvarez et al., 2010). Presente en aguas con alta concentración de oxígeno e intolerante a la contaminación con nitrógeno, típico de un organismo oligosaprobio (Nunn 1999). Ver anexo D.2.17
Bacillariaceae	<i>Denticula</i>	<i>Denticula Tenuis</i>	Válvulas lanceoladas a elíptico-lanceoladas, con ápices prolongadas. El rafe es distinto, situado fuera del centro y contenido dentro de un canal. Ver anexo D.2.18
Fragilariaceae	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma Mesodon</i>	Células pequeñas con valvas lanceoladas, rómbicas o elípticas (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.19
Fragilariaceae	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma Vulgaris</i>	Valvas lanceoladas o elípticas, con ápices ligeramente rostrados. (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.20
Paraliaceae	<i>Ellerbeckia</i>	<i>Ellerbeckia</i>	Presencia de espinas, cara valvar

		<i>Arenaria</i>	con costillas radiales marginales (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.21
Naviculaceae	<i>Eolimna</i>	<i>Eolimna Rhombelliptica</i>	Estrías paralelas, ápices redondeados (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.22
Naviculaceae	<i>Eolimna</i>	<i>Eolimna Subminuscula</i>	Estrías paralelas, ápices apuntados (Alvarez et al., 2010). Ver anexo D.2.23
Eunotiaceae	<i>Eunotia</i>	<i>Eunotia Naegelii</i>	Células muy alargadas y delgadas, con estriación poco visible (CHD, 2010). Ver anexo D.2.24
Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria capucina</i>	Área central con bordes convexos (CHD, 2010). Ver anexo D.2.25
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema Minusculum</i>	Valvas lanceoladas con polos apicales fuertemente rostrados (CHD,2010). Ver anexo D.2.26
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema Olivaceum</i>	Estrías radiantes y curvas, ausencia de estigma. (CHD,2010). Ver anexo D.2.27
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema pumilum var. Elegans</i>	Valvas linear-lanceoladas ligeramente más anchas en su mitad superior (CHD,2010). Ver anexo D.2.28
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema Exilissimum</i>	Valvas rómbico-lanceoladas con polos rostrados o capitados (CHD,2010). Ver anexo D.2.29
Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma Acuminatum</i>	Rafe y valvas sigmoideas, estriación longitudinal y transversal, área central oblicua (CHD,2010). Ver anexo D.2.30
Amphipleuraceae	<i>Halamphora</i>	<i>Halamphora Montana</i>	Especie de agua dulce, las válvas son semi-lanceoladas, con un margen dorsal suavemente arqueado (Stepanek y Kociolek, 2011). Ver anexo D.2.31
Achnanthidiaceae	<i>Karayevia</i>	<i>Karayevia Oblongella</i>	Valva sin rafe con estrías gruesas y areolas claramente visibles, valva con rafe con alta densidad de estrías finas (CHD, 2010). Ver anexo D.2.32

Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira Varians</i>	Manto con ornamentación tenue, célula sin espinas (CHD, 2010). Ver anexo D.2.33
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Cryptotenelloides</i>	Células más pequeñas que en <i>N. cryptotenella</i> (CHD, 2010). Ver anexo D.2.34
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Veneta</i>	<sup>(35)</sup> Las valvas son lanceoladas a linear-lanceoladas con ápices moderadamente prolongadas. La zona central es en sentido transversal rectangular o elíptica. Las estrías se irradian ligeramente alrededor del centro (Potapova, 2011). Ver anexo D.2.35
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Simulata</i>	Estrías radiantes y curvas de elevada densidad(CHD,2010). Ver anexo D.2.36
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Capitatoradiata</i>	Centro valvar con dos estrías largas y opuestas(CHD,2010). Ver anexo D.2.37
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Cryptotenella</i>	Centro valvar con estrías radiantes de distintos tamaños(CHD, 2010). Ver anexo D.2.38
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Lanceolata</i>	Forma lanceolada, estrías radiantes y curvas, fisuras centrales del rafe curvadas (CHD,2010). Ver anexo D.2.39
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula rhynchotella</i>	Valvas ampliamente lanceoladas, estrechas, con estrías gruesas, areolas muy separados entre sí, y una preferencia por el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos (Bahls, 2011). . Ver anexo D.2.40
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Schroeterii</i>	Las válvulas son lineales-elíptica con vértices redondeados(CHD,2010). Ver anexo D.2.41
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Vilaplanii</i>	Las válvulas son lineales-lanceoladas y estrechas, con ápices muy poco prolongadas. La zona central es pequeña. Las estrías están fuertemente irradian alrededor del

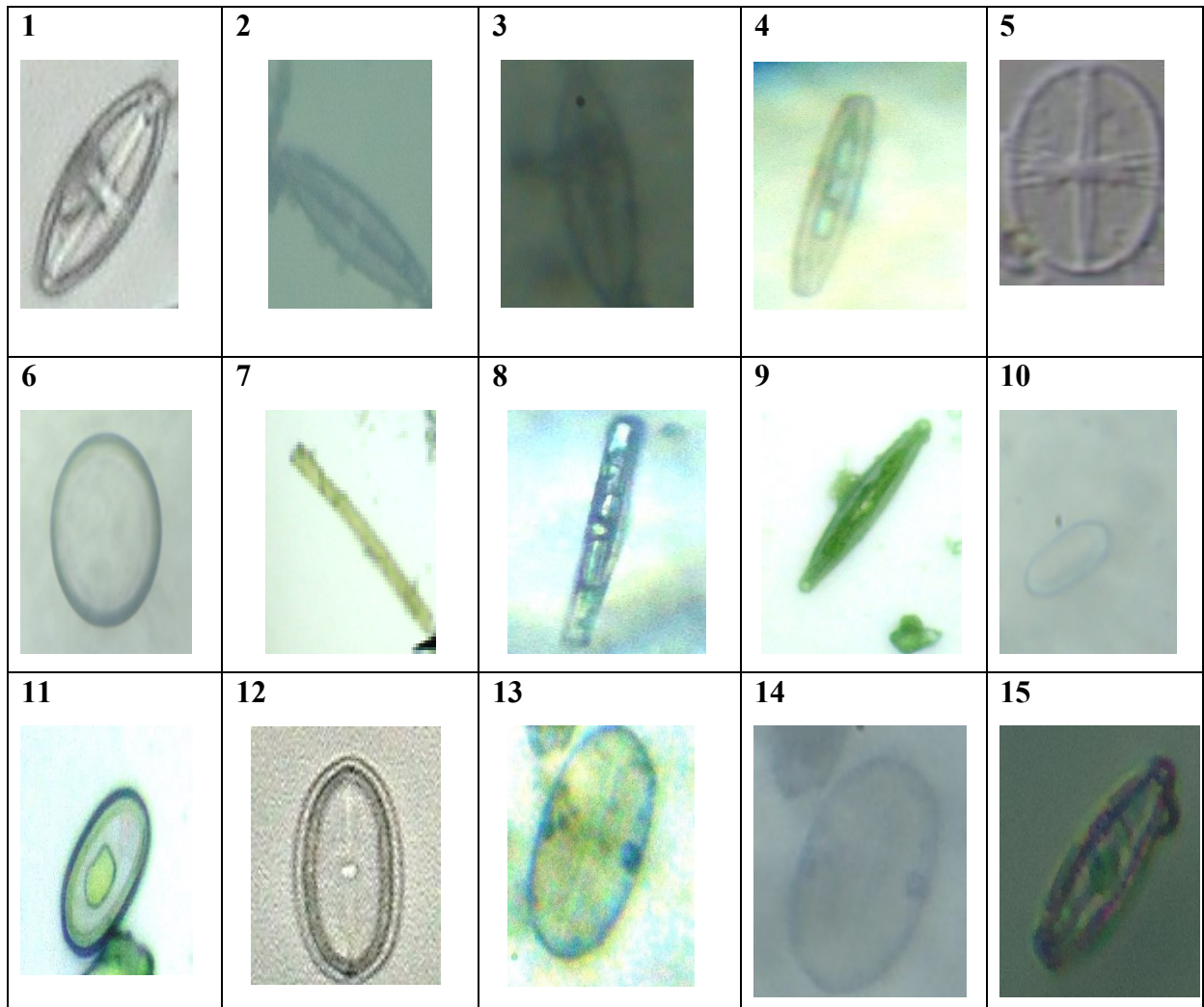
			centro (Potapova, 2011). Ver anexo D.2.42
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula Viridula</i>	Las valvas son lanceoladas a linear-lanceoladas. Las estrías se irradian en el centro de la valva (Potapova, 2011). Ver anexo D.2.43
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia palea</i>	Forma valvar linear-lanceolada con ápices ligeramente capitados, fíbulas equidistantes. Especie de morfología variable(CHD,2010). Ver anexo D.2.44
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia Inconspicua</i>	Valvas elípticas o lanceoladas, en individuos pequeños y lineares o lanceoladas en individuos grandes(CHD,2010). Ver anexo D.2.45
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia palea v ar. Debilis</i>	Valvas linear-lanceoladas, estrías no visibles(CHD, 2010). Ver anexo D.2.46
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia Dissipata</i>	Valvas lanceoladas, canalrafidiano central con fíbulas no equidistantes (Cantoral et al ,2015). Ver anexo D.2.47
Peroniaceae	<i>Peronia</i>	<i>Peronia Fibula</i>	Rafe ausente en una de las valvas y reducido en la otra(CHD,2010). Ver anexo D.2.48
Fragilariaceae	<i>Pseudostaurosira</i>	<i>Pseudostaurosira Polonica</i>	Células con forma linear(CHD,2010). Ver anexo D.2.49
Fragilariaceae	<i>Pseudostaurosira</i>	<i>Pseudostaurosira elliptica</i>	Valvas pequeñas con forma rómbica (CHD,2010). Ver anexo D.2.50
Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia</i>	<i>Rhoicosphenia Abbreviata</i>	Especie de agua dulce, valvas con extremos redondeados y la zona central es oval o elíptica (Potapova, 2009). Ver anexo D.2.51
Fragilariaceae	<i>Staurosira</i>	<i>Staurosira Construens</i>	Células con estrechamiento central, ápicesrostrados(CHD, 2010). Ver anexo D.2.52
			Las valvas son estrechas y lineales,

Fragilariaceae	<i>Synedra</i>	<i>Synedra famélica</i>	con vértices redondeados. La zona central de forma ovoide, a menudo compensada a un lado de la valva y con estrías fantasma. Estrías cortas se encuentra típicamente en uno o ambos lados de la zona central(Bahls,2012). Ver anexo D.2.53
Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	<i>Tabellaria Flocculosa</i>	Valvas con engrosamiento central y ápices capitados(CHD,2010). Ver anexo D.2.54
Ulnariaceae	<i>Ulnaria</i>	<i>Ulnaria Ulna</i>	Valvas lineares y muy largas(CHD,2010). Ver anexo D.2.55


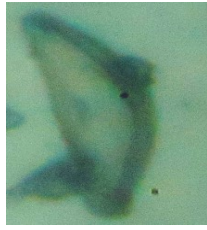



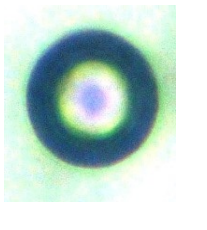





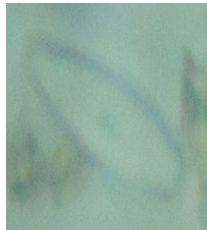

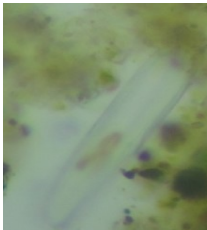
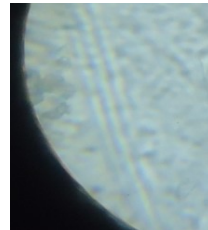





**Elaborado por:** Equipo de trabajo,2017

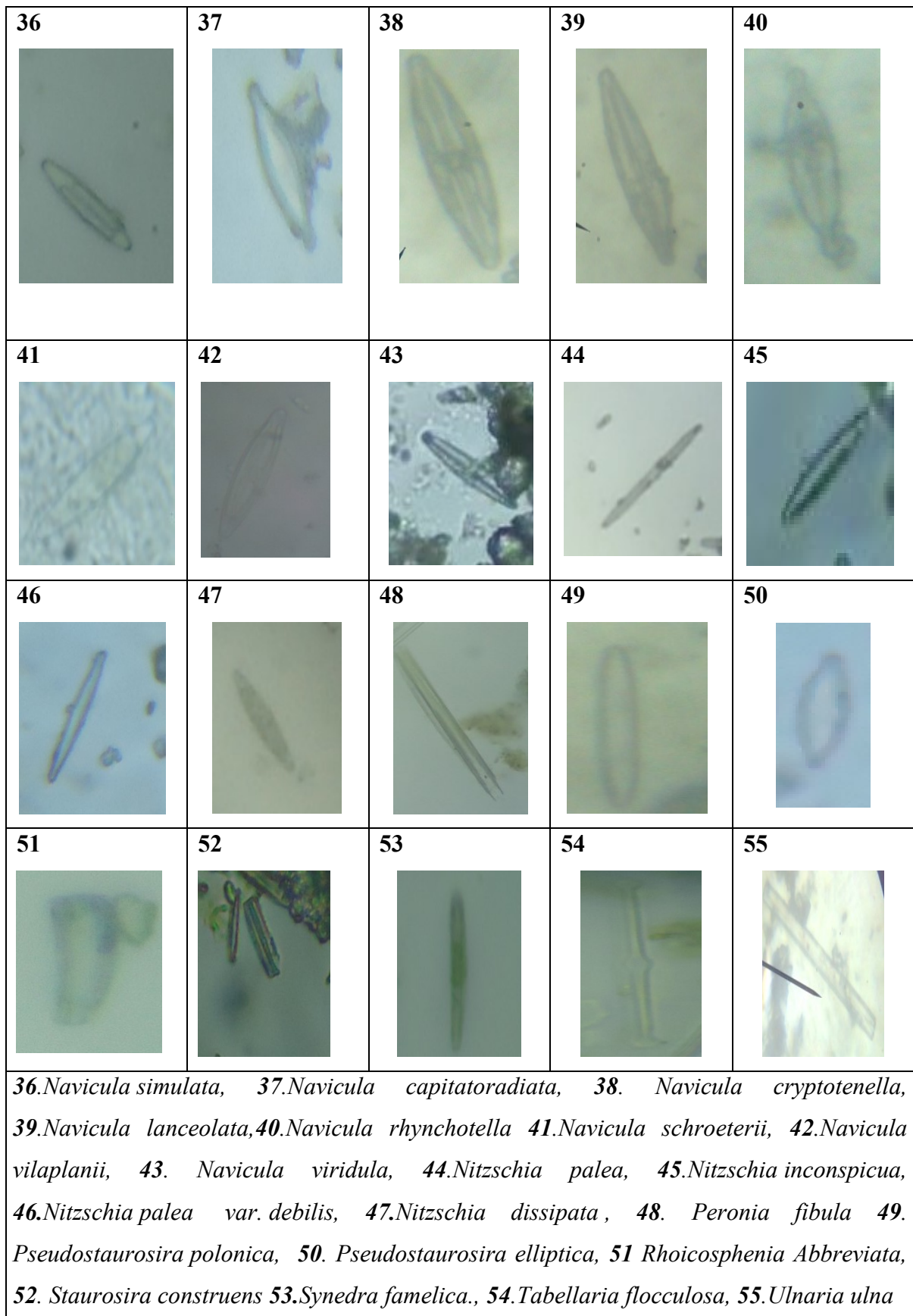


Anexo D.2 Imágenes de especies de diatomeas epilíticas.


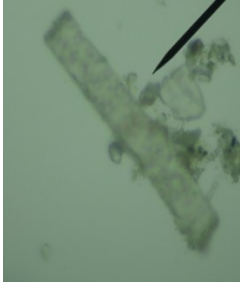

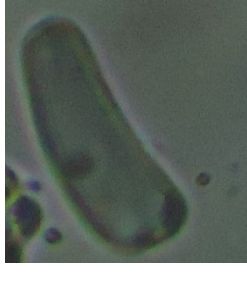
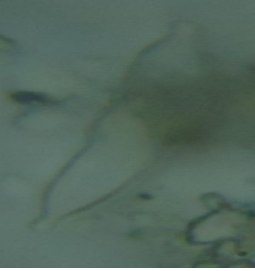



1. *Achnanthes subhudsonis*. 2. *Achnanthidium eutrophilum*. 3. *Achnanthidium minutissimum*. 4. *Achnanthidium straubianum* 5. *Achnanthidium subatomoides* 6. *Aulacoseira tenella* 7. *Aulacoseira granulata* 8. *Aulacoseira ambigua* 9. *Brachysira styriaca* 10. *Caloneis Bacillum* 11. *Cocconeis lineata*. 12. *Cocconeis placentula*. 13. *Cocconeis euglyta* 14. *Cocconeis pseudolineata* 15. *Craticula accomoda*

16 	17 	18 	19 	20 
21 	22 	23 	24 	25 
26 	27 	28 	29 	30 
31 	32 	33 	34 	35 
<p>16. <i>Cymbella lanceolata</i> 17. <i>Cymbella Tumida</i> 18. <i>Denticula tenuis</i> 19. <i>Diatoma mesodon</i>  20. <i>Diatoma vulgaris</i> 21. <i>Ellerbeckia arenaria</i> 22. <i>Eolimna rhombelliptica</i>  23. <i>Eolimna subminuscula</i> 24. <i>Eunotia naegelii</i> 25. <i>Fragilaria capucina</i>. 26.  <i>Gomphonema minusculum</i> 27. <i>Gomphonema olivaceum</i> 28.  <i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>Elegans</i> 29. <i>Gomphonema exilissimum</i>, 30. <i>Gyrosigma</i>  <i>acuminatum</i> 31. <i>Halamphora montana</i>, 32. <i>Karayevia oblongella</i>, 33. <i>Melosira varians</i>,  34. <i>Navicula cryptotenelloides</i>, 35. <i>Navicula veneta</i></p>				



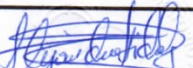


**Anexo D.3** Imágenes de especies sin identificar.

<b>56</b> 	<b>57</b> 	<b>58</b> 	<b>59</b> 
<b>60</b> 	<b>61</b> 		
<i>56sp 57.sp 58. Sp 59. sp 60.sp ,61. Sp</i>			

## Anexo E. Informe de resultados

### Anexo E.1. Resultados de los análisis de laboratorio

 <p>Accreditación N° OAE LE C 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	<b>ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS</b> <b>ANAVANLAB CIA. LTDA.</b>			<b>Muestra AAALab No:</b> <b>4847-1</b> <b>Pág 1 de 1</b>
	La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec			
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 4847-1</b>				
<b>1.- DATOS GENERALES</b>				
CLIENTE:	GABRIELA COLA	TELÉFONO:	0983903105	
DIRECCIÓN:	URB. JOSE RICARDO ALBUJA, NO. 87	ATENCIÓN A:	GABRIELA COLA	
<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>				
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	TESIS LATACUNGA	
TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL	FECHA DE MUESTREO:	23/01/2017	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	RIO CUTUCUCHI PNC	RESPONSABLE DEL MUESTREO:	GABRIELA COLA	
FECHA DE RECEPCIÓN:	23/01/2017	PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS	23/01/2017 al 24/01/2017	
<b>3. RESULTADOS:</b>				
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO
1	Conductividad Eléctrica	AAA-PE-A008	uS/cm	84,3
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010	mg/L	< 6
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011	mg/L	< 10
1	Fósforo Total	AAA-PE-A018	mg/L	1,8
1	Nitratos	AAA-PE-A024	mg/L	< 1,0
1	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028	mg/L	6,8
1	pH	AAA-PE-A029	unid pH	7,9
1	Sólidos Disueltos Totales	AAA-PE-A032	mg/L	< 100
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035	mg/L	< 150
1	Turbidez	AAA-PE-A038	NTU	9,640
2	Coliformes Totales NMP	SM 9221B	NMP/100 mL	1600,0
2	Coliformes Fecales NMP	SM 9221B	NMP/100 mL	< 1,1
<b>NOTAS:</b>				
<b>AA (Acreditaciones):</b>		Los valores de Incertidumbre de los parámetros analizados, se encuentran disponibles en el laboratorio. Se reporta la incertidumbre cuando ésta afecta al análisis de cumplimiento con la norma de comparación o cuando el cliente lo solicita.		
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación OAE		N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma		
(*): Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación OAE		N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.				
El presente informe solo afecta a las muestras identificadas en el apartado 2.		Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.		
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.				
<b>4. OBSERVACIONES</b>			<b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b>	
Los ensayos microbiológicos se han realizado en el Laboratorio LASA y se encuentran acreditados por el SAE con N° OAE LE 1C 06-002			 Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 1 de febrero del 2017	

**Anexo F.Cálculo índice Shannon-Wiener**

**AnexoF.1.Cálculo del índice Shannon-Wiener mediante Microsoft Excel**

<b>CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WEAVER H'</b>						
<b>Cálculo de la diversidad específica</b>						
<b>N°</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GENERO</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>N</b>	<b>Pi Abundancia relativa</b>	<b>H' = pi*lnpi</b>
1	Achnanthaceae	Achnanthes	Achnanthes subhudsonis	9	0,01721	-0,0699
2	Achnanthidiaceae	Achnanthidium	Achnanthidium eutrophilum	11	0,02103	-0,0812
3	Achnanthidiaceae	Achnanthidium	Achnanthidium minutissimum	21	0,04015	-0,1291
4	Achnanthidiaceae	Achnanthidium	Achnanthidium straubianum	9	0,01721	-0,0699
5	Achnanthidiaceae	Achnanthidium	Achnanthidium subatomoides	12	0,02294	-0,0866
6	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	Aulacoseira tenella	16	0,03059	-0,1067
7	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	Aulacoseira granulata	3	0,00574	-0,0296
8	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	Aulacoseira ambigua	30	0,05736	-0,1640
9	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	Brachysira styriaca	2	0,00382	-0,0213
10	Naviculaceae	Caloneis	Caloneis Bacillum	4	0,00765	-0,0373
11	Cocconeidaceae	Cocconeis	Cocconeis euglyta	4	0,00765	-0,0373
12	Cocconeidaceae	Cocconeis	Cocconeis lineata	13	0,02486	-0,0918
13	Cocconeidaceae	Cocconeis	Cocconeis placentula	58	0,11090	-0,2439
14	Cocconeidaceae	Cocconeis	Cocconeis pseudolineata	4	0,00765	-0,0373
15	Stauroneidaceae	Craticula	Craticula accomoda	7	0,01338	-0,0577

16	Cymbellaceae	Cymbella	Cymbella lanceolata	4	0,00765	-0,0373
17	Cymbellaceae	Cymbella	Cymbella Tumida	1	0,00191	-0,0120
18	Bacillariaceae	Denticula	Denticula tenuis	5	0,00956	-0,0445
19	Fragilariaceae	Diatoma	Diatoma mesodon	3	0,00574	-0,0296
20	Fragilariaceae	Diatoma	Diatoma vulgaris	1	0,00191	-0,0120
21	Paraliaceae	Ellerbeckia	Ellerbeckia arenaria	2	0,00382	-0,0213
22	Naviculaceae	Eolimna	Eolimna rhombelliptica	4	0,00765	-0,0373
23	Naviculaceae	Eolimna	Eolimna subminuscula	1	0,00191	-0,0120
24	Eunotiaceae	Eunotia	Eunotia naegelii	7	0,01338	-0,0577
25	Fragilariaceae	Fragilaria	Fragilaria capucina	24	0,04589	-0,1414
26	Gomphonemataceae	Gomphonema	Gomphonema minusculum	1	0,00191	-0,0120
27	Gomphonemataceae	Gomphonema	Gomphonema olivaceum	8	0,01530	-0,0639
28	Gomphonemataceae	Gomphonema	Gomphonema pumilum var. Elegans	3	0,00574	-0,0296
29	Gomphonemataceae	Gomphonema	Gomphonema exilissimum	2	0,00382	-0,0213
30	Pleurosigmataceae	Gyrosigma	Gyrosigma acuminatum	32	0,06119	-0,1709
31	Amphipleuraceae	Halamphora	Halamphora montana	2	0,00382	-0,0213
32	Achnanthidiaceae	Karayevia	Karayevia oblongella	1	0,00191	-0,0120
33	Melosiraceae	Melosira	Melosira varians	36	0,06883	-0,1842
34	Naviculaceae	Navicula	Navicula viridula	10	0,01912	-0,0757
35	Naviculaceae	Navicula	Navicula capitatoradiata	1	0,00191	-0,0120
36	Naviculaceae	Navicula	Navicula lanceolata	15	0,02868	-0,1019
37	Naviculaceae	Navicula	Navicula rhynchotella	3	0,00574	-0,0296
38	Naviculaceae	Navicula	Navicula schroeterii	2	0,00382	-0,0213
39	Naviculaceae	Navicula	Navicula vilaplani	3	0,00574	-0,0296
40	Naviculaceae	Navicula	Navicula cryptotenella	10	0,01912	-0,0757

41	Naviculaceae	Navicula	Navicula cryptotenelloides	15	0,02868	-0,1019
42	Naviculaceae	Navicula	Navicula veneta	18	0,03442	-0,1160
43	Naviculaceae	Navicula	Navicula simulata	4	0,00765	-0,0373
44	Bacillariaceae	Nitzschia	Nitzschia dissipata	1	0,00191	-0,0120
45	Bacillariaceae	Nitzschia	Nitzschia inconspicua	2	0,00382	-0,0213
46	Bacillariaceae	Nitzschia	Nitzschia palea	4	0,00765	-0,0373
47	Bacillariaceae	Nitzschia	Nitzschia palea var. Debilis	19	0,03633	-0,1204
48	Peroniaceae	Peronia	Peronia fibula	1	0,00191	-0,0120
49	Fragilariaceae	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira elliptica	40	0,07648	-0,1966
50	Fragilariaceae	Pseudostaurosira	Pseudostaurosira polonica	18	0,03442	-0,1160
51	Rhoicospheniaceae	Rhoicosphenia	Rhoicosphenia Abbreviata	1	0,00191	-0,0120
52	Fragilariaceae	Synedra	Synedra famélica	5	0,00956	-0,0445
53	Fragilariaceae	Staurosira	Staurosira construens	5	0,00956	-0,0445
54	Tabellariaceae	Tabellaria	Tabellaria flocculosa	2	0,00382	-0,0213
55	Ulnariaceae	Ulnaria	Ulnaria ulna	4	0,00765	-0,0373
	<b>TOTAL</b>			<b>523</b>	1,00000	<b>3,4593</b>

<b>Número total de individuos</b>	523
<b>Número total de especies</b>	55

H'	3.45
----	------



## Anexo F.2. Copia de pantalla para la comprobación del índice de Shannon mediante programa PAST

The screenshot displays two overlapping windows. The background window is Excel Online, showing a spreadsheet with data for three species and their totals. The foreground window is the PAST software interface, displaying a 'Diversity' dialog box with various indices calculated for the data.

**Excel Online Data:**

	D	E	F	G	H	I
57	Stausosira construens	5	0,00956	-6,70874	-0,06414	-0,0445
58	Tabellaria flocculosa	2	0,00382	-8,03067	-0,03071	-0,0213
59	Unaria una	4	0,00765	-7,03067	-0,05377	-0,0373
60	<b>TOTAL</b>	<b>523</b>	<b>1,00000</b>	<b>4,88993</b>	<b>3,4593</b>	

Summary table in Excel:

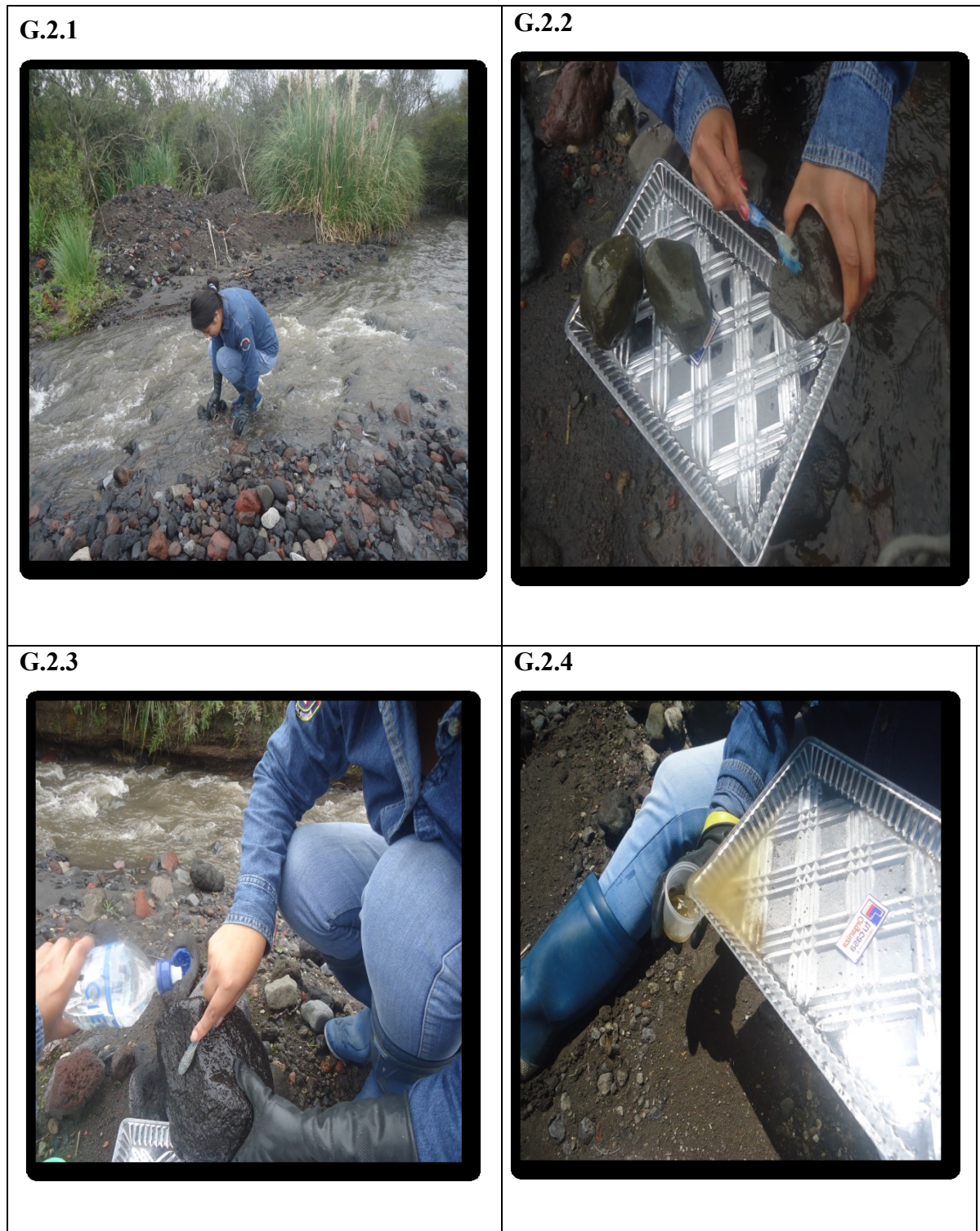
<b>Numero total de individuos</b>	<b>523</b>
<b>Numero total de especies</b>	<b>55</b>
<b>H'</b>	<b>3.45</b>

**PAST Software Diversity Dialog:**

Taxa_S	55
Individuals	523
Dominance_D	0,04445
Simpson_1-D	0,9555
Shannon_H	3,459
Evenness_e^H/S	0,5781
Brillouin	3,281
Menhinick	2,405
Margalef	8,627
Equitability_J	0,8633
Fisher_alpha	15,5
Berger-Parker	0,1109
Chao-1	59,5

The PAST dialog also includes a checkbox for 'Bootstrap (95% confidence)' which is currently unchecked.

**Anexo G.Fotografías****Anexo G.1 Georeferenciación****G.1.1****G.1.2****G.1.3****G.1.4****G.1.1 Y G.1.2) Georeferenciación****G.1.3Y G.1.4)Distancia de los puntos**

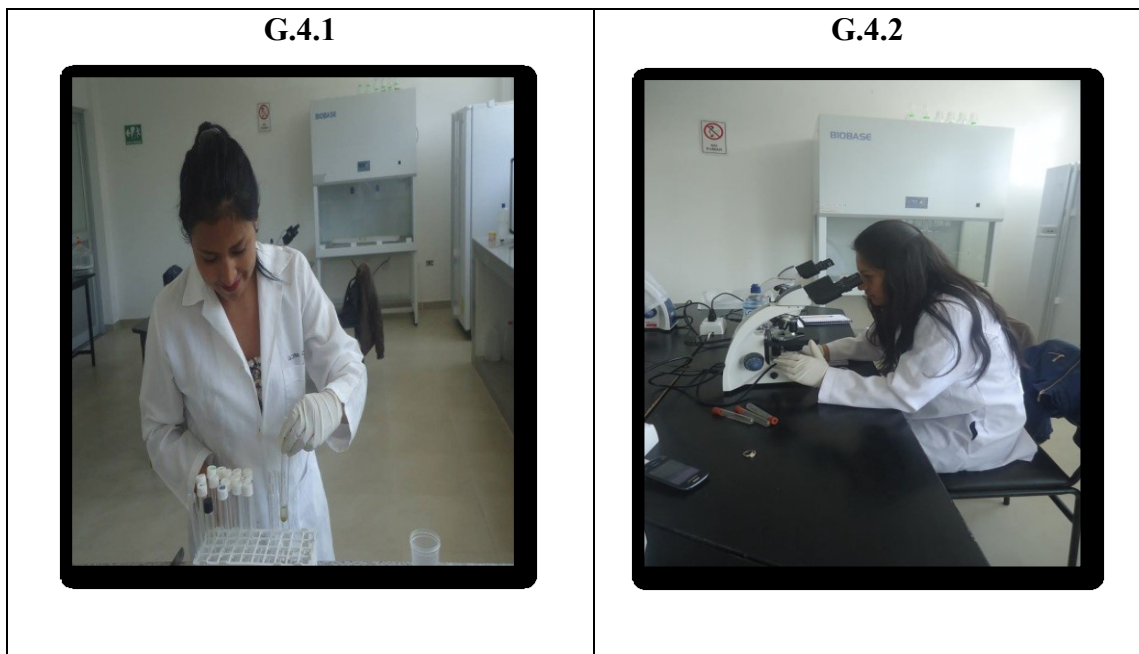
**ANEXO G.2. Recolección de muestras de diatomeas epilíticas.**

**G.2.1)** Búsqueda del sustrato. **G.2.2)** Raspado del sustrato (roca). **G.2.3)** Lavado del sustrato (roca) con agua destilada. **G.2.4)** Recolección y almacenamiento de muestras en frasco de coleta

**Anexo G.3. Procedimiento de laboratorio**

**G.3.1)** Retirada de sedimento **G.3.2)** Disposición de sedimento en los tubos de ensayo  
**G.3.3)** Adición de ácido sulfúrico en los tubos de ensayo. **G.3.4)** Muestras en Becker.  
**G.3.5)** Adición de dicromato de potasio en las muestras **G.3.6)** Centrifuga

### Anexo G.4. Identificación de especies



**G.4.1)** toma de muestra para identificar **G.4.2)** identificación microscópica

### Anexo G5. Fotografías de la recolección de muestras de agua



**G.5.1)** Punto de recolección de muestras **G.5.2)** Multiparametro **G.5.3)** Medida de pH y temperatura **G.5.4)** Toma de muestras de agua para análisis físico- químico. **G.5.5)** Toma de muestras para análisis microbiológicos. **G.5.6)** Transporte de las muestras debidamente etiquetadas.