



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA: INGENIERÍA DE 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 LASSO, CANTÓN LATACUNGA.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de

Ingenieras en Ingeniería de Medio Ambiente

Autoras:

Lucero Morales Mercedes Maribel

Paredes Alvarez Monserrath del Carmen

Tutor:

MSc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos.

Latacunga – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **LUCERO MORALES MERCEDES MARIBEL Y PAREDES ALVAREZ MONSERRATH DEL CARMEN** declaramos ser autores del presente 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 LASSO, CANTÓN LATACUNGA.”**, siendo el **MSc. PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

LUCERO MORALES MERCEDES MARIBEL

PAREDES ALVAREZ MONSERRATH del C.

.....
050363249-9

.....
050363456-0

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 **Lucero Morales Mercedes Maribel**, identificada/o con C.C. N°**050363249-9**, de estado civil **Soltera** y con domicilio en **Mulalillo**; **Paredes Alvarez Monserrath del Carmen** identifica con C.C. N° **050363456-0** de estado civil **Soltera** y con domicilio en **Salcedo** a quien en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiantes de la carrera de **Ingeniería De Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.-

Fecha de inicio de carrera: **Octubre 2010/ Octubre 2011**

Fecha de finalización: **Agosto 2016**

Aprobación HCA: **19 de Julio del 2016**

Tutor.- **MSc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos**

Tema: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR LASSO, 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 temor en la ciudad de Latacunga a los 07 días del mes de Marzo del 2017.

.....
Mercedes Lucero

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

.....
Monserrath Paredes

FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Lectores aprueban el presente Informe de Titulación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente por cuanto, los postulantes:

- Lucero Morales Mercedes Maribel
- Paredes Alvarez Monserrath del Carmen

Con la tesis, cuyo título es: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR LASSO, CANTÓN LATACUNGA..”**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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: PhD. Vicente Córdova

LECTOR 2 (Secretario)

NOMBRE: Ing. Renán Lara

LECTOR 3(Opositor)

NOMBRE: PhD. Isabel Ballesteros

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 LASSO, CANTÓN LATACUNGA.” De **Lucero Morales Mercedes Maribel y Paredes Álvarez Monserrath Del Carmen** de la Carrera de 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 Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga Marzo del 2017.

.....
MSc. MANUEL PATRICIO CLAVIJO CEVALLOS.

C.I.: 0501444582

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir, a mis padres por el apoyo incondicional, porque gracias a ellos logre culminar mi proyecto investigativo y mi carrera.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi Director MSc. Patricio Clavijo el cual estuvo constantemente pendiente de las actividades a ser ejecutadas en este trabajo, además de la ayuda necesaria para culminar el proyecto exitosamente.

A mi compañera de trabajo Monserrath Paredes, que día a día luchamos en la adversidad para cumplir con nuestra meta.

Deseo expresar mi gratitud a la Universidad Estatal Amazónica por facilitar el uso del Laboratorio Ambiental para la ejecución del proyecto.

Mercedes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme las fuerzas para salir adelante, a mis abuelitos quienes velaron en todo el transcurso de mi vida estudiantil, a mis padres por darme todo su apoyo y confianza

A mi Director de proyecto MSc. Patricio Clavijo, quien aportó con su conocimiento y su valioso tiempo para la ejecución de la presente investigación.

A mis profesores les agradezco por el tiempo compartido durante la carrera universitaria, a mi familia y amigos quienes me dieron su apoyo incondicional.

Monserath

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo que representa esfuerzo, dedicación y entrega la dedico a mis padres Manuel Lucero y Etelvina Morales por su amor, impulsándome a seguir adelante por el sendero de la superación.

A mis hermanos en especial a Marco Lucero por acompañarme en los momentos difíciles en la trayectoria de la carrera.

A mis amigas que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

Mercedes

DEDICATORIA

El trabajo y el esfuerzo del presente documento se lo dedico a todos quienes supieron apoyarme para que esto fuese posible en especial dedicó a mi Madre quien fue el principal apoyo en cada una de las actividades efectuadas durante el transcurso de mi formación profesional.

Dedico de manera especial a mis abuelitos Juan y Hortensia por su enorme esfuerzo, gesto de amor y fe.

Monserrath

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

LATACUNGA - ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Autores: Lucero Morales Mercedes Maribel Y Paredes Alvarez Monserrath Del Carmen

RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como finalidad, determinar la calidad de agua en base a la presencia de diatomeas epilíticas en el Río Cutuchi, ubicado en el Sector Lasso con coordenadas UTM de latitud: 0765609; longitud: 9912342; altitud: 2941msnm. Existen industrias aledañas al río Cutuchi: NOVACERO, INDULAC y SAFESA descargan sus aguas residuales al río. Presenta tierras de buena calidad aptas para la agricultura y cría de ganado. Las diatomeas epilíticas son microorganismos bioindicadores que permiten determinar la calidad de agua. Estas brindan información sobre la integridad biológica de un sistema acuático por su rápida respuesta a los cambios de las condiciones ambientales. Las diatomeas son sensibles a la presencia de contaminantes, por lo que el tamaño de sus poblaciones son inversamente proporcionales a los niveles de contaminación. Para la recolección de muestras de diatomeas epilíticas se adaptó la metodología de muestreo y observación del investigador Eduardo Lobo. La identificación taxonómica de cada especie se realizó con la ayuda de guías de identificación regional y local. Los resultados indican la presencia de 53 especies, 21 familias de diatomeas epilíticas. Las especies más representativas fueron: *Nitzschia inconspicua* 38,9 % del total de especímenes, **familia:** Bacillariaceae; *Navicula erifuga* 11,1 % **familia:** Naviculaceae; *Achnantheidium straubianum* 5,5 % **familia:** Achnantheaceae; *Brachysira microcephala* 5,1 % **familia:** Brachysiraceae. En la aplicación del índice de diversidad de Shannon se utilizó el software past, donde se escribe el nombre de la especie y el número de especímenes que presenta cada una, obteniendo una abundancia relativa de 2,78 nits/ind. (nits: unidad de logaritmo natural). La evaluación del estado trófico del agua se realizó en base al contenido del parámetro de fósforo de 1,86 mg/l, (1860mg/m³) representada en la fórmula de Carlson (1977), modificada por la Universidad Internacional SEK (2012), utilizada en una escala comprendida entre 0 a 10 es decir de Oligotrófico a Hipertrófico, para la determinación del grado de eutrofización indicando la cantidad de nutrientes contenidos en el agua.

Palabras claves: Río Cutuchi, Muestreo, Identificación, Especies, Abundancia, Eutrofización, Estado trófico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LATACUNGA - ECUADOR

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “Determination of trophic index of the water quality since of the presence of epilithic diatoms in the River Cutuchi the Sector Lasso, CANTON LATACUNGA”

ABSTRACT

The research project aims to determine water quality based on the presence of epilithic diatoms in the Cutuchi River, located in the Lasso sector with UTM coordinates, the latitude: 0765609; length: 9912342; altitude: 2941msnm. There are industries near the Cutuchi River NOVACERO, INDULAC, and SAFESA. It presents good quality land suitable for agriculture and cattle raising. Epilithic diatoms are bioindicator microorganisms that allow the determination of water quality. These provide information on the biological integrity of an aquatic system by its rapid response to changes in environmental conditions. Diatoms are sensitive to the presence of contaminants, so the size of their populations are inversely proportional to the levels of contamination. For the collection of samples of epilithic diatoms were adapted the sampling methodology and observation of Eduardo Lobo. The taxonomic identification of each individual of the species was carried out with the aid of regional and local epilithic diatomic identification guides. The results indicate the presence of 53 species, 21 families of epilithic diatoms. The most representative species were *Nitzschia incospicua* 38,9% specimens total family: Bacillariaceae; *Navicula erifuga*, family: Bacillariaceae; *Navicula erifuga* 11,9%, family: Naviculaceae; *Achnanthes straubium* 5,5%, family: Achnanthesaceae; *Brachysira microcephala* 5,1%, family: Brachysiraceae. In the application of the index of diversity of Shannon the past software, puts on the name of the species and the number of individuals that it presents each an. Obtaining an relative abundance of 2.78 nits/ind unit of natural logarithm. The evaluations of the trophic state of the water was carried out based on the content of the phosphorus parameter of 1.86 mg/l (1860 mg/m³), represented in the formula of Carlson (1997), modified By SEK International University (2012) using a scale between 0 and 100, is oligotrophic to hypertrophic. To determine the grade of eutrophication indicating the amount of nutrients contained in the water

Keywords: Cutuchi River, Sampling, Identification, Species, Abundance, Eutrophication, Trophic state.

ÍNDICE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
DEDICATORIA.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
ÍNDICE.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
5 OBJETIVOS:	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	4
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.1 ECOSISTEMAS LÓTICOS	7
7.2 AGUA.....	7

7.3	CALIDAD DEL AGUA	7
7.4	FUENTES DE CONTAMINACIÓN	7
7.5	RÍO CUTUCHI.....	8
7.5.1	Ubicación geográfica.....	8
7.5.2	Contaminación del Río Cutuchi	8
7.6	BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA	8
7.7	VENTAJAS DE LAS DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES	10
7.8	DIATOMEAS.....	12
7.8.1	Morfología de las diatomeas.	12
7.8.2	Clasificación de las diatomeas	13
7.9	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON.	13
7.10	ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITQA) o TSI (Trophic state index).....	14
7.10.1	Grado de eutrofización.	15
7.10.2	Categorías tróficas	15
8	HIPOTESIS:	16
9	METODOLOGÍA.....	16
9.1	SELECCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO	16
9.1.1	Localización.	16
9.1.2	Descripción del área.	16
9.1.3	Ubicación geográfica.....	17
9.1.4	Caracterización de la cuenca del Río Cutuchi.....	18
9.1.5	Uso del suelo	19
9.2	PARÁMETROS DE MUESTREO.....	19
9.2.1	Muestreo de diatomeas.....	19
9.2.2	Procedimiento de limpieza de las muestras de diatomeas mediante digestión.	20
9.2.3	Observación de especies en el microscopio óptico, identificación taxonómica.....	21
9.3	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON	22

9.4	ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (TSI)	22
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	22
10.1	Resultado de diatomeas del río Cutuchi Sector Lasso.....	22
10.2	Determinación del índice de diversidad de Shannon.....	34
10.3	Determinación del índice trófico mediante la formula de Carlson (1977) modificada por la Universidad Internacional SEK (2012).	37
10.4	Relación del índice trófico con la presencia de diatomeas epilíticas.....	38
10.5	Resultado y descripción de los parámetros de la calidad del agua del Río Cutuchi del Sector Lasso.....	40
10.5.1	Nitritos.....	41
10.5.2	Nitratos	42
10.5.3	Nitrógeno Total	42
10.5.4	DBO5 (Demanda bioquímica de oxígeno).....	43
10.5.5	DQO (Demanda química de oxígeno).....	44
11	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS):	45
12	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:	46
13	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
13.1	Conclusiones.....	48
13.2	Recomendaciones	48
14	BIBLIOGRAFIA	49
14.1	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos y Actividades	4
Tabla 2: Formula para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia.	14
Tabla 3: Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.	15
Tabla 4: Coordenadas geográficas del Área de Estudio	17
Tabla 5: Especies de Diatomeas.	23
Tabla 6: Tabla Índice de diversidad de Shannon.....	35
Tabla 7: Tabla de relación del índice trófico y diatomeas epilíticas.	38
Tabla 8: Resultados del análisis de laboratorio	41
Tabla 9: Presupuesto.....	46
Tabla 10: Beneficiarios del proyecto.....	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Nitritos.....	42
Gráfico 2: Nitratos.....	42
Gráfico 3: Nitrógeno.....	43
Gráfico 4: DBO5.	43
Gráfico 5: DQO.	44
Gráfico 6: Registro fotográfico de especies de diatomeas del río Cutuchi Sector Laso.	56
Gráfico 7: Análisis de laboratorio físico – químicos del agua.	61
Gráfico 8: Metodología de recolección y limpieza de diatomeas.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Cuenca del Río Cutuchi	17
Figura 2: Ubicación geográfica coordenadas UTM.	18
Figura 3: Guías de diatomeas	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Formula de Carlson (1977) modificada Universidad Internacional SEK (2012). 37	
---	--

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 Lasso, Cantón Latacunga.

Fecha de inicio:

Abril 2016

Fecha de finalización:

Febrero 2017

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Sector Lasso.

Facultad que auspicia

Ciencias agropecuarias y recursos naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería de medio ambiente

Proyecto de investigación vinculado:

Investigación para el manejo sostenible de recursos hídricos de la provincia de Cotopaxi

Equipo de Trabajo:

Tutor: Msc. Patricio Clavijo Cevallos.

Lucero Morales Mercedes Maribel

Paredes Alvarez Monserrath del Carmen

Área de Conocimiento:

UNESCO: Ciencias

Línea de investigación:

Según la UNESCO: Línea 11 Ambiente

Línea 1 (UTC) Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Según la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Medio Ambiente, Impactos Ambientales.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La situación actual del Río Cutuchi, se encuentra deteriorada por la presencia de industrias y plantaciones de brócoli que descargan metales pesados, plaguicidas, fertilizantes entre otros. Constituyendo un problema socio ambiental con respecto al crecimiento de la contaminación

Estudios hidrológicos han podido determinar los factores que afectan a las comunidades de agua dulce, y distinguir la influencia de las variaciones naturales de los cambios que producen las actividades antropogénicas. La utilización de organismos unicelulares como bioindicadores permite cuantificar y calificar el nivel de la contaminación en un ecosistema. Gracias a la sensibilidad diferencial que muestran los microorganismos acuáticos a diversos contaminantes. Los bioindicadores disminuyen la necesidad de realizar costosos y sistemáticos análisis físico-químicos y revelan información sobre la evolución de la carga contaminante sobre la capacidad de resiliencia de los ecosistemas acuáticos.

La utilización de diatomeas epilíticas como bioindicadores es un proceso reciente, que posee una gran facilidad en las técnicas de muestreo, y conservación.

En el Ecuador se han realizado investigaciones de la zona sub-tropical, mediante el estudio de diatomeas epilíticas permitiendo un análisis efectivo en cuanto a la determinación de la calidad del agua.

El investigador Eduardo Lobo (2016) en su guía “ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA” presenta una metodología de muestreo para periodos de flujo constante, evaluación de las muestras en laboratorio y observación microscópica. Así se pudo identificar su morfología y la diversidad de especies encontradas en el lugar de estudio.

3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos que presenta el proyecto de investigación son las entidades públicas que pueden tomar decisiones técnicas.

- Ministerio del Ambiente
- Gad provincial
- Gad municipal
- SENAGUA
- Universidad Técnica de Cotopaxi (base para generar nuevos proyectos de investigación que proporcionen información y seguimiento continuo del proyecto).

Los beneficiarios indirectos del proyecto es la comunidad aleñada Mulalo constituido por 23 directorios y usuarios del Sistema de Riego del Río Cutuchi, conformado por 17,000 regantes de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua. Ver anexos **Tabla 10**. Los consumidores de las ciudades de Latacunga (161,000 habitantes), Salcedo (70,000 habitantes), y Ambato (8,400 habitantes).

4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El problema de la investigación se basa en conseguir bioindicadores que determinen la calidad de agua al no existir un monitoreo a tiempo real del Río Cutuchi.

La gestión de los seguimientos de la calidad del agua tienen costos elevados, en el Ecuador se realiza casi a ciegas, no mantienen ningún registro sobre la disposición del agua que se distribuyen y finalmente es utilizada. La falta de seguimiento de la calidad de agua en los sistemas de riego es una de las principales causas de los conflictos que se generan a nivel comunitario por tanto es necesario realizar un análisis comparativo de la calidad de agua por medio del análisis físico químico y la determinación de especies bioindicadores, localizadas en el río.

En el país el estudio de las diatomeas como herramienta de información y análisis de calidad de agua es escaso, no se ha planteado la utilización de bioindicadores del nivel de contaminación a través de su variabilidad y diversidad, por tanto se presenta como la mejor alternativa, en términos de su utilización como organismos bioindicadores de calidad de agua.

El Sector de Lasso es conocido como parque industrial, por presentar una gran cantidad de industrias y extensas plantaciones de brócoli, al empezar a funcionar las empresas las aguas servidas descargan directamente al río Cutuchi sin ningún tratamiento, lo que determina las consecuencias negativas al ecosistema, teniendo una incidencia en la salud de sus pobladores.

5 OBJETIVOS:

General

- Determinar el índice trófico de la calidad del agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el Río Cutuchi, Sector Lasso.

Específicos

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

6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 1: Objetivos y Actividades

Objetivos	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Registro de muestras de diatomeas epilíticas en el lecho del río, a través de la 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificación del punto de muestreo. ➤ Recolección de muestras. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Georreferenciación. ➤ Muestras 	<p>TÉCNICA:</p> <p>1. De muestreo.</p> <p>Esta metodología es de vital importancia en cuanto fue la base técnica en la recolección de las muestras,</p>

<p>metodología de campo.</p>			<p>por tener un protocolo detallado para el cumplimiento del objetivo.</p> <p>2. Observación de campo.</p> <p>Se realizó una georreferenciación del sitio de estudio por lo que se tendrá una distancia de 120 m, los cuales se identificara cada 20 m obteniendo seis puntos de muestreo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • MATERIALES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fichas de campo 2. Cuaderno de campo ➤ EQUIPOS <ol style="list-style-type: none"> 1. GPS 2. Cámara fotográfica ➤ REACTIVOS <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua destilada
<p>➤ Estudio taxonómico de las especies de diatomeas epilíticas mediante técnicas de laboratorio.</p>	<p>➤ Preparación de muestras.</p> <p>➤ Identificación de diatomeas epilíticas.</p>	<p>➤ Listado de especies de diatomeas identificadas.</p>	<p>TÉCNICA:</p> <p>1. Observación microscópica en laboratorio.</p> <p>En el proyecto se emplea la técnica de observación microscópica en laboratorio, ya que facilita</p>

			<p>la identificación en cuanto a la fisiología de las muestras.</p> <p>MATERIALES:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gafas protectoras 2. Mascarillas 3. Mandil 4. Cinta adhesiva <ul style="list-style-type: none"> • EQUIPOS <ol style="list-style-type: none"> 1. Microscopio 2. Centrifugadora <ul style="list-style-type: none"> • REACTIVOS <ol style="list-style-type: none"> 1. Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 2. Ácido clorhídrico (HCl) 3. Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇)
<p>➤ Relacionar la calidad de agua en función de la caracterización de diatomeas epilíticas con el resultado del índice trófico.</p>	<p>➤ Análisis de laboratorio.</p> <p>➤ Determinación del índice trófico.</p>	<p>➤ Resultados de los parámetros analizados.</p>	<p>TÉCNICA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comparación del índice trófico representada en la fórmula de Carlson, con los análisis de laboratorio. 2. Comparación de especies de diatomeas, con la abundancia relativa del índice de Shannon. <ul style="list-style-type: none"> ➤ EQUIPOS <ol style="list-style-type: none"> 1. Computadora

Elaborado por: Los investigadores.

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 ECOSISTEMAS LÓTICOS

Arroyos y ríos de montaña la topografía de cada región, y la íntima relación entre la fuerza de gravedad de la Tierra y el flujo del agua, determinan la ubicación y límites de las llamadas cuencas hidrológicas superficiales, usualmente formadas por depresiones que juntas frecuentemente resultan en estructuras anidadas de mayores dimensiones (Allen, 1992,p.18).

7.2 AGUA

El agua es un recurso natural indispensable para la vida constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua. (Garcia, 2002, p.1).

7.3 CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un término para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, en su estado natural o después de ser alteradas por la actividad humana, la calidad depende principalmente del uso, el impacto humano ha originado problemas en el control de la calidad del agua, con la utilización de fertilizantes en la agricultura esto puede resultar un exceso de nitrógeno y fosforo en el agua superficial, causando los excedentes llamados nutrientes porque actúan como alimento para las plantas y puede bajar la calidad del agua. (Saransig, 2009,p.4-5).

7.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

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 (Garcia, 2002, p.1).

Fuentes artificiales

Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar (García, 2002, p.1).

7.5 RÍO CUTUCHI

7.5.1 Ubicación geográfica

La cuenca del Río Cutuchi, nace de los deshielos del volcán Cotopaxi, tiene un recorrido desde la región comprendida entre el sector de Lasso y la ciudad de la Latacunga (extremo sur), la cuenca se encuentra en estado deteriorado por la contaminación de los consecuentes problemas ocasionados por el uso de fertilizantes en la agricultura, además por industrias que desfogon aguas servidas en el río sin un debido tratamiento (Jácome & Rojas, 2008, p.15)

7.5.2 Contaminación del Río Cutuchi

La cuenca del Río Cutuchi recibe los vertidos de diferentes tipos de contaminantes por parte de las industrias locales (papel y celulosa, tejidos, curtiembres, conservas) y las descargas del alcantarillado de la ciudad. El grado de polución es preocupante, sobre todo por el uso agrícola de sus aguas (Guisseppina, 1995,p.11).

La cuenca del Río Cutuchi tiene una formación volcánica proveniente del volcán Cotopaxi por ende tiene una contaminación natural como son una alta concentración de sales, boro, y alta alcalinidad, presenta contaminación antropogénicas generada por todo su recorrido los sectores de mayor contaminación principalmente las ciudades de Latacunga y Salcedo, por los contaminantes industriales, desechos sólidos vertidos al río, aguas residuales, sin tener su debido tratamiento, de manera que dicha agua no es apta para la agricultura peor para consumo humano debido a su alto grado de contaminación que esta presenta.

7.6 BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales de manera que sea posible comparar las condiciones

antes y después de una perturbación ambiental (Vasquez, Castro, Gonzales, Pérez, & Castro, 2006, p.2).

El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros usualmente los biológicos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo.

Define a los organismos bioindicadores como la presencia de una especie en particular, que demuestre la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones, en cada ecorregión existen especies fácilmente identificadas que son las primeras en desaparecer con el aumento en las alteraciones causadas por el hombre. La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, la degradación del hábitat o la combinación de estos dos factores por lo que el conocimiento de especies tolerantes encontradas en cada región deberá ser consultada con los investigadores expertos locales para la investigación de los grados de tolerancia (Vasquez, Castro, Gonzales, Pérez, & Castro, 2006, p.2).

En la presente investigación es necesario identificar un bioindicador de calidad de agua, por lo que se tomarán en cuenta los parámetros biológicos del agua para su identificación, siendo altamente relacionados con las alteraciones en los cambios que sufre el agua al estar en contacto directo con las actividades industriales, agropecuarias que realizan los seres humanos.

Su uso como indicadores está generalizado en el estudio de los ríos y existen procedimientos de muestreo, análisis y métricas ya estandarizadas. Diferentes estudios demuestran que las comunidades de diatomeas integran los cambios de la calidad del agua de unos 60 días anteriores, por lo que reflejarían la calidad de los ríos de los dos meses anteriores a la fecha de muestreo (URA Agencia Vasca del Agua, 2008, p.8).

Las diatomeas epilíticas son bioindicadores de los cambios de la calidad del agua, es decir reflejan los cambios de los dos meses anteriores que ha sufrido el agua, por lo que su identificación ayuda a determinar las comunidades de especies de los grupos de las diatomeas existentes en el lugar de estudio.

La importancia de las diatomeas como herramienta bioindicadora se debe principalmente de atributos como su abundancia, la característica resistente al deterioro de su frústulo, la seguridad

de que cada frústulo representa organismo único, la identificación taxonómica relativamente sencilla en comparación con otros grupos de algas, la facilidad de conservación y el hecho de no ser necesaria la fijación u observación inmediata de las muestras tomadas, el aumento en la información disponible sobre preferencias ecológicas de las distintas especies, la alta y rápida capacidad de respuesta de las poblaciones a cambios en el ambiente (Carrillo, 1997,p.33)

7.7 VENTAJAS DE LAS DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES

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

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

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

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

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

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

Facilidad de tratamiento, procesado y almacenaje: El tratamiento necesario para la obtención de preparaciones microscópicas es relativamente sencillo y barato. Adicionalmente, las preparaciones montadas ocupan poco espacio y pueden almacenarse indefinidamente sin alterarse, sin necesidad de tratamientos conservativos (Blanco, Alvarez, Cejudo, & Becares, 2010,p. 14- 15).

Esto permite la acumulación de un número importante de muestras y la creación de ficotecas de referencia para posteriores estudios biológicos o ambientales, facilitando intercambio de preparaciones entre laboratorios para análisis de control de calidad o ejercicios de intercalibración, así como el seguimiento del estado del agua a largo plazo (Blanco, Alvarez, Cejudo, & Becares, 2010,p. 14- 15).

Estudios temporales: Al contrario que otros organismos, las diatomeas, más específicamente los frústulo o cubiertas silíceas, sobre los que se basa su taxonomía son prácticamente inalterables en el tiempo y se pueden recuperar en estado fósil o subfósil de estratos y sedimentos fluviales y lacustres, lo que permite inferir el estado del agua en el pasado, así como la elaboración de modelos y funciones cuantitativas de transferencia para la reconstrucción de paleo ambientes a escala geológica. Adicionalmente, son virtualmente los únicos bioindicadores recuperables sobre los cantos rodados de cauces secos y temporales, muy frecuentes en cuencas hidrográficas bajo bioclima mediterráneo (Blanco, Alvarez, Cejudo, & Becares, 2010,p. 14- 15).

Para los investigadores es importante conocer las ventajas de las diatomeas, por lo que proporciona una facilidad de muestreo teniendo en cuenta su hábitat de condición de sobrevivencia y el nivel de reproducción, igualmente en la observación microscópica la facilidad de tratamiento, identificación y almacenamiento de las muestras, por lo tanto su identificación taxonómica se lo realiza con la ayuda de guías de diatomeas.

7.8 DIATOMEAS.

7.8.1 Morfología de las diatomeas.

Las diatomeas son algas microscópicas, unicelulares, compuestas en un 60% de sílice (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- e hipovalva) y un cingulo (epi e hipocingulo). En la valva se desarrollan toda una serie de ornamentaciones que permiten la identificación taxonómica, longitudinalmente, en muchas especies la valva está atravesada por un delgado surco llamado rafe, que atraviesa la teca hasta el protoplasto. La locomoción de las células es posible gracias a la hendidura del rafe, ya que bajo ella se halla un orgánulo en forma de cinta, formado por fibrillas, que puede contraerse rítmicamente. Este orgánulo provoca la secreción en los poros terminales de una sustancia adhesiva que se desplaza a través de la hendidura. Perpendiculares al rafe, se encuentran varias series de líneas de perforaciones llamadas areolas, la sucesión de éstas en cada línea forma una estría. Uniendo las dos tecas se encuentra la cintura que está formada por una cantidad variable de cópulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que esta. El protoplasto ocupa todo el espacio delimitado por la pared celular silíceica. El núcleo se encuentra en la parte central de la célula y los cloroplastos suelen ser marginales, encontrándose uno o dos en las diatomeas con rafe y numerosos y en forma de disco en las que no lo tienen y en la mayoría de las diatomeas céntricas. Dentro de los cloroplastos se encuentran cuatro tipos de pigmentos distintos: clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila. A los lados de un puente plasmático central se observan dos vacuolas de gran tamaño o varias vacuolas de tamaño menor. Los productos de asimilación son aceites, acumulados formando gotas que confieren flotabilidad a las diatomeas planctónicas (Blanco, Alvarez, Cejudo, & Becares, 2010, p. 16- 17- 25).

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

La observación al microscopio óptico de las diatomeas requiere conocer las dos posiciones. En la vista pleural, observamos el eje pervalvar de la célula, distinguiendo las partes básicas que lo componen: las dos tecas y el cingulo que las une. Existen dos ejes de simetría al observar esta vista valvar: un eje apical, dispuesto longitudinalmente y que nos permite diferenciar entre diatomeas simétricas (si se cumple la simetría a ambos lados del eje) y asimétricas (si no es así), y un eje transapical, transversal, que muestra la similitud entre los polos de la célula, y que permite distinguir entre diatomeas isopolares (cuando ambos polos son iguales) y heteropolares (cuando son distintos) (Blanco, Alvarez, Cejudo, & Becares, 2010,p.26).

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

7.8.2 Clasificación de las diatomeas

Las diatomeas se pueden encontrar tanto continentales y marinas, además por su permanencia en el cuerpo de agua, pueden ser bentónicas y/o planctónicas. Las formas béntico-neríticas, viven sobre un sustrato y la mayoría de ellas poseen rafe y como tal presentan movimiento. Su ocurrencia depende de la penetración de la luz, así como cantidades disponibles de nutrientes, O₂, H₂S, CH₄, CO₂ y temperatura adecuada. Las formas bénticas o perifíticas, por lo común viven adheridas al medio en que se desarrollan: rocas o piedras (epilíticas), plantas (epifitas) sobre animales (epizoicas) o dentro de animales (endozoicas). Las epífitas secretan sustancias mucilaginosas que fluye a través de poros del frústulo o bien se adhieren al sustrato por medio de sus valvas (Fernández, 1999,p.6).

7.9 ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON.

Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind., pero pueden emplearse otras bases como cuando es logaritmo natural (nits/ind.) o 10 (decits/ind.). El índice de Shannon refleja la abundancia de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad, mediante el **software Past** se verifica el índice (Smarriba, 1999).

7.10 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITQA) o TSI (Trophic state index)

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

El estado trófico describe la cantidad de nutrientes que llegan a un ecosistema acuático (Margalef, 1974,p.12), depende de las características batimétricas, biológicas (biomasa, bioindicadores, etc.) y químicas (oxígeno, nutrientes) del agua (Roldan, 1992,p. 9).

Para la realización de la investigación, de muestras de diatomeas se debe realizar un análisis para la determinación de los parámetros físico-químicos del agua teniendo en cuenta los siguientes: la temperatura del agua, pH, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, nitratos, fosfatos, nitrógeno, fosfato, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, DBO5,DQO.

Tabla 2: Formula para estimar el estado trófico aplicando los indicadores de eutrofia.

Parámetros de eutrofización	Modificado Universidad Internacional SEK
Fosforo total (Pt) (mg/m ³)	$TSI = 10 \left(6 - \frac{\ln(48)}{\ln(2)} \frac{Pt}{\ln(2)} \right)$ <p>Pt : Datos obtenidos de fosforo total en mg/ m³</p>

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980) y (Ortiz Johanna, 2012)

7.10.1 Grado de eutrofización.

Índice del Estado Trófico (IET o TSI) Carlson (1977) propuso este índice, uno de los más utilizados para determinar el grado de eutrofización que varía entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipereutrófico.

Tabla 3: Escala de valores del estado trófico en los cuerpos de agua.

Estado de eutrofia	
Pt(mg/m ³)	
(TSI < 30)	Oligotrófico
(30 < TSI < 60)	Mesotrófico
(60 < TSI < 90)	Eutrófico
(90 < TSI < 100)	Hipertrófico

Fuente: Modificado de Carlson (1977; 1980)

7.10.2 Categorías tróficas

Oligotrófico: Tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene una reducida fauna, las plantas y animales que se encuentran son los característicos de agua bien oxigenada como las truchas, mantiene un índice de materia orgánica bajo (Castells, 2012).

Mesotrófico: Nivel de materia orgánica es intermedio, comúnmente aguas claras y mantienen lechos de plantas acuáticas sumergidas, y niveles medios de nutrientes (Aquetzalli, 2013)

Eutrófico: Alta concentración de nutrientes, zonas alledañas muy intervenidas por el ser humano, aguas de color verdoso o amarillento por la presencia de algas y densa vegetación acuática flotante o sumergida (Roldán & Ramirez, 2008)

Hipereutrófico: Cuerpo de agua está constituido principalmente por la acumulación de una gran cantidad de sedimentos provenientes de escurrimientos urbanos y aguas residuales, presenta una

gran concentración de materia orgánica, presentando mayor eutrofización (Comisión de plan Nacional hidráulica 2008, 2008).

8 HIPOTESIS:

- **H.A.** La presencia de diferentes especies de diatomeas epilíticas del Río Cutuchi en el sector Lasso determinan la calidad de agua.
- **H.O.** La presencia de diferentes especies de diatomeas epilíticas del Río Cutuchi en el sector Lasso no determinan la calidad de agua.

9 METODOLOGÍA

En la investigación se utilizó la siguiente metodología para el cumplimiento de los objetivos planteados:

9.1 SELECCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

9.1.1 Localización.

El área de estudio se encuentra ubicado en el sector Lasso, en el tramo de la fábrica de NOVACERO aguas arriba, mediante una referenciación geográfica, el uso de la técnica de observación de campo ayudo en la toma de notas claras respecto al sitio de estudio, mediante tomas fotográficas para determinar las bases teóricas de la investigación en la localización del lugar.

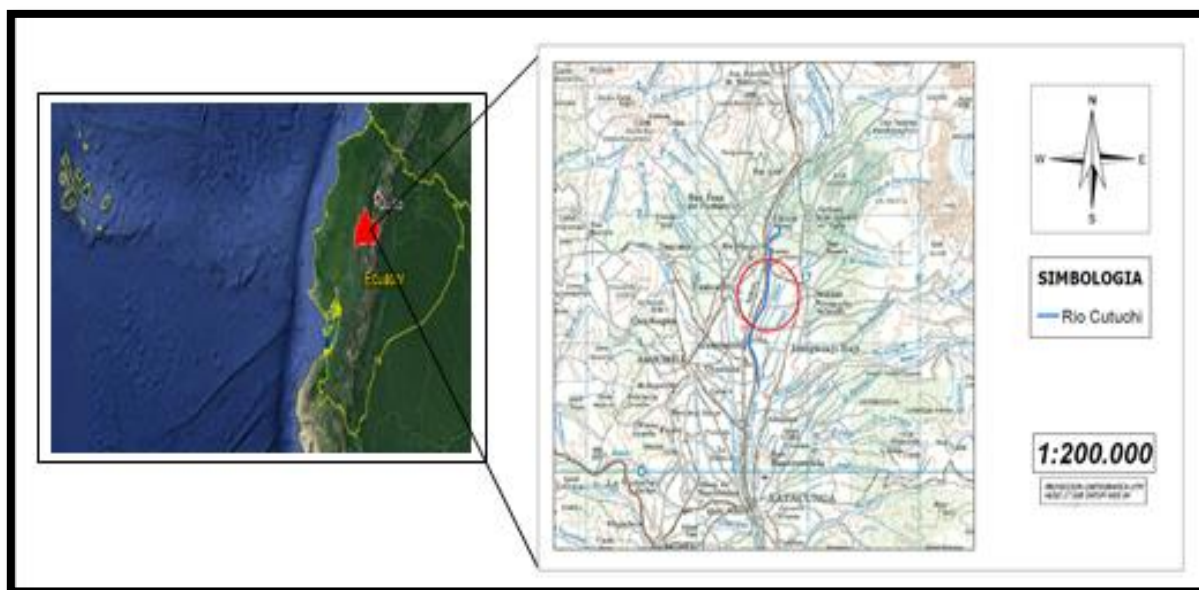
Para determinar los puntos de muestreo se tomara en cuenta las consideraciones generales para la selección e identificación de los puntos de muestreo: seguridad, accesibilidad y legalidad que sea estratégico y operacional, a más de ello considerando el afluente del caudal.

9.1.2 Descripción del área.

La descripción del área se realiza con el objetivo de identificar las especies localizadas en el sector, de este modo se selecciona el tramo y se categoriza las especies vegetativas, sus alrededores cuenta con flora: kikuyo, carrizo, cola de liebre, junco lacustre, lengua de buey, chilca, hierba mora, retama negra, tilo, y trébol blanco, pastizales como: maíz, papas, alfalfa.

9.1.3 Ubicación geográfica

Figura 1: Mapa Cuenca del Río Cutuchi



Fuente: Instituto Geográfico Militar

Tabla 4: Coordenadas geográficas del Área de Estudio

Se encuentra localizada dentro de las siguientes coordenadas UTM.

Ubicación geográfica			
Coordenadas UTM WGS84			
N°	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
1	0765609	9912342	2941m
2	0765617	9912365	2942m
3	0765627	9912390	2940m
4	0765642	9912415	2941m
5	0765651	9912443	2941m
6	0765654	9912456	2940m

Fuente: Datos GPS

Figura 2: Ubicación geográfica coordenadas UTM.



Fuente: Google Earth

9.1.4 Caracterización de la cuenca del Río Cutuchi

Según: la estación meteorológica Rumipamba de las Rosas:

Geomorfología: Acciones tectónicas y volcanismo andino, bosques.

Meteorología.

Clima: Zona tropical Ecuatoriana.

Zona occidental: Periodo invernal de la sierra Octubre a Mayo.

Temperatura medio mensual: Min. 7,4 °C, Max. 14,8 °C

Temperatura media anual: Oscila entre los 12°C y 18°C.

Precipitación anual: Promedio superior a los 200 mm pero inferior a los 500 mm.

Humedad relativa multianual en la zona Es de 74,3%.

9.1.5 Uso del suelo

Las tierras son aptas para agricultura y cría de ganado, el predominio de cultivo de pastizales empleados para la ganadería y en la agricultura sembríos de maíz, papa, fréjol, cebada, alfalfa, también se encuentran plantaciones de brócoli de grandes extensión de tierras.

9.2 PARÁMETROS DE MUESTREO

9.2.1 Muestreo de diatomeas.

Para la recolección y limpieza de las especies de diatomeas se utilizó la metodología del investigador Eduardo Lobo, la técnica de muestreo se realizó una sola vez en el año, en la época de sequía en los meses de Septiembre –Octubre (Lobo, y otros, 2016).

- El muestreo se realizó en un transecto de 120 m distribuidos cada 20 m obteniendo 6 puntos de muestreo para conformar una muestra compuesta, en los meses de Septiembre y Octubre.
- Se escogió piedras de superficie plana de 10 a 20 cm de diámetro sumergida en el lecho del río a una profundidad de entre 10 y 30 cm, el sustrato debe tener específicamente una coloración café oscuro o marrón.
- Colocar la piedra en una bandeja, remover la superficie de la misma utilizando un cepillo de cerdas suaves, regularmente se debe agregar un chorro de agua destilada con la ayuda de una pipeta pasteur, para desprender las especies que se encuentran adheridas del sustrato.
- Posteriormente con la ayuda del agua destilada la piedra quedara limpia dejando las diatomeas en el agua colectada de coloración café oscura que quedaran en el fondo de la bandeja.
- Finalmente pasar la muestra compuesta de la bandeja a un frasco de coleta de volumen de 250 ml.
- Registrar la información relativa a la ubicación del muestreo del sustrato en la hoja de campo
- Análisis de agua para la respectiva comparación de la calidad de la misma:
 1. Temperatura Toma de muestra in situ, análisis de campo.
 2. pH: Toma de muestra in situ, análisis de campo.

La metodología utilizada para realizar el análisis de laboratorio se tomó una muestra simple en un envase de polietileno, y se trasladará al laboratorio para su respectivo análisis.

3. Oxígeno disuelto
4. Conductividad eléctrica
5. Solidos disueltos totales
6. Turbidez
7. Nitrógeno
8. Fosforo
9. Nitritos
10. Nitratos
11. Fosfatos
12. DBO5
13. DQO

9.2.2 Procedimiento de limpieza de las muestras de diatomeas mediante digestión.

El proceso de limpieza nos permite observar fácilmente los distintos patrones ornamentales de las diatomeas.

- Una vez ya en el laboratorio con una pipeta pasteur, retiramos una muestra de volumen de 10 ml del fondo del frasco de colecta, y pasar a un tubo de ensayo grande resistente al calor.
- Colocamos un vaso de precipitación de 500 ml con agua en la placa calefactora y encendemos a 290, con la ayuda de un soporte universal sujetar el termómetro y verificar la temperatura que este a 90°C (baño maría).
- Agregar 6 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado a la muestra, utilizando una pipeta graduada, colocar perlas de ebullición para evitar rupturas del tubo de la muestra.
- Una vez verificado la temperatura, introducir los tubos de la muestra en el vaso de precipitación y esperar por 90 minutos.
- Posteriormente retirar la muestra de la placa calefactora y agregar 0,8 gr de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).
- Llevar nuevamente a baño maría y esperar por 60 minutos.

- Apagar, retirar la muestra y dejar reposar por 24 horas.
- Al día siguiente retirar las perlas de ebullición de la muestra. y transferir la muestra a los tubos de centrifuga con un volumen de 20 ml, oxigenarla con una pipeta pasteur (equilibrado el peso) y realizar el proceso de centrifugación, por 2 minutos a 3.000 rpm (rotaciones por minuto) para separar el dicromato de potasio y el ácido sulfúrico.
- Tomar la muestra de la centrífuga y eliminar el sobrante de los tubos con una pipeta pasteur sin distribución del sedimento en el fondo. Este sobrante no puede ser desechado a un lavabo (una vez caracterizada como aguas residuales), debe ser colocado en un recipiente para desechos correctamente identificados.
- A continuación llenar cada muestra con agua destilada con un volumen de 50 ml, oxigenarla correctamente (equilibrado el peso) y centrifugarla, esta operación se debe repetirse por cuatro veces hasta que el agua quede transparente, la última se debe realizar con un volumen de 10 ml.
- Pasar la muestra a los tubos de ensayo previamente identificados, añadir 2 ml de ácido clorhídrico (HCl) concentrado y colocarlo en el vaso de precipitación con agua que se encuentra en la placa calefactora a 90°C, por 30 minutos apagar y esperar a que se enfríe.
- Pasar las muestras nuevamente en los tubos de centrifuga, con el mismo volumen de 50 ml oxigenar la muestra correctamente (equilibrar el peso), centrifugar por 2 minutos a 3.000 rpm nuevamente, retirar el sobrenadante de cada uno de los tubos con una pipeta pasteur sin tocar el sedimento del fondo.
- Repetir la operación de centrifugado por seis veces, en la quinta lavada controlar el pH, para verificar la acidez del agua que se encuentre en neutro.
- En la sexta lavada colocar un volumen de la muestra de 10 ml y centrifugarla por última vez, quedando totalmente limpia la muestra.
- Finalmente colocar la muestra en el envase respectivo y agregar 10 gotas de alcohol al 70% para su conservación y permanencia (Lobo, y otros, 2016)

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

- Colocar la lámina en el microscopio y añadir una gota de aceite de inmersión sobre el cubreobjetos al observar con el lente de 400X siendo el recomendado para observar la estructura de las especies.

- Realizar una lista de taxones de ocurrencia de las muestras encontradas en el sitio de estudio, teniendo un registro de las especies.
- Registrar la información en la hoja de laboratorio (Lobo, y otros, 2016).

9.3 ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON

El índice de diversidad de Shannon se realizó con la ayuda del Software Past en el cual se introduce las especies de diatomeas encontradas y el número de individuos que presenta cada especie. La abundancia relativa se realiza con logaritmo natural con la unidad nits/ind.

9.4 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (TSI)





Para determinar el estado trófico del río Cutuchi en el Sector Lasso se empleó la fórmula de estado trófico TSI propuesto por Carlson (1977), modificado por la Universidad Internacional SEK (2012), utilizando la concentración de contenido del parámetro de fósforo 1,86 mg /l (1860mg/m³), para evaluar el estado trófico en que se encuentra la misma.





10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS






10.1 Resultado de diatomeas del río Cutuchi Sector Lasso.



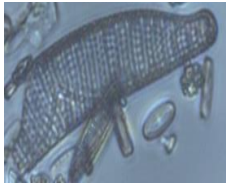

En el área de estudio se encontraron especies de diatomeas clasificadas en **21** Familias y **53** Especies, distribuidos en: 7 especies de contaminación leve, 30 especies de contaminación moderada y 16 especies de contaminación alta. Las especies más representativas fueron: *Nitzschia inconspicua* 38,9 % del total de especímenes, **familia:** Bacillariaceae; *Navicula erifuga* 11,1 % **familia:** Naviculaceae; *Achnantheidium straubianum* 5,5 % **familia:** Achnanthaceae; *Brachysira microcephala* 5,1 % **familia:** Brachysiraceae. Encontrada en ecosistema de alta concentración de nutrientes.






Tabla 5: Especies de Diatomeas.



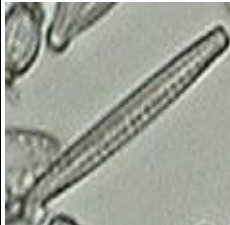


Familia: Achnanthaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Achnanthidium straubianum</i>	Valvas elípticas, ápices redondeados, con una caracterización de contaminación leve.	
<i>Lemnícola hungarica</i>	Área central asimétrica, valva con rafe válvulas lineales con ápices subrostrato. Fisuras del rafe terminal giradas hacia lados opuestos presentes en contaminación moderada.	
Familia: Brachysiraceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Brachysira vítrea</i>	Las válvulas son ampliamente -lanceoladas con ápices capitados, el área axial es estrecha el rafe es filiforme y recto. Los extremos proximales del rafe están débilmente expandidos. Los extremos distales del rafe son indistintos, y se presentes en contaminación moderada.	
<i>Brachysira microcephala</i>	Las estrías centrales irradian la zona central es pequeña, asimétrica, redondeada, forma de la areola variable, presentes en agua de contaminación moderada.	





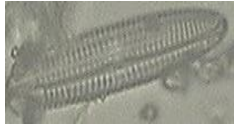

<p><i>Brachysira</i> <i>Neuexilis</i></p>	<p>Válvulas lanceoladas con puntas capitados simetría. Área central pequeño, circular o rómbico, las terminaciones del rafe son rectas, una cresta a cada lado del rafe. Un surco horizontal en los polos puede crear la impresión de que los extremos del rafe distal tienen forma de T, presentes en agua de contaminación moderada.</p>	
<p>Familia: Cavinulaceae</p>		
<p>Especie</p>	<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p><i>Cavinula</i> <i>intractata</i></p>	<p>Areolas no visibles, estrías radiantes y gruesas presenta forma asimétrica, se encuentran en aguas contaminadas.</p>	
<p>Familia: Cocconeidaceae</p>		
<p>Especie</p>	<p>Descripción</p>	<p>Imagen</p>
<p><i>Cocconeis</i> <i>euglypta</i></p>	<p>Valvas sin rafe con areolas alargadas y un estrecho pseudorrafe central, presentes en agua de contaminación moderada.</p>	
<p><i>Cocconeis</i> <i>placentula</i></p>	<p>Válvulas relativamente planas, elípticas a lineales-elípticas Válvula de Rafe con área central circular pequeñas estrías en la válvula del rafe interrumpida por el anillo hialino las estrías irradian, con una caracterización de contaminación leve.</p>	
<p>Familia: Stauroneidaceae</p>		

Especie	Descripción	Imagen
<i>Craticula accomoda</i>	Válvulas ampliamente lanceoladas con ápices apitados cortos. El Rafe es recto y las terminaciones centrales ligeramente expandidas. Estrías poco visibles, ligeramente más anchas, ápices capitados, presentes en agua moderada.	
Familia: Cymbellaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Cymbella excisa</i>	Válvulas fuertemente dorsiventrales de 6,9-9,0 µm de ancho. Zona central indistinta El margen dorsal está fuertemente arqueado, mientras que el margen ventral es ligeramente convexo o plano, la zona central es muy pequeña o indistinta, y se presentes en agua de contaminación moderada.	
<i>Encyonema silesiacum- var altensis</i>	Células pequeñas con ápices menos rostrados. Área central asimétrica presentes en agua de contaminación moderada.	
<i>Encyonema silesiaca</i>	Células con tamaño máximo de 44 µm de largo, estrías centrales con Estigmoides visible. Margen dorsal arqueado presentes en agua de contaminación moderada.	
<i>Encyonopsis microcephala</i>	Valvas asimétricas al eje apical ápices prolongados. Estrías paralelas en el margen dorsal, las estrías irradian en el margen ventral presentes en agua de contaminación moderada.	


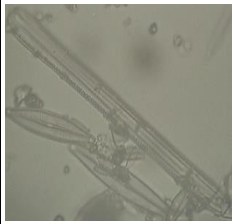



Familia: Thalassiosiraceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Cyclotella distinguenda</i>	Área central 1/3 -1/2 diámetro de la válvula. Zona central tangencialmente ondulada, las estrías se estrechan en anchura cerca del centro. Estrías cruzadas por la línea de sombra, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	Estrías gruesas (de 5 a 10 en 10 µm), área central lisa o ligeramente ondulada, región central de la cara valvar perforada, se encuentran en aguas contaminadas.	
Familia: Opalodíaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Epithemia turgida</i>	Células grandes (ancho superior a 13 µm, largo superior a 45 µm). Canal de Rafe en el borde ventral en los extremos distales. Arco central del canal aproximadamente 7-8 µm por encima del borde ventral se presentan en agua de contaminación moderada.	
Familia: Amphipleuraceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Frustulia rhomboides</i>	Válvulas romboides a lanceoladas. Los ápices se redondeaban. En la terminación del ápice el rafe tiene la apariencia de una punta de lápiz. Presenta estrías finas sensibles a la contaminación presentes en agua de contaminación moderada.	






Familia: Gomphonemataceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Gomphonema pumilum</i>	Válvulas ligeramente asimétricas al eje transapical. Las válvulas pueden aparecer casi lanceoladas. Células en forma de cuña. Ápices redondeados. Rafe a menudo ligeramente sinuoso. Las estrías son gruesas y espaciadas. Se presentan en agua de contaminación moderada.	
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	Válvulas asimétricas al eje transapical células ligeramente en forma de cuña Rafe ligeramente sinuoso. Estrías gruesas y claramente punteadas, a veces desigualmente espaciadas, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	Las válvulas son clavadas cabeza estrecha, claramente capitada presenta las estrías son casi paralelas de la mitad de la válvula, que se irradian en los ápices, areola son claramente puntiforme y visible, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Gomphonema parvulum</i> c.f. <i>saprophilum</i>	Valvas más anchas en su mitad superior, polo apical achatado sobre todo en células pequeñas, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Gomphonema</i> cf. <i>clevei</i> Fricke	Válvulas ligeramente asimétricas y lanceoladas en contorno. Células ligeramente en forma de cuña ápices redondeados. Estrías gruesas y restringidas a los márgenes, formando una amplia área axial, se encuentran en aguas contaminadas.	

<i>Gomphoneis pseudookunoi</i>	Válvulas clavadas, estrías sin areola resoluble rafe filiforme. Los campos de poros apicales aparecen como estrías condensadas presentes en agua de contaminación moderada.	
Familia: Catenulaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Halamphora montana</i>	Estrías no visibles ápices curvados hacia el margen ventral células de 10 µm de largo, con una caracterización de contaminación leve.	
Familia: Naviculaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Krasskella kriegeriana</i>	Válvulas pequeñas el rafe proximal termina distante, estría compuesta de una areola alargada pero los extremos proximales del rafe son espesamientos distintos colocados a una distancia el uno del otro, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Mayamaea permitis</i>	Frústulo visible en contraste de fases, fisuras del rafe engrosadas, con una caracterización de contaminación leve.	
<i>Navicula angusta</i>	Forma linear, ápices rostrados, estrías radiantes convergentes en los ápices, válvulas lineales de 6-7 µm de ancho, 35-70 µm de largo zona central moderadamente asimétrica, presentes en agua moderada.	




<i>Navicula oppugnata</i>	Válvulas lanceoladas más anchas que 8 μm extremos proximales del rafe doblado al lado secundario estrías gruesas, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Navicula geronimensis</i>	Válvulas lineales-lanceoladas zona central asimétrica extremos proximales del rafe desviados las estrías irradian en la válvula central, presentes en agua moderada.	
<i>Navicula erifuga</i>	Las válvulas son lanceoladas y 21-36 μm de largo por 5-7 μm de ancho área central asimétrica, ápices apuntados extremos en forma de cuña extremos proximales del rafe desviado extremos del rafe distal enganchados, zona central asimétrica, presentes en agua moderada.	
<i>Navicula cryptocephala</i>	Válvulas lanceoladas con ápices prolongados, zona central grande circular extremo proximal externo del rafe expandido, el rafe es recto, con una caracterización de contaminación leve.	
<i>Navicula escambia</i>	Las válvulas son robustas, lineales con ápices ampliamente redondeados o en forma de cuña zona central asimétrica ancho de la válvula 6.3-9.1 μm , se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Navicula walkeri</i>	Válvulas grandes lanceoladas líneas longitudinales presentan extremos del rafe proximales enganchados al área central y redonda, tiene líneas de sombra longitudinales, se encuentran en aguas contaminadas.	

Familia: Melosiraceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Melosira varians</i>	Células de diámetro inferior a 35 μm , manto con ornamentación tenue, células sin espinas presentes en agua moderada.	
Familia: Bacillariaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Nitzschia inconspicua</i>	Valvas lanceoladas, en individuos pequeños y lineares o lanceoladas en individuos grupales, presentes en agua moderada.	
<i>Nitzschia linearis</i>	Valvas lineares estrechadas en el centro, ápices curvados. Elevada densidad de fíbulas, irregulares y con un marcado inter espacio central, presentes en agua moderada.	
<i>Nitzschia frustulum</i>	Válvulas lineales con márgenes paralelos, ápices prolongados redondeados, estrías finamente punteadas, contorno valvar deforme, desplazamiento del rafe y cambio en el patrón de estriado. Los posibles agentes causales de las deformaciones del contorno valvar son metales pesados en la columna de agua como: cadmio, arsénico, plomo y mercurio; y en sedimentos: cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc, se encuentran en aguas contaminadas.	

<p><i>Nitzschia hantzschiana</i></p>	<p>Las válvulas estructuralmente asimétricas, porque el sistema del rafe casi siempre está descentrado. Por lo general son muy alargados tienen polos redondeados, capitados. Estrías transversales a veces visibles pero a menudo delicadas, muy finas o insolubles, se encuentran en aguas contaminadas.</p>	
<p><i>Nitzschia recta</i></p>	<p>Válvulas > 40 µm de longitud lineales, estrías finas. Ápices como un pico, los extremos de las válvulas están rezagados, presentes en agua de contaminación moderada.</p>	
<p><i>Nitzschia brevissima</i></p>	<p>Válvulas ampliamente lineales con márgenes cóncavos, prolongados, ápices prolongados y estrechamente redondeados, las estrías son apenas visibles, una forma producida por los extremos doblados en direcciones opuestas. Presentes en agua moderada.</p>	
<p><i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i></p>	<p>Válvulas con lados casi paralelos, ápices subcapitados, ancho de la válvula 2.5-3.5 µm, las estrías no son claramente visibles, presentes en agua moderada.</p>	
<p>Familia: Achnanthidiaceae</p>		
Especie	Descripción	Imagen
<p><i>Planothidium biporum</i></p>	<p>Válvulas lanceoladas con ápices capitados, rostrados y pronunciados valvas sin rafe. Válvulas de 5.4-7.0 µm de ancho, presentes en agua de contaminación moderada.</p>	

<i>Planothidium lanceolatum</i>	Válvulas lanceoladas con ápices ligeramente alargados, valvas desprovistas de septo. Válvulas de 4,5-8,0 µm de ancho, todavía válvula con área central asimétrica que contiene depresión, presentes en agua de contaminación moderada.	
<i>Planothidium frequentissimum</i>	Válvulas lanceoladas con ápices redondeados o ligeramente alargados frústulo lanceolados con ápices ligeramente rostrados, valva sin rafe. Válvulas de 3-6 µm de ancho, presentes en agua de contaminación moderada.	
<i>Psammthidium pennsylvanicum</i>	Válvulas pequeñas, elípticas, estrías 25-29 en 10 µm areola 35-40 en 10 µm, válvula con área central fuertemente asimétrica, presente en agua de contaminación moderada.	
<i>Psammothidium daonense</i>	Válvulas lineales zona central en la parte superior de la válvula romboide con bordes irregulares, Rafe se encuentra en el lado izquierdo, presentes en agua moderada.	
Familia: Rhabdonemataceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Rhabdonema arctuatum</i>	Se observa en cadenas semi-intactas; La válvula robusta, válvula en los extremos, con filas transversales de puntos lagrimales, con una amplia Cintura hialina con frecuencia en el medio, se encuentran en aguas contaminadas.	
Familia: Rhoicospheniaceae		

Especie	Descripción	Imagen
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Válvulas con forma de disco, sistema de rafe completo, válvula de rafe rudimentaria con rajitas cortas de rafe las válvulas son clavadas, o en forma de disco con extremos redondeados, con una caracterización de contaminación leve.	
<i>Rhoicospheniacurvata</i>	Tiene un rafe completamente desarrollada en una sola válvula y está arqueada en vista de cinturón, presentes en agua de contaminación moderada.	
Familia: Rhopalodiaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Rhopalodia gibberula</i>	Válvulas de lunar estrías 2-6, ápices ligeramente doblados ventralmente, o prolongados agudamente redondeados, márgenes dorsales fuertemente convexos que a menudo son ligeramente dentados en el medio. El margen ventral es ligeramente cóncavo a recto el rafe está situado en el margen dorsal y es difícil de distinguir, se encuentran en aguas contaminadas.	
Familia: Surirellaceae		
Especie	Descripción	Imagen

<i>Surirella ovalis</i>	Válvulas grandes, longitud de la válvula 14-75 μm , anchura 11-35 μm , las válvulas son extremadamente variables en tamaño y contorno, 14-75 μm de largo por 11-35 μm de ancho tienen dos ápices ampliamente redondeados, se encuentran en aguas contaminadas.	
<i>Surirella angusta</i>	Valvas isopolares con ambos ápices apuntados, presentes en agua de contaminación moderada.	
Familia: Fragilariaceae		
Especie	Descripción	Imagen
<i>Ulnaria ulna</i>	Valvas lineares muy largas, estrías de ambos márgenes enfrentadas, con una caracterización de contaminación leve.	

Fuente: Los investigadores

10.2 Determinación del índice de diversidad de Shannon.

En el índice de diversidad de Shannon con la aplicación del software Past, se introduce el nombre de la especie y número de especímenes que representa cada una. La abundancia relativa que presenta el agua del río Cutuchi en el tramo del Sector Lasso es de 2,78 nits/ind, representada en logaritmo natural.

Tabla 6: Tabla Índice de diversidad de Shannon.

N °	Especies	Número de especímenes	Porcentaje
1	<i>Achnantheidium straubianum</i>	27	5,5 %
2	<i>Brachysira vítrea</i>	6	1,2 %
3	<i>Brachysira microcephala</i>	25	5,1 %
4	<i>Brachysira Neuexilis</i>	7	1,4 %
5	<i>Cavinula intractata</i>	4	0,8 %
6	<i>Cocconeis euglypta</i>	4	0,8 %
7	<i>Cocconeis placentula</i>	4	0,8 %
8	<i>Craticula accomoda</i>	4	0,8 %
9	<i>Cymbella excisa</i>	3	0,6 %
10	<i>Cyclotella distinguenda</i>	1	0,2 %
11	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	4	0,8 %
12	<i>Epithemia turgida</i>	2	0,4 %
13	<i>Encyonema silesiacum- var altensis</i>	2	0,4 %
14	<i>Encyonema silesiaca</i>	1	0,2 %
15	<i>Encyonopsis microcephala</i>	5	1,0 %
16	<i>Frustulia romboides</i>	1	0,2 %
17	<i>Gomphonema pumilum</i>	5	1,0 %
18	<i>Gomphonema angustum Agardh</i>	5	1,0 %
19	<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	5	1,0 %
20	<i>Gomphonema parvulum c f. saprophilum</i>	4	0,8 %
21	<i>Gomphonema cf. clevei Fricke</i>	5	1,0 %

22	<i>Gomphoneis pseudookunoi</i>	5	1,0 %
23	<i>Halamphora montana</i>	5	1,0 %
24	<i>Krasskella kriegneriana</i>	4	0,8 %
25	<i>Lemnícola hungarica</i>	5	1,0 %
26	<i>Mayamaea permitis</i>	5	1,0 %
27	<i>Melosira varians</i>	1	0,2 %
28	<i>Navicula angusta</i>	7	1,4 %
29	<i>Navicula oppugnata</i>	8	1,6 %
30	<i>Navicula geronimensis</i>	1	0,2 %
31	<i>Navicula erifuga</i>	55	11,1 %
32	<i>Navicula cryptocephala</i>	5	1,0 %
33	<i>Navicula escambia</i>	3	0,6 %
34	<i>Navicula walkeri</i>	4	0,8 %
35	<i>Nitzschia inconspicua</i>	192	38,9 %
36	<i>Nitzschia linearis</i>	5	1,0 %
37	<i>Nitzschia frustulum</i>	5	1,0 %
38	<i>Nitzschia hantzschiana</i>	4	0,8 %
39	<i>Nitzschia recta</i>	6	1,2 %
40	<i>Nitzschia brevissima</i>	1	0,2 %
41	<i>Nitzschia palea var. tenuirostris</i>	2	0,4 %
42	<i>Planothidium biporum</i>	5	1,0 %
43	<i>Planothidium lanceolatum</i>	4	0,8 %
44	<i>Planothidium frequentissimum</i>	4	0,8 %

45	<i>Psammthidium pennsylvanicum</i>	4	0,8 %
46	<i>Psammothidium daonense</i>	6	1,2 %
47	<i>Rhabdonema arctuatum</i>	2	0,4 %
48	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	6	1,2 %
49	<i>Rhoicosphenia- curvata</i>	5	1,0 %
50	<i>Rhopalodia gibberula</i>	3	0,6 %
51	<i>Surirella ovalis</i>	3	0,6 %
52	<i>Surirella angusta</i>	2	0,4 %
53	<i>Ulnaria ulna</i>	3	0,6 %
Total de individuos		494	100 %
Índice de Shannon (Abundancia relativa)		2,78 nits/ ind	

Fuente: Software past.

10.3 Determinación del índice trófico mediante la formula de Carlson (1977) modificada por la Universidad Internacional SEK (2012).

Ecuación 1: Formula de Carlson (1977) modificada Universidad Internacional SEK (2012).

$$TSI = 10 \left(6 - \frac{\ln(48)}{\ln(2)} \frac{Pt}{In(2)} \right)$$

$$TSI = 10 \left(6 - \frac{\ln(3,87)}{\ln(0,69)} \frac{1860 \text{ mg/m}^3}{In(0,69)} \right)$$

Donde:

TSI: Índice de estado trófico

Pt: Datos obtenidos de fósforo total en mg/ m^3

In: Logaritmo natural

$$TSI = 59,99 \text{ mg/m}^3$$

De acuerdo al calculo del indice trófico de la formula de Carlson el agua del Sector Lasso presenta un estado eutrófico, relacionada en la escala de valores propuesta por Carlson, muestra una alta concentración de nutrientes de fósforo, debido a que las zonas aledañas son intervenidas

por el ser humano en diversas actividades agropecuarias, el agua presenta una coloración verdosa por la presencia de algas y una densa vegetación acuática que se encuentra sumergida o flotante.

10.4 Relación del índice trófico con la presencia de diatomeas epilíticas.

En la relación del índice trófico a partir de la presencia diatomeas epilíticas, se obtuvo como resultados: 7 especies que han sido consideradas de un estado mesotrófico. 30 especies consideradas de un estado eutrófico, agua con una concentración de cantidad de nutriente de fósforo elevado, 16 especies consideradas de un estado hipertrófico, aguas con altos niveles de nutrientes (Nitrógeno, fósforo) y materia orgánica. Estudios realizados de la calidad de agua con la presencia de especies de diatomeas epilíticas, demuestran que las especies a mencionar determinan los diferentes estados tróficos.

Tabla 7: Tabla de relación del índice trófico y diatomeas epilíticas.

ESTADO TRÓFICO	DIATOMEAS	AUTOR
Oligotrófico (TSI <30)		
Mesotrófo (30 < TSI < 60)	<i>Achnantheidium straubianum</i>	Blanco Saúl (2010)
	<i>Cocconeis placentula</i>	Lannacone José (2013)
	<i>Halamphora montana</i>	Siqueiros Beltrones (2003)
	<i>Mayamaea permitis</i>	Blanco Saúl (2010)
	<i>Navicula cryptocephala</i>	Universidad de Barcelona (2003)
	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Blanco Saúl (2010)
	<i>Ulnaria una</i>	Blanco Saúl (2010)
Eutrófico (60 < TSI < 90)	<i>Lemnícola hungarica</i>	Blanco Saúl (2010)
	<i>Brachysira vítrea</i>	Universidad de Panamá (2012)
	<i>Brachysira microcephala</i>	Universidad de Panamá (2012)
	<i>Brachysira Neuexilis</i>	Universidad de Panamá (2012)

<i>Cocconeis euglypta</i>	Lannacone José (2013)
<i>Craticula accomoda</i>	Universidad de Panamá (2012)
<i>Cymbella excisa</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Encyonema silesiacum- var altensis</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Encyonema silesiaca</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Encyonopsis microcephala</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Epithemia túrgida</i>	Guzmán Betty (2015)
<i>Frustulia romboides</i>	Guzmán Betty (2015)
<i>Gomphonema pumilum</i>	Ringuelet Raúl (2012)
<i>Gomphoneis pseudookunoi</i>	Ringuelet Raúl (2012)
<i>Navicula angusta</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Navicula geronimensis</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Navicula erifuga</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Melosira varians</i>	Siqueiros Beltrones (2003)
<i>Nitzschia inconspicua</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Nitzschia linearis</i>	Guzmán Betty (2015)
<i>Nitzschia recta</i>	Guzmán Betty (2015)
<i>Nitzschia brevissima</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Nitzschia palea var. Tenuirostris</i>	Hernández Silvia (2012)
<i>Planothidium biporumum</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Planothidium lanceolatum</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Planothidium frequentissimun</i>	Blanco Saúl (2010)
<i>Psammthidium pennsylvanicum</i>	Universidad Nacional de Piura (2005)
<i>Psammothidium daonense</i>	Universidad Nacional de Piura (2005)
<i>Rhoicospheni acurvata</i>	Universidad Nacional de Piura

		(2005)
	<i>Surirella angusta</i>	Blanco Saúl (2010)
Hipertrófico (90 < TSI < 100)	<i>Cavinula intractata</i>	Universidad de Barcelona (2003)
	<i>Cyclotella distingüenda</i>	López Francisco (2004)
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	López Francisco (2004)
	<i>Gomphonema angustum Agardh</i>	Ringuelet Raúl (2012)
	<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	Ringuelet Raúl (2012)
	<i>Gomphonema parvulum c.f. saprophilum</i>	Hernández Silvia (2012)
	<i>Gomphonema cf. clevei Fricke</i>	Hernández Silvia (2012)
	<i>Krasskella kriegneriana</i>	Universidad de Barcelona (2003)
	<i>Navicula oppugnata</i>	Hernández Silvia (2012)
	<i>Navicula escambia</i>	Hernández Silvia (2012)
	<i>Navicula walkeri</i>	Hernández Silvia (2012)
	<i>Nitzschia frustulum</i>	Castro Dennis (2009)
	<i>Nitzschia hantzschiana</i>	Castro Dennis (2009)
	<i>Rhabdonema arctuatum</i>	Castro Dennis (2009)
	<i>Rhopalodia gibberula</i>	Castro Dennis (2009)
<i>Surirella ovalis</i>	Castro Dennis (2009)	

Fuente: Los investigadores

10.5 Resultado y descripción de los parámetros de la calidad del agua del Río Cutuchi del Sector Lasso.

En la tabla se presenta los resultados obtenidos de la muestra de agua analizada en laboratorio, la misma que determina una calidad de agua del Sector Lasso con la verificación de los límites permisibles establecidos por la (FAO) y el TULSMA de cada parámetro, donde se realiza una descripción de los parámetros que no cumplen con los límites permisibles.

Tabla 8: Resultados del análisis de laboratorio

ANÁLISIS FÍSICO/QUÍMICO DE AGUAS			TULSMAS/FAO	
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE	CUMPLE SI/NO
Temperatura		14°	Condición natural + 0 - 3 grados	SI
Potencial Hidrógeno	U.pH	7.84	6,5-8,4	SI
Turbiedad	NTU	8.5	0 – 40	SI
Conductividad eléctrica	uS/cm	765.6	1000	SI
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	490	3000	SI
Nitritos	mg/L	5	MENOR 0.2	NO
Nitratos	mg/l	50	MENOR 5	NO
Fosfatos	mg/l	0.52	1.0	SI
Oxígenos Disuelto	mg/l	7,2	> 3	SI
Fósforo Total	mg/l	1.86	10	SI
Nitrógeno Total	mg/l	0.32	> 30	NO
DBO5	mg/l	2,70	< 2	NO
DQO	mg/l	4,3	< 4	NO

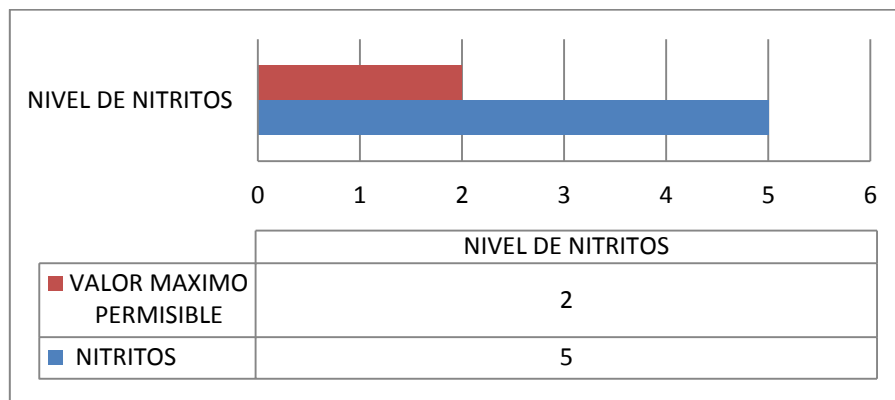
Elaboración: Los investigadores

Fuente: Laboratorio Casa del Químico- Ambato

10.5.1 Nitritos

Según la FAO el límite permisible para los nitritos es menor 2 mg/l, el resultado de la muestra obtenida es de 5 mg/l no cumple con los límites permisibles, por consecuencia de alta concentración de nutrientes y puede originar el llamado fenómeno de eutrofización (Ros, Antonio, 2011).

Gráfico 1: Nitritos.

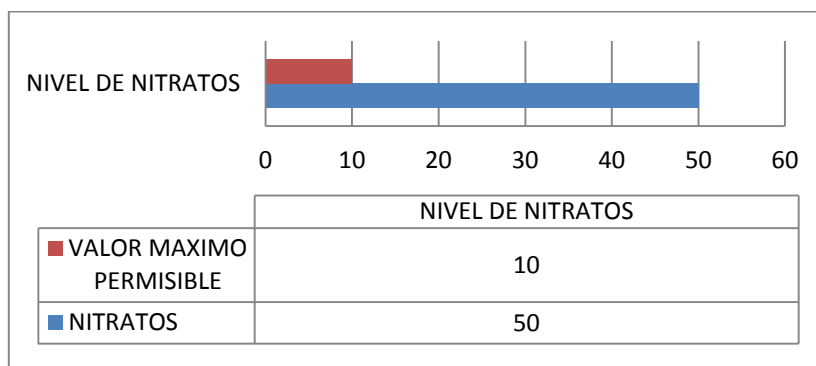


Fuente: Los investigadores

10.5.2 Nitratos

Según la FAO el límite permisible es $< 5 \text{ mg/l}$ y el resultado de la muestra obtenida es de 50 mg/l no cumple con los límites permisibles, debido a las descargas de las plantaciones de brócoli por la utilización de fertilizantes.

Gráfico 2: Nitratos.

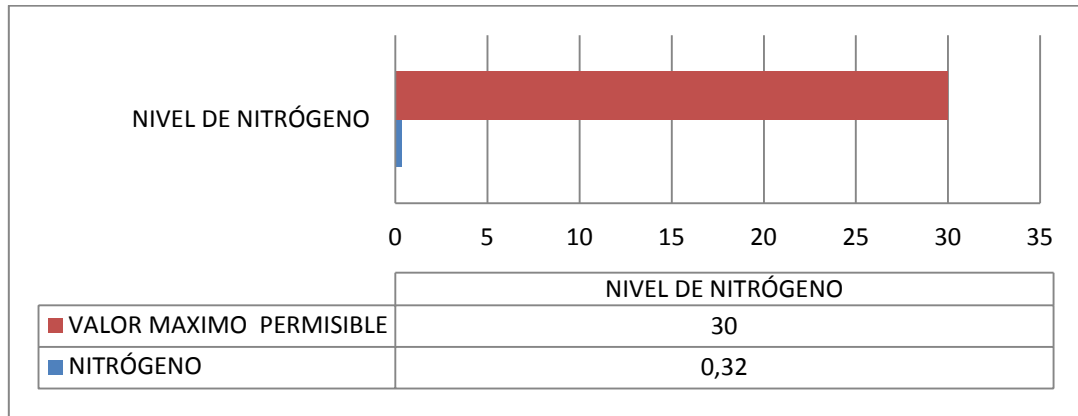


Fuente: Los investigadores

10.5.3 Nitrógeno Total

Según la norma TULAS del libro VI anexo I calidad de agua el límite permisible para Nitrógeno es $>30 \text{ mg/l}$ y el resultado de la muestra obtenida es de 0.32 mg/l no cumple con los límites permisibles.

Gráfico 3: Nitrógeno.

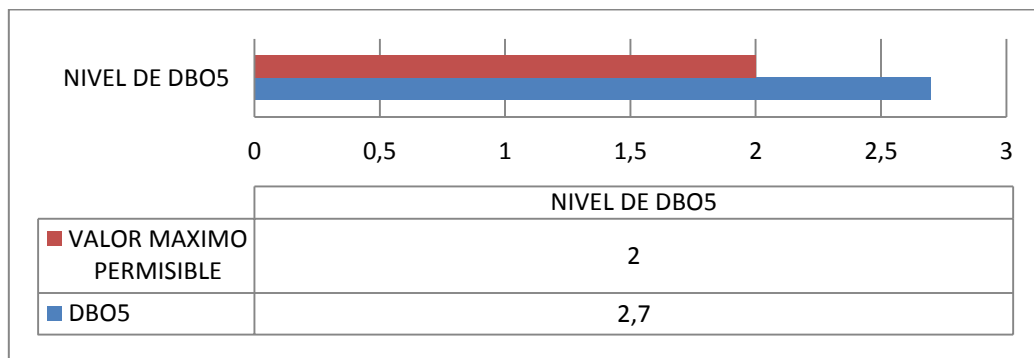


Fuente: Los investigadores

10.5.4 DBO5 (Demanda bioquímica de oxígeno)

Según la norma TULAS del libro VI anexo 1 calidad de agua el límite permisible para DBO5 debe ser <2 mg/l y el resultado de la muestra obtenida es de 2,7 mg/l no cumple con los límites permisibles, porque existe una gran cantidad de materia orgánica biodegradable y esto hace los microorganismos necesiten mayor cantidad de oxígeno de disuelto para realizar el proceso de oxidación.

Gráfico 4: DBO5.

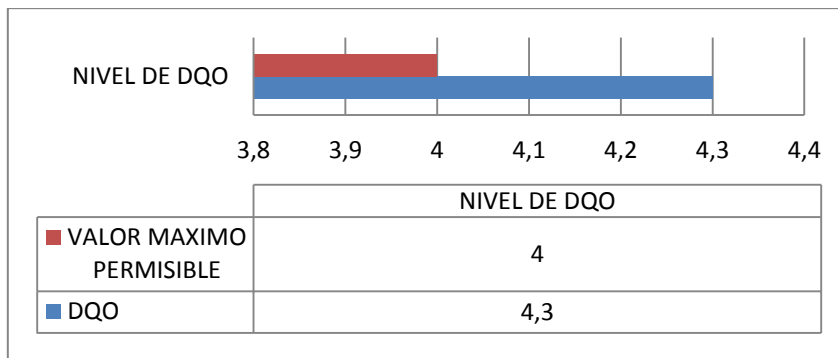


Fuente: Los investigadores

10.5.5 DQO (Demanda química de oxígeno)

Según la norma TULAS del libro VI anexo I calidad de agua el límite permisible para DQO debe ser < 4 mg/l y el resultado de la muestra obtenida es de 4,3 mg/l no cumple con los límites permisibles, porque existe una gran cantidad de materia orgánica biodegradable que se encuentra disuelta en el agua que impide el proceso de digestión aeróbica de las bacterias y microorganismos.

Gráfico 5: DQO.



Fuente: Los investigadores

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

Impactos técnicos: La investigación se realizó en el laboratorio Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica debido a que cuentan con todos los equipos, materiales y reactivos para la ejecución del proyecto, esto provocó que el análisis se realice de manera rápida, acortando el tiempo de ejecución, esto permite que el investigador realice un proceso de identificación de diatomeas de forma exacta. Se pudo aplicar la metodología de manera óptima debido al asesoramiento técnico del laboratorio, se pudo experimentar con otras metodologías escogiendo así la metodología del investigador Eduardo Lobo se modificó esta técnica para obtener un mejor resultado.

Impactos ambientales: Por medio de la investigación se mide el nivel de contaminación que existe en el río, esta técnica permite contabilizar la cantidad de diatomeas y la variabilidad de especies, de este modo se puede categorizar el tipo de agua si esta es apta para los usos agropecuarios, tales como el regadío, etc. De este modo mejorar la calidad de vida de los beneficiarios, en el ámbito alimenticio, agrícola y ganadero, de este modo plantear nuevos estudios que determinen la recuperación del río. A su vez se plantear nuevos métodos para la mediación de la calidad de agua llegando a la conclusión que las diatomeas nos dan un rango más claro del estado ecológico del agua.

Impacto económico: En el estudio del agua mediante las diatomeas los costos no son elevados pues la técnica permite observar a los microorganismos desde la toma de la muestra, sin la necesidad de ser limpiados con algún reactivo, lo que no sucede con los otros métodos de medición de la calidad del agua, de este modo el agricultor o ganadero podrá pedir un análisis biológico del agua a un precio accesible.

12 PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

Tabla 9: Presupuesto.

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	v. Total
Equipos				
Computador (uso)	1	50 horas	1,00	50,00
GPS (uso)	1	1 día	30	30,00
Cámara fotográfica (uso)	1	1 día	10,00	10,00
Microscopio (uso)	1	4 horas	10,00	40,00
Centrifuga (uso)	1	4 horas	10,00	40,00
Materiales y suministros				
Cuaderno de campo	1		1,50	1,5
Fichas de campo y laboratorio	30		0,20	6,00
Bandeja de polietileno o metal esmaltado	2		7,00	14,00
Etiquetas adhesivas	6		0,50	3,00
Lápiz	2		0,50	1,00
Botas	2		10,00	20,00
Guantes	1 caja		3,00	3,00
Frasco de colecta de 250 mL (vidrio)	3		10,00	30,00
Gafas de protección	2		5,00	10,00
Mascarillas	10		0,20	2,00
Mandil (uso)	2		10,00	20,00
Placas porta y cubre objetos	2 cajas		15,50	31,00
Tubos de ensayo pequeños	20 unidades		0,30	6,00

Tubos de ensayo grandes	20 unidades		0,50	10,00
Pipetas aforada de 10 ml (uso)	2		12,00	12,00
Pipetas pasteur	20		1,50	30,00
Placa calefactora	4 horas		10,00	40,00
Material bibliográfico y fotocopias				
Papel bond	2 paquete		3,60	7,20
Impresiones	1000		0,20	200
Anillado	6		3,00	18,00
Otros recursos				
Transporte y salida de campo	7		15,00	105,00
Alimentación	10		4,00	40,00
Análisis de laboratorio	1		100,00	100,00
Reactivos (uso)				
Ácido sulfúrico(H ₂ SO ₄) concentrado	24 ml		100,00	100,00
Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)	50 g		30,00	30,00
Ácido clorhídrico (HCl)	6 ml		50,00	50,00
Alcohol 70 %	20 ml		15,00	15,00
			TOTAL	1124,70
			IMPREVISTOS 10%	30,00
			TOTAL	1154,70

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones.

- Los resultados indican la presencia de 53 especies, 21 familias de diatomeas epilíticas. Las especies más representativas fueron: *Nitzschia inconspicua* 38,9 % del total de especímenes, **familia:** Bacillariaceae; *Navicula erifuga* 11,1 % **familia:** Naviculaceae; *Achnantheidium straubianum* 5,5 % **familia:** Achnantheaceae; *Brachysira microcephala* 5,1 % **familia:** Brachysiraceae.
- En el índice de diversidad de Shannon con la aplicación del software Past se observa una abundancia relativa de especímenes de comunidades de diatomeas epilíticas encontradas en el Río Cutuchi del Sector Lasso de 2,78 nits/ind representada en logaritmo natural.
- En la aplicación del índice de Carlson (1977), modificada por la Universidad Internacional SEK (2012), el río Cutuchi presenta un estado trófico de TSI Pt = 59,99 mg/m³, relacionado en escala de valores propuesto por Carlson (1977), el agua presenta un estado eutrófico de alta concentración de nutrientes principalmente de fósforo proveniente de los fertilizantes utilizados en las plantaciones de brócoli y agricultura.

13.2 Recomendaciones

- Al momento de realizar la toma muestras de diatomeas, es necesario seguir los pasos metodológicos correctamente, para no deteriorar la muestra a ser dispuesta en el área de laboratorio, y realizar el proceso de limpieza correctamente obteniendo datos puntuales de características cualitativas y cuantitativas de cada una de las especies.
- Para futuros estudios se recomienda realizar mayor número de muestreos en tiempo prolongado, con el fin de tener un seguimiento de las especies de diatomeas de zonas andinas, en diferentes épocas de muestreo y realizar la debida clasificación morfológica.
- Para tener una visualización precisa de especies de diatomeas es necesario un microscopio de alta tecnología, que cuente con un lente óptico de 200 X a 400 X, y una cámara de alta resolución que permita la captura de la imagen sin distorsionar la estructura de las especies y se pueda realizar la identificación correctamente.

14 BIBLIOGRAFIA

- Allen, T. y. (1992). *Toward a Unified Ecology* . Nueva York: CONABIO.
- Aquetzalli. (19 de Abril de 2013). Obtenido de Medio Mesotrófico :
http://aquetzalli1_wordpress.com/2013/04/19/medio_mesotrófico
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., & Becares, E. (2010). *Guía de diatomeas de la cuenca del Duero* (2010 ed.). Madrid-España: confederación hidrográfica del Duero.
- Carrillo, R. J. (1997). Memorias. IV. *Congreso Interamericano sobre el medio ambiente*. Tomo 1. Venezuela: Equinoccio.
- Castells, X. E. (2012). *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Castro, Deniss (Universidad Nacional de Colombia). (2009). *Desarrollo de un índice de diatoméas periféricas para evaluar el estado de los humedades de Bogota*. Bogota.
- Cifuentes, Anselmo. (2011- 2016). *Tratamiento de aguas residuales y disminución de DQO*. Hidretec.
- Comisión de plan Nacional hidráulica 2008. (2008). *Ingeniería hidráulica en México*. Texas: Universidad de Texas.
- Fernández, A. (1999). *Manual de las diatomeas peruanas primera edición*. Perú: Hortus .
- García, G. (2002). *La contaminación del agua*. Perú: Sanchon MV.
- Guisseppina, D. R. (1995). *La contaminación de aguas en el Ecuador: una aproximación a la economía*. Quito Ecuador: Abya- yala.
- Jácome, S., & Rojas, L. G. (2008). *Diseño de un parque ecológico para el desarrollo de actividades recreacionales en la cuenca del río Cutuchi*. . Latacunga: Nuevas ediciones S.A.
- Lobo, E., Heinrich, C., Schuch, M., Düpant, A., Costa, A., Wetzel, C., & Ector, L. (2016). *ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA*. Santa Cruz do sul: EDUNISC .

- López, F. (2011). Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México: SNIB-CONABIO.
- Margalef, R. (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente. (2013). *Protocolo de muestreo y laboratorio de flora acuática en ríos*. España: NIPO.
- Murgueypio, S. (Febrero 2010- Enero 2011). Estado trófico *Obtenido de la Universidad Internacional SEK*. Quito: Olmo S.A.
- Ortiz Johanna. (2012). *ESTADO TRÓFICO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA EN BASE A LOS ÍNDICES DE CARLSON Y LACAT*. Tesis (Ingeniería Ambiental). Quito: Universidad Internacional SEK.
- Recalde, J. F. (2001). *Manejo integral de los recursos hídricos y tratamientos de aguas sevidas cuenca de río Cutuchi*. Bélgica: Cohiec Cia. Ltda.
- Red de control de calidad de aguas superficiales confederación hidrológica del Tajo. (2007). *Identificaciones taxonómicas de diaomeas*. España: NIPO.
- Roldan, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Bogotá- Colombia: Universidad de Antioquia.
- Roldán, G., & Ramirez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2da edición ed.). Colombia: Universidad de Antioquia.
- Ros; Antonio. (2011). *Parámetros químicos de calidad de las aguas nitritos, nitratos y fosfatos*. (g. intercom, Ed.) mailxmail, 2.
- Saransig, R. (2009). *Estudio de la calidad el agua en los afuenes de la microcuenca aalta del río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo* (tesis). Riobamba.
- Somarriba, E. (1999). *Diversidad de Shannon*. Turrialba Costa Rica: CATIE.

Universidad de Barcelona Jaume Cabra. (2005). *Protocolo de muestreo para análisis de fitobentos* . Barcelona: URS.

Universidad de Panamá, .. (2012). *Guía de diatomeas*. Panamá.

URA Agencia Vasca del Agua. (2008). *Protocolos de muestreo y análisis de organismos fitobentónicos en rios*. Vasco: Urgentzia.

Vasquez, G., Castro, G., Gonzales, I., Pérez, R., & Castro, T. (2006). *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua* . Mexico: ContactoS.

14.1 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ECOLOGÍA TERRESTRE. (3 de Diciembre de 2007). *Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático*. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.

Beltrones, S., & Fuerte, L. (2003). *Epiphytic diatoms associated with red mangrove (Rhizophora mangle) prop roots in Bahía Magdalena, Baja California Sur, México*. Sur de México, Baja California.

Betty, B. G., & Damaris, B. L. (2015). *USO DE DIATOMEAS (Bacillariophyceae) COMO BIOINDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO UTCUBAMBA, AMAZONAS*. Perú: Universidad Nacional TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.

Cristina, D., Ector, L., Maria, N., Saúl, B., Lucien, H., & Isabel, P. (2013). *Epilithic diatoms of springs and spring-fed streams in Majorca Island (Spain) with the description of a new diatom species Cymbopleura margalefii*. Barcelona.

Cubas, P. (2008). *Bacillaryoplyta (diatomeas)*. Obtenido de https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Diatomeas/6_Bacillariophyta_texto.pdf

- Daniela, M., Jacqueline, Q., & Armando, L. (2010). *Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia*. México: Villa Quietud.
- Elizabeh, Y., & Réne, V. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS EFLUENTES DE AGUA AL RÍO CUTUCHI EN EL SECTOR LASSO CANTÓN LATACUNGA PROVINCIA COTOPAX, LATACUNGA – ECUADOR*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). *Norma Técnica INEN*. Quito Ecuador.
- Markéta, K. (2008). *Bacillariophyceae*. Obtenido de <http://galerie.sinicearasy.cz/galerie/chromophyta/bacillariophyceae>
- Meléndez, B. (1998). *Tratado de Paleontología. Madrid*. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=jHfj-HhUdC4C&pg=PA308&lpg=PA308&dq=tama%C3%B1o%20en%20micras%20de%20las%20diatomeas&source=bl&ots=6KnQTsIIX3&sig=PI5G352ByiIZkAi72uAawGgFl3o&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiz8unJ8_jPAhVNymMKHU7NBVsQ6AEINTAF#v=onepage&q=tama%C3%B1o%20en%20micras%20de%20las%20diatomeas&f=false
- Novelo, E. (2012). *FLORA DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Saransig, Roberto (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). (2009). *Estudio de la calidad de agua en los afluenes de la microcuenca alta del río Guargualla para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. Riobamba - Ecuador.
- SA., W. (2009). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-79502009000500008

- Silvia, H. (2012). *Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas)*. Nicaragua: CIRA/UNAN- Managua.
- Sociedad de Biología Chilena . (2013). *Clasificación taxonómica y grupos tróficos funcionales presentes en las cuencas de los Ríos Loa, Huasco, Limarí, Cachapoal y Mataquito*. REVISTA CHILENA DE HISTORIA NATURAL, 9-12.
- Universidad Militar Nueva Granada (Rodríguez Laura). (2012). *Determinación del Estado Trófico de tres ecosistemas lenticos de la Sabana de Bogotá con base de fitoplancton* . Bogotá.
- University of Colorado Spaulding, S.A; Lubinski, D.J. and Potapova, M. . (2010). *DIATOMS of the United States*. Obtenido de <http://westerndiatoms.colorado.edu>
- Yesid, L., Luis, V., & Gabriel, N. (2010). *LISTADO DE DIATOMEAS (BACILLARIOPHYTA) REGISTRADA PARA EL MAR CARIBE COLOMBIANO*. Colombia: Universidad del Valle.

ANEXOS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

ANEXO 1

AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen de proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las estudiantes: **LUCERO MORALES MERCEDES MARIBEL Y PAREDES ALVAREZ MONSERRATH DEL CARMEN** Egresada 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 LASSO, 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,

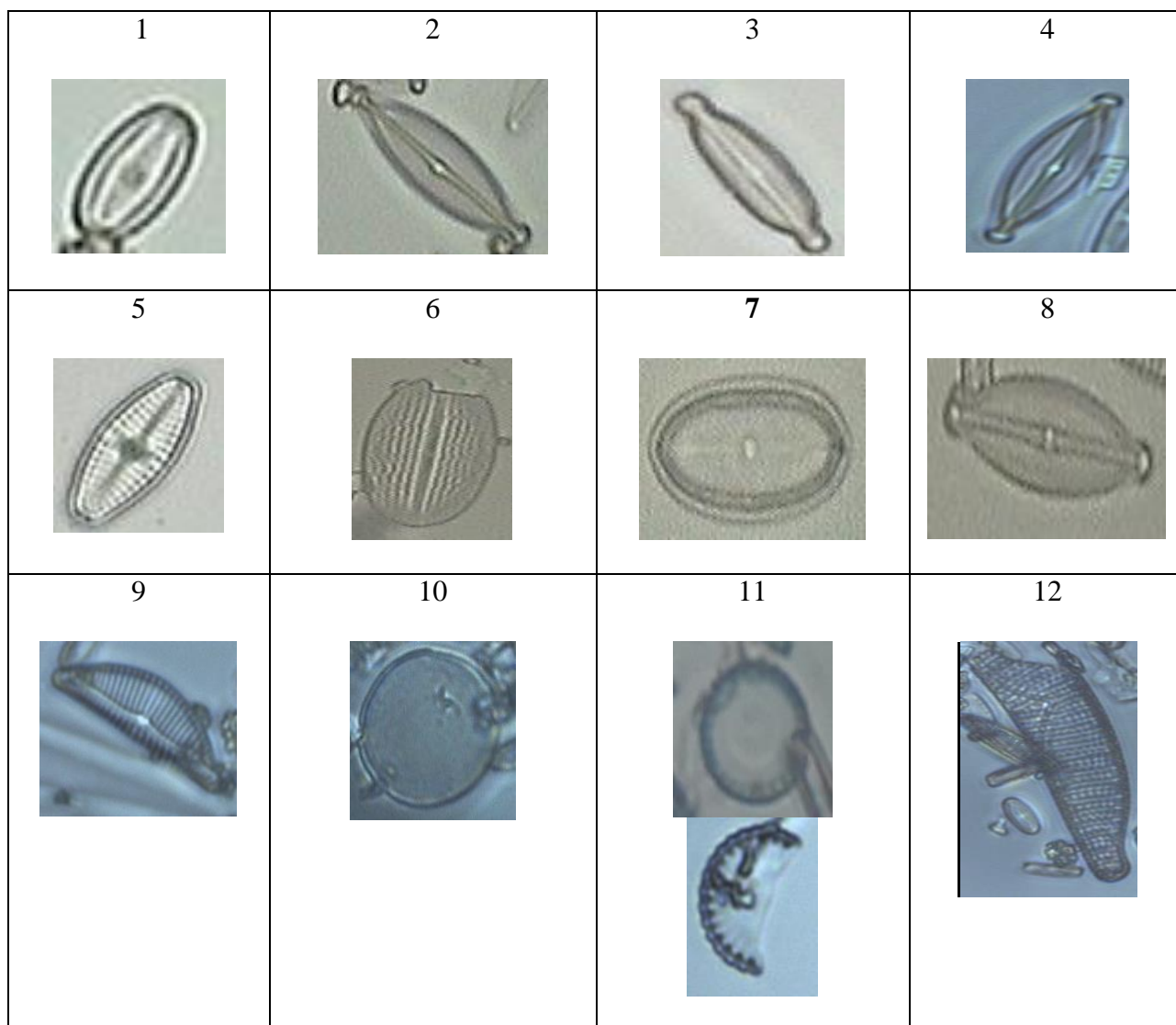
.....
Lic. Marcelo Pacheco

C.I.050261735-0

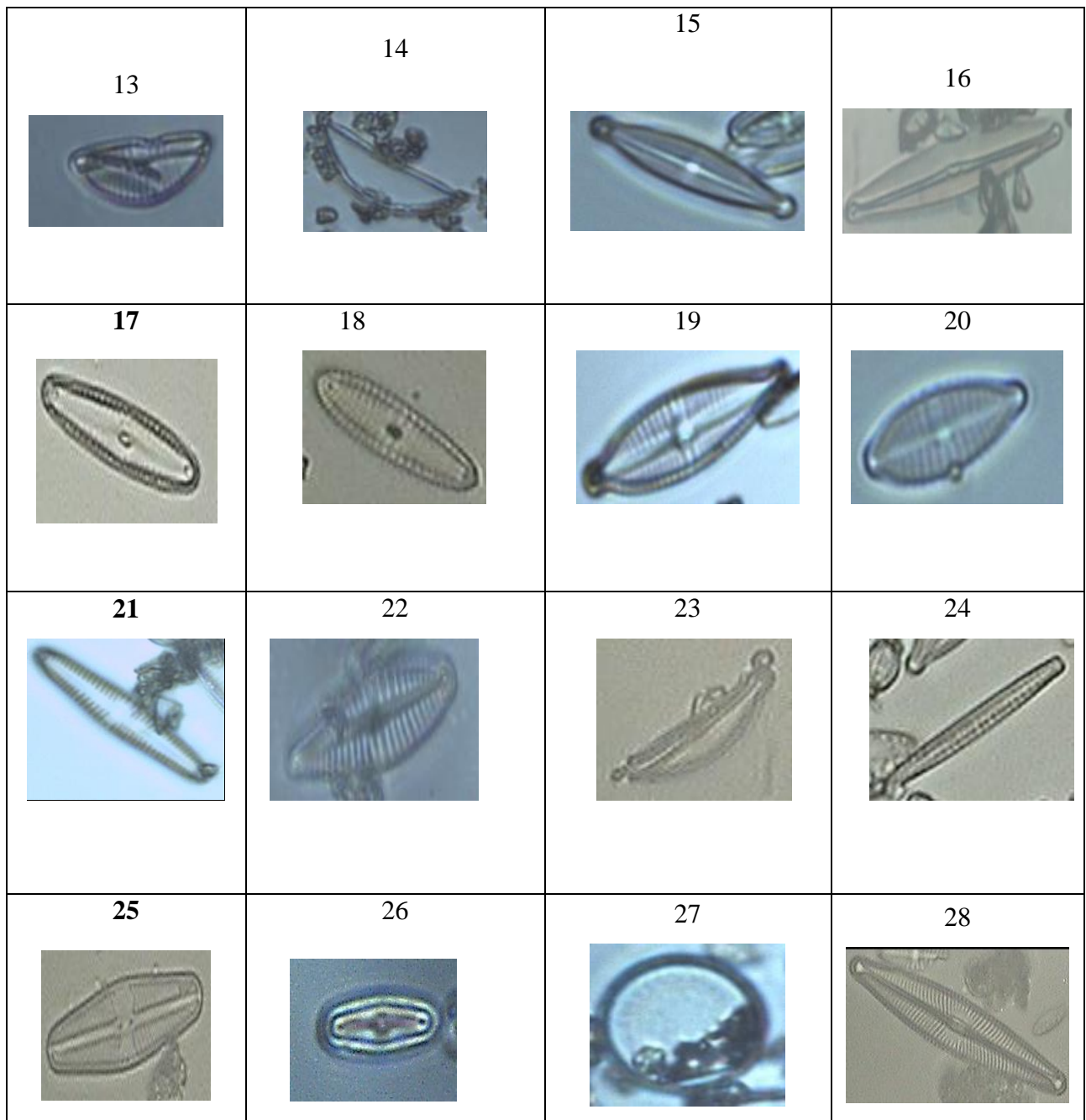
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

ANEXOS 2

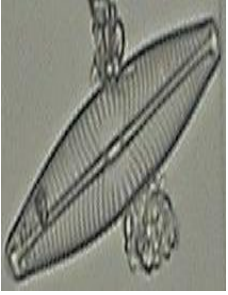






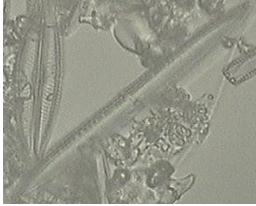


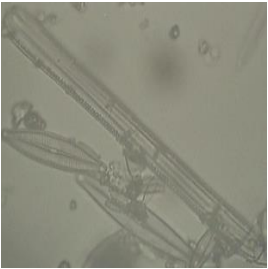

Gráfico 6: Registro fotográfico de especies de diatomeas del río Cutuchi Sector Laso.









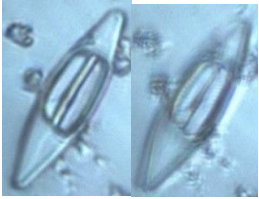





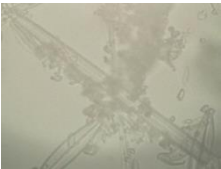
1) *Achnanthisdium straubianum*; 2) *Brachysira vítrea*; 3) *Brachysira microcephala*; 4) *Brachysira Neuexilis*; 5) *Cavinula intractata*; 6) *Cocconeis euglypta*; 7) *Cocconeis placentula*; 8) *Craticula accomoda*; 9) *Cymbella excisa*; 10) *Cyclotella distinguenda*; 11) *Cyclotella meneghiniana*; 12) *Epithemia turgida*.



13) *Encyonema silesiacum*- var *altensis*; 14) *Encyonema silesiaca*; 15) *Encyonopsis microcephala*; 16) *Frustulia romboides*; 17) *Gomphonema pumilum*; 18) *Gomphonema angustum* Agardh; 19) *Gomphonema sphaerophorum*; 20) *Gomphonema parvulum* cf. *saprophilum*; 21) *Gomphonema* cf. *clevei* Fricke; 22) *Gomphoneis pseudookunoi*; 23) *Halamphora montana*; 24) *Krasskella kriegneriana*; 25) *Lemnicola hungarica*; 26) *Mayamaea permitis*; 27) *Melasira varians*; 28) *Navicula angusta*.

<p style="text-align: center;">29</p> 	<p style="text-align: center;">30</p> 	<p style="text-align: center;">31</p> 	<p style="text-align: center;">32</p> 
<p style="text-align: center;">33</p> 	<p style="text-align: center;">34</p> 	<p style="text-align: center;">35</p> 	<p style="text-align: center;">36</p> 
<p style="text-align: center;">37</p> 	<p style="text-align: center;">38</p> 	<p style="text-align: center;">39</p> 	<p style="text-align: center;">40</p> 

29) *Navicula oppugnata*; 30) *Navicula geronimensis*; 31) *Navicula erifuga*; 32) *Navicula cryptocephala*; 33) *Navicula escambia*; 34) *Navicula walkeri*; 35) *Nitzschia inconspicua*; 36) *Nitzschia linearis*; 37) *Nitzschia frustulum*; 38) *Nitzschia hantzschiana*; 39) *Nitzschia recta*; 40) *Nitzschia brevissima*.

<p style="text-align: center;">41</p> 	<p style="text-align: center;">42</p> 	<p style="text-align: center;">43</p> 	<p style="text-align: center;">44</p> 
<p style="text-align: center;">45</p> 	<p style="text-align: center;">46</p> 	<p style="text-align: center;">47</p> 	<p style="text-align: center;">48</p> 
<p style="text-align: center;">49</p> 	<p style="text-align: center;">50</p> 	<p style="text-align: center;">51</p> 	<p style="text-align: center;">52</p> 
<p>53</p> 			

41) *Nitzschia palea* var. *tenuirostris* ; 42) *Planothidium biporum*; 43) *Planothidium lanceolatum*; 44) *Planothidium frequentissimum*; 45) *Psammthidium pennsylvanicum*; 46) *Psammthidium daonense*; 47) *Rhabdonema arctuatum*; 48) *Rhoicosphenia abbreviata*; 49) *Rhoicosphenia- curvata*; 50) *Rhopalodia gibberula*; 51) *Surirella ovalis*; 52) *Surirella angusta*; 53) *Ulnaria ulna*.

Especies no identificadas

54



55



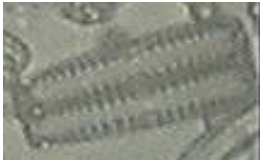
56



57



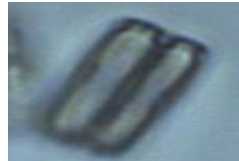
58



59



60



61



62



63



64



65



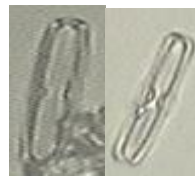
66



67



68



69



54) sp; 55) sp; 56) sp; 57) sp; 58) sp; 59) sp; 60) sp; 61) sp; 62) sp; 63) sp ; 64) sp; 65) sp;
66) sp; 67) sp; 68) sp; 69) sp

Gráfico 7: Análisis de laboratorio físico – químicos del agua.



CASA DEL QUIMICO 2
 LABORATORIO QUIMICO INTEGRAL - SERVICIO PROFESIONAL
 AGUAS – ALIMENTOS – COSMETICOS – SUELOS.

ANALISIS FISICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 703	
Orden de trabajo	No.	703	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml.	500	
Identificación	M1	Agua del Río Cutuchi	
Lugar de toma		Sector Lasso - Frente Novacero	
Cantón Provincia		Latacunga - Cotoipaxi	
Solicita		Srtas. Mercedes Lucero - Monserrath Paredes	
Fecha de muestreo		10-01-17	11h00
Fecha de informe		16-01-17	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.84	S.M. 4500-H+ B
Turbiedad	NTU	8.5	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	765.6	S.M. 2520 B
Sólidos Totales Disueltos	mg / L	490	S.M. 2540 B
Nitritos	"	5	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	50	S.M. 4500-NO3-B
Fosfatos	"	0.52	MAM-17/ APHA 4500-P-C-IOE
Oxígeno Disuelto	"	1.7	MAM-22/APHA 4500-O-C-
Fósforo Total	"	1.86	MAM-17/APHA 4500- P-B IOC IE
Nitrógeno Total	"	0.32	MAM- 45 / MERCK

CASA DEL QUIMICO 2
 LABORATORIO QUIMICO INTEGRAL
 Dr. ENRIQUE VAYAS López, S.C.

ANALISIS: FISICO – QUIMICO – MICROBIOLÓGICO – ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
 CONSULTORIA – TRATAMIENTO DE AGUAS – MATERIAS PRIMAS – REACTIVOS QUIMICOS
 Dr. Enrique Vayas López M.Sc. Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telf: 032422366 – 0984069372
 E –mail: envato50@hotmail.es * AMBATO - ECUADOR



CASA DEL QUIMICO 2

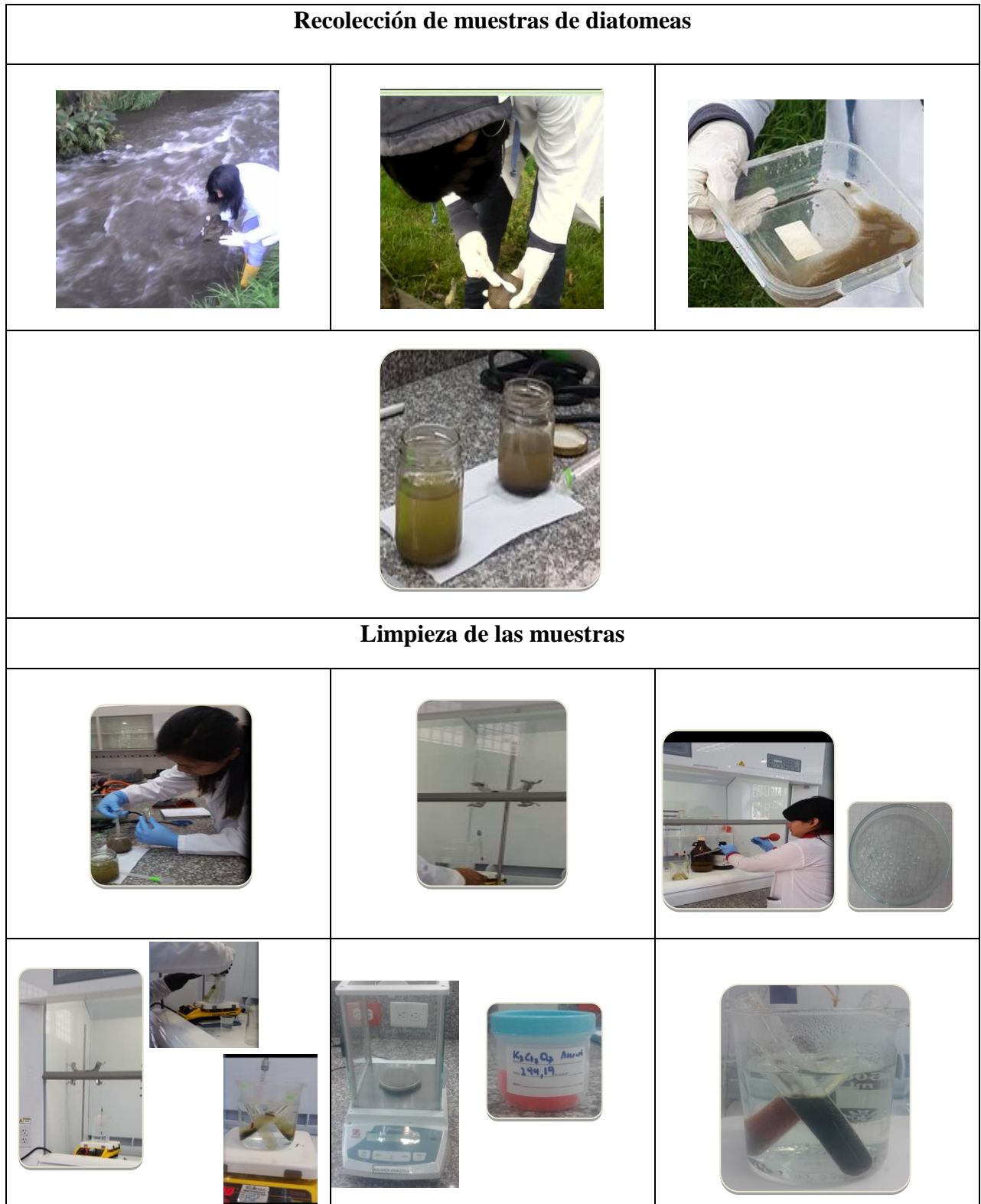
LABORATORIO QUIMICO INTEGRAL - SERVICIO PROFESIONAL
AGUAS - ALIMENTOS - COSMETICOS - SUELOS.

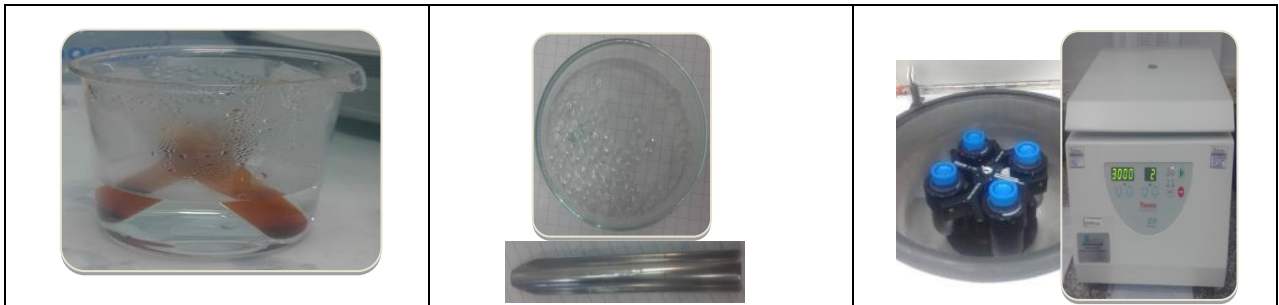
ANALISIS FISICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio		FQA- 727	
Orden de trabajo	No.	727	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	ml.	1000	
Identificación	M2	Agua del Rio Cutuchi	
Lugar de toma		Sector Lasso - frente a Novacero	
Cantón Provincia		Latacunga - Cotoipaxi	
Solicita		Srtas. Mercedes Lucero - Monserrath Paredes	
Fecha de muestreo		07-02-15	16h30
Fecha de informe		13-02-17	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Oxigeno Disuelto	mg /L	7.2	MAM-22/APHA 4500-O C-
D.B.O.	"	2.7	MAM- 38/Apha 5210 B
D.Q.O.	"	4.3	MAM- 23 A Merck 112

CASA DEL QUIMICO 2
LABORATORIO QUIMICO INTEGRAL
Dr. ENRIQUE VAYAS M.Sc.

ANALISIS: FISICO – QUIMICO – MICROBIOLOGICO – ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
CONSULTORIA – TRATAMIENTO DE AGUAS – MATERIAS PRIMAS – REACTIVOS QUIMICOS
Dr. Enrique Vayas López M.Sc. Av. 12 de Noviembre 842 y Maldonado * Telf: 032422366 – 0984069372
E –mail: envalo50@hotmail.es * AMBATO - ECUADOR


Gráfico 8: Metodología de recolección y limpieza de diatomeas.





Identificación microscópica




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI
 Instituto de Estudios de Ciencias Agropecuarias
 y Recursos Naturales
 INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Modelo de ficha para el registro de la información respecto a la muestra, la identificación:
 FICHA DE LABORATORIO - diarreas epidémicas

A. Sitio de muestreo

1. Punto de muestreo: _____
 2. Sitio de muestreo: _____
 3. Curso de agua: _____
 4. Cuenca hidrográfica: _____
 5. Ubicación UTM: _____
 6. Fecha de muestreo: _____
 7. Responsable de muestreo: _____
 8. Condiciones climáticas: _____

B. Preparación de portabacterios

1. Institución: _____
 2. N° de portabacterios: _____
 3. Fecha de preparación: _____
 4. Responsables de los preparativos: _____

C. Identificación taxonómica del número de valvas

Responsables de las identificaciones:

Taxón	N° de valvas




 Universidad Técnica de Cotacachi
 
 Universidad Pedro Antonio de Alarcón

Tabla 10: Beneficiarios del proyecto

NOMBRE DEL DIRECTORIO	PARROQUIA	CANTON	NOMBRE FUENTE(S)	CAUDAL(L/S)	AREA(HA) REGABLE (DOSIS 0,5 L/S)	# USUARIOS	COTA	COORDENADA S-MERCATOR
DIRECTORIO SOLTERO HUAICO NUMERO 3	MULALO	LATACUNGA	Vert. Sin Nombre	7,50	3,75	25	2950	
DIRECTORIO SAN FRANCISCO DE MULALO	MULALO	LATACUNGA	Vert. San Francisco	11,25	5,63	21	2960	
DIRECTORIO CHIRIACU COLCAS	MULALO	LATACUNGA	Quebrada Chiriacu	28,50	14,25	13		
DIRECTORIO MACALO CHICO	MULALO	LATACUNGA	Qda. Burrohuaico o Purgatorio	4,00	2,00	25		Horario(12 horas diarias) 4 l/s
DIRECTORIO EL	MULALO	LATACUNGA		43,35	21,68	14		

MARQUEZ DE MULALO								
DIRECTORI O PATOCOC H A	MULALO	LATACUNGA		13,24	6,62	65		
DIRECTORI O VEINTE Y CUATRO DE MAYO	MULALO	LATACUNGA		6,40	3,20	35		
DIRECTORI O SAN BARTOLO	MULALO	LATACUNGA	Drenajes "Rumipamba Guadalupe"	2,50	1,25	17	2980	Caducada- Trámite
DIRECTORI O CINCO BARRIOS	MULALO	LATACUNGA	Shiñales, Corral Viejo, y Otras	6,05	3,03	270		Copias Estatutos
DIRECTORI O SAN FRANCISCO DE ESPINOZAS	MULALO	LATACUNGA		23	2,62	58		
DIRECTORI O	MULALO	LATACUNGA				43		

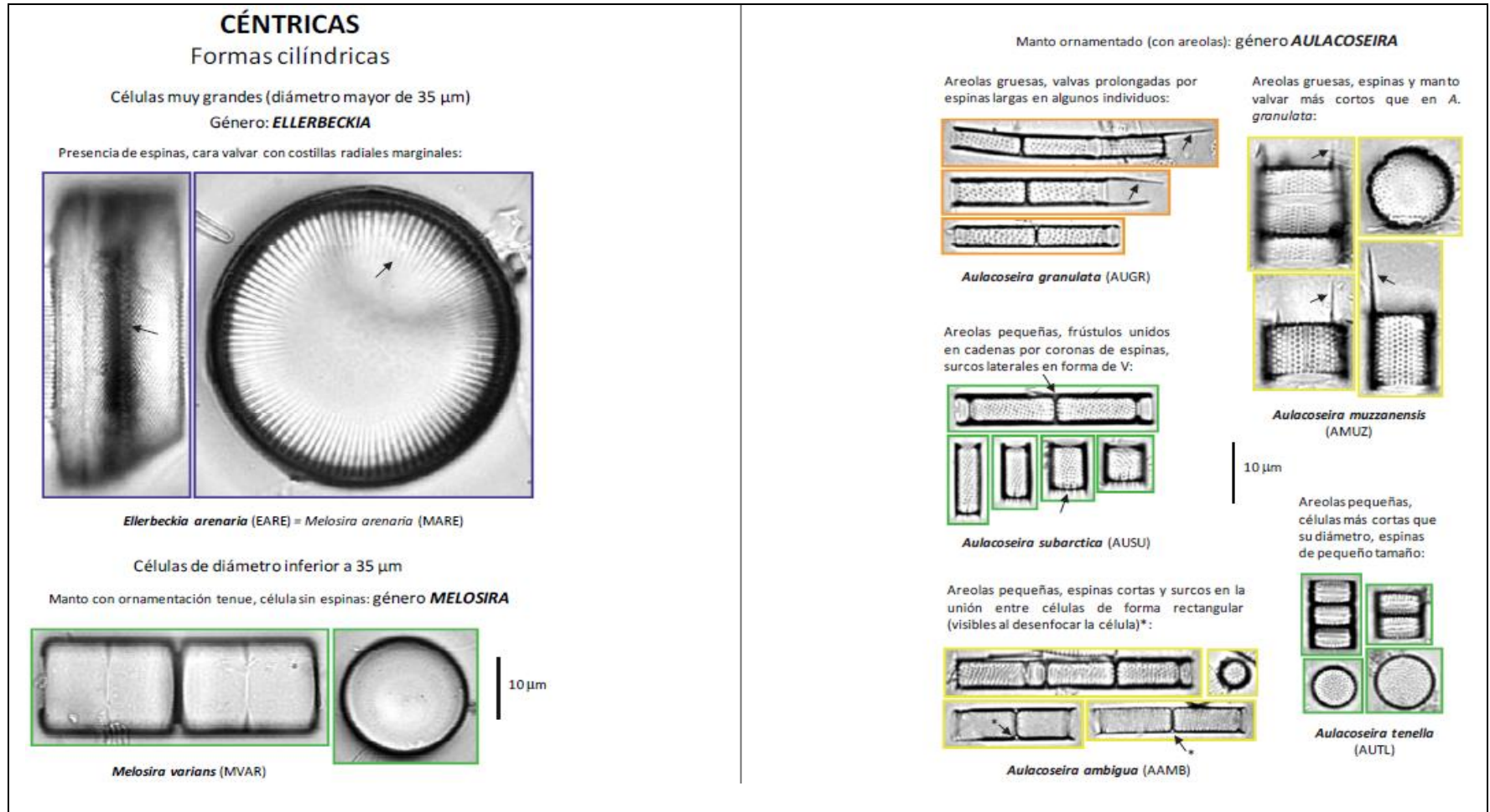
COMUNARI A ALTA Y BAJA				10,37	5,19			
DIRECTORI O CALLO MANCHENO	MULALO	LATACUNGA		5,38	2,69	26		
DIRECTORI O SAN AGUSTIN DE CALLO	MULALO	LATACUNGA	Vert. Chiriacu- Colcas	37,00	18,50	150		
DIRECTORI O PATOCOCH A	MULALO	LATACUNGA		13,24	6,62	92		
DIRECTORI O ASHINGUA- LANGUALO GRANDE	MULALO	LATACUNGA	Vertiente Pujipungo y Otra	24,63	12,32	120	3810	9910500N- 773500E
DIRECTORI O COMUNA SAN RAMON	MULALO	LATACUNGA	Vert. Agua Longo Grande y Otras	26,92	13,46	35	3100	9917500N- 772500E
DIRECTORI	MULALO	LATACUNGA		2,49	1,25	45		

O RUMIPAMB A DE SAN ISIDRO								
DIRECTORI O RUMIPAMB A SUR	MULALO	LATACUNGA	Remanentes Cristobal Gutiérrez	5,30	2,65	12	2940	Caducada
DIRECTORI O MIGÑON PLAZA QUISINCHE BAJO	MULALO	LATACUNGA	Acequia Chimborazo	30,00	15,00	26	3050	9921100N- 768800E
DIRECTORI O COMUNA LANGUALO GRANDE	MULALO	LATACUNGA	Vert. Valle Pungo Grande 1,2 y 3	5,09	2,55	13	4170	919838N- 786523E
DIRECTORI O BARRIO EL CASPI- VIRGEN DEL QUINCHE	MULALO	LATACUNGA	Qda. Sigse Ladera	2,19	1,09	6	3400	9929075N- 774554E
DIRECTORI	MULALO	LATACUNGA	Drenajes	80,00	40,00	12	3040	9918292N-

O UNION Y DESARROL LO COMUNITA RIO SAN FRANCISCO			Mack Toch Hoy Decoflor					767920E
DIRECTORI O SANTA CATALINA	MULALO	LATACUNGA	Vert. Chiriyacu	2,50	1,25	63	3300	9922542N- 774860E

Fuente: Secretaria Nacional del Agua – Latacunga.

Figura 3: Guías de diatomeas



Fuente: Confederación hidrológica del Duero España 2010.