



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD
DEL AGUA EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JUAN, CANTÓN SALCEDO,
PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020”**

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

Autores:

Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

Tonato Unapucha Gabriela Katherine

Tutor:

M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth, con cédula de ciudadanía No. **1805223979**; y, **Tonato Unapucha Gabriela Katherine**, con cédula de ciudadanía No. **0504081068**, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JUAN, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020”**, siendo el **M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos** tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 18 de septiembre del 2020

.....
Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

C.C: 1805223979

.....
Tonato Unapucha Gabriela Katherine

C.C: 0504081068

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 **Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth**, identificada con cédula de ciudadanía N° **1805223979**, de estado civil **Soltera** y con domicilio en Santiago de Píllaro, parroquia San Andrés a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

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

Historial académico:

Fecha de inicio de carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor: M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

Tema: “Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020”.

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 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 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.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA 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 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 CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de septiembre del 2020.

.....
Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

LA CEDENTE

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

EL CESIONARIO

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 **Tonato Unapucha Gabriela Katherine**, identificada con cédula de ciudadanía N° **0504081068**, de estado civil **Soltera** y con domicilio en el cantón Salcedo, parroquia Mulliquindil a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

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

Historial académico:

Fecha de inicio de carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor: M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

Tema: “Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020”.

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 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 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:

- f) 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.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) 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 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 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 CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de septiembre del 2020.

.....
Tonato Unapucha Gabriela Katherine

LA CEDENTE

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

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JUAN, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020”, de Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth y Tonato Unapucha Gabriela Katherine, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 18 de septiembre del 2020

.....

M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

TUTOR DEL PROYECTO

C.C: 0501444582

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por La Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: **Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth y Tonato Unapucha Gabriela Katherine** con el título del Proyecto de Investigación: **“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JUAN, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidas al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 18 de septiembre del 2020

.....
M.Sc. Agreda Oña José
LECTOR 1 (PRESIDENTE)
C.C: 0401332101

.....
M.Sc. Andrade Valencia José
LECTOR 2
C.C: 0502524481

.....
M.Sc. Ruiz Depablos Josseline
LECTOR 3
C.C: 1758739062

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por darme la vida, quien con su bendición y sabiduría enfocaron siempre mi vida para cumplir mis metas, a mi madre por ser incondicional y el pilar fundamental que por su esfuerzo dedicación y humildad me inculcaron valores en el transcurso de mi vida y me apoyo para culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mi Universidad Técnica de Cotopaxi por formar profesionales éticos y humanistas, a los docentes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente por haberme guiado a lo largo de mi carrera y en especial a mi tutor M.Sc. Patricio Clavijo y lectores M.Sc. José Agreda, M.Sc. José Andrade y M.Sc. Joseline Ruiz por su conocimiento y orientación en la elaboración de la investigación.

Quiero expresar un sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por la apertura del Laboratorio de Botánica para la utilización de sus instrumentos para realizar nuestra investigación.

Katty Maiquiza

DEDICATORIA

Este proyecto investigativo se la dedico especialmente a mi madre por ser ese motor de vida, que, gracias a su apoyo incondicional, fortaleza, virtudes y valores inculcados logré culminar mis estudios y ser su orgullo por haber cumplido una meta más, a la memoria de mi padre por guiarme por buen camino y a toda mi familia, amigos quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron. Gracias.

Katty Maiquiza

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida y la sabiduría para seguir adelante y cumplir con mis metas, a mi madre quien ha sido mi pilar fundamental y a toda mi familia los cuales siempre han creído en mí, dándome ejemplo de humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi tutor M.Sc. Patricio Clavijo y a los lectores, M.Sc. Andrade José, M.Sc. Agreda José Luis, M.Sc. Ruiz Joseline por el apoyo y orientación brindada con un profesionalismo ético en la elaboración de mi proyecto investigativo.

Como no agradecer al personal encargado del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por el apoyo brindado al facilitarnos sus instrumentos para realizar una parte de nuestra investigación.

Gabriela Tonato

DEDICATORIA

El presente proyecto investigativo le dedico especialmente a mi madre quien nunca me ha dejado sola y siempre me ha apoyado de manera incondicional, a la memoria de mi padre que desde el cielo me ha guiado para ser una mujer luchadora y responsable, como no a mi querido hijo quien es mi motor para superarme cada día y a toda mi familia quienes nunca me han dejado sola y siempre han confiado en mí.

Gabriela Tonato

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020”.

Autores: Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

Tonato Unapucha Gabriela Katherine

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como finalidad, determinar la calidad de agua en base a indicadores biológicos presentes en el río Yanayacu, cantón San Miguel de Salcedo, provincia de Cotopaxi, en este caso de estudio se consiguió identificar un total de 26 especies de diatomeas epilíticas en el río; se realizó un muestreo en el punto medio (San Juan), con altitud de 2773 msnm, en el mismo que se encontró la presencia de 5 diatomeas epilíticas: *Encyonema lange-bertalotti*, *Gomphonema pumilum* var. *rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*. Para calcular el índice de calidad de agua (ICA) en el mes de febrero se utilizó 9 parámetros físico-químicos y microbiológicos (pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, Coliformes Fecales, Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO5”), que se valoraron a través del programa IQADData, donde en el punto alto se obtuvo un resultado de 53,37 considerado una calificación Regular, punto medio un resultado de 41,75 considerado una calificación Mala y en el punto bajo 35,7 considerado una calificación Mala, posteriormente se comparó el índice trófico de calidad del agua (ITCA) teórico y de tablas; en el punto medio el ITCA teórico obtuvo un valor de 2,0 que comparado con el ITCA de las tablas se encuentra en el rango de 1,5 a 2,5 mostrando un nivel de contaminación moderada β -mesotrófico. Se logró realizar una comparación con diferentes casos de estudios ubicados en la provincia de Cotopaxi de los Ríos Cutuchi, Pumacunchi y Yanayacu.

El presente estudio tiene una correlación con el Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) y del punto medio de la microcuenca del río Cutuchi que asigna una calificación β -mesotrófico - contaminación moderada, mientras que en el Índice de Calidad de Agua (ICA) con una calificación Mala, la misma que no guarda relación con los puntos medios de los ríos Cutuchi (calificación Regular), Pumacunchi y Yanayacu (calificación Muy Mala). Cabe mencionar que los ríos Pumacunchi y Yanayacu desembocan sus aguas en el Río Cutuchi del Cantón Latacunga, al igual que el río Yanayacu del cantón Salcedo.

Palabras claves: Diatomeas epilíticas, Índice de calidad del agua (ICA), Índice trófico de calidad del agua (ITCA).

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "Identification of Epilithic Diatoms associated with water quality in the Yanayacu river, San Juan sector, Salcedo canton, Cotopaxi province, 2020".

Authors: Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

Tonato Unapucha Gabriela Katherine

ABSTRACT

The purpose of the research project is to determine the water quality based on biological indicators present in Yanayacu river, San Miguel of Salcedo canton, Cotopaxi province, AT this study case it was possible to identify a total of 26 species of epilithic diatoms in the river; A sampling was carried out at the midpoint (San Juan), with an altitude of 2773 meters over sea level, in which the presence of 5 epilithic diatoms was found: Encyonema lange-bertalotti, Gomphonema pumilum var. rigidum, Gomphonema parvulum, Gomphonema rhombicum, Hantzschia bacillariophyta. To calculate the water quality index (ICA) in February, 9 physical-chemical and microbiological parameters were used (pH, Temperature, Turbidity, Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solids, Fecal Coliforms, Nitrates, Phosphates, Biochemical Oxygen Demand "BOD5"), which were assessed through the IQADData program, where at the highpoint a result of 53,37 was obtained, considered a Regular rating, midpoint a result of 41.75 was obtained, considered a Bad rating, and lowpoint a result of 35,7 was obtained, considered a Bad rating, later the theoretical and table trophic index of water quality (ITCA) was compared; At the midpoint, the theoretical ITCA obtained a value of 2.0, which compared to the ITCA in the tables is in the range of 1.5 to 2.5, showing a moderate level of β -mesotrophic contamination. A comparison was made with different study cases located at Cotopaxi province of Cutuchi, Pumacunchi and Yanayacu rivers. The present study has a correlation with the Water Quality Trophic Index (ITCA) and the midpoint of the Cutuchi river micro-basin that assigns a β -mesotrophic rating - moderate contamination, while in the Water Quality Index (ICA) with a Bad rating, the same one that is not related to the midpoints of the Cutuchi (Regular rating), Pumacunchi and Yanayacu (Very Bad rating) rivers. It is worth mentioning that Pumacunchi and Yanayacu rivers flow into Cutuchi River from Latacunga Canton, as well as the Yanayacu River from Salcedo canton.

Keywords: Epilithic diatoms, Water quality index (ICA), Water quality trophic index (ITCA).

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. BENEFICIARIOS	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS:	6
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
7. ACTIVIDADES DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	9
8.1. ANTECEDENTES	9
8.2. ECOSISTEMAS LÓTICOS	10
8.3. CALIDAD DEL AGUA	11
8.3.1. CONTAMINANTES DEL AGUA	11
8.3.2. FUENTES DE CONTAMINANTES.....	12
8.4. RÍO YANAYACU.....	14
8.4.1. CONTAMINACIÓN DEL RÍO YANAYACU	14
8.5. EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA	15
8.6. BIOINDICADORES	15
8.7. DIATOMEAS	16
8.7.1. MORFOLOGÍA	16
8.7.2. VENTAJAS DE LAS DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES	17
8.7.3. CLASIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS	18

8.8.	ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA (ICA)	19
8.8.1.	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA “ICA”	20
8.9.	PARÁMETROS A ANALIZAR	21
8.9.1.	FÍSICOS	21
8.9.2.	QUÍMICOS	22
8.9.3.	MICROBIOLÓGICOS	23
8.10.	IQAData	24
8.11.	ArcGIS	24
9.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	25
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL	25
10.1.	SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
10.1.1.	Área de estudio	25
10.1.2.	Descripción del área	26
10.2.	PARÁMETROS DE MUESTREO	27
10.3.	MUESTREO DE DIATOMEAS	28
10.3.1.	Toma de muestras en la fase de campo	28
10.3.2.	Procesamiento de muestras de diatomeas en la fase de laboratorio	29
10.3.3.	Análisis de muestras	30
10.3.3.1.	Observación de especies en el microscopio óptico, identificación taxonómica	30
10.3.3.2.	Procedimiento.....	30
10.4.	ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITCA).....	31
10.5.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	31
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
11.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
11.1.1.	Indicadores Bióticos	32
11.1.1.1.	Índice Trófico de Calidad del Agua	33
11.1.2.	Indicadores Abióticos	35
11.1.2.1.	Interpretación	36
11.1.3.	Índice de Calidad del Agua	45
11.1.4.	Variables que representan mayor impacto en la calificación del índice de calidad del agua (IQA).....	47
11.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50

12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	53
13.	PRESUPUESTO.....	55
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
14.1.	CONCLUSIONES	56
14.2.	RECOMENDACIONES	58
15.	BIBLIOGRAFÍA	59
16.	ANEXOS	65
	Anexo No. 1. Fotografías del punto medio durante el muestreo del mes de febrero del 2020 del río Yanayacu.	65
	Anexo No. 2. Fotografías de los análisis físico-químico y microbiológicos del río Yanayacu del mes de febrero del 2020.	66
	Anexo No. 3. Especies de Diatomeas Epilíticas del Sector San Juan (Parte Media). 67	
	Anexo No. 4. Hoja de vida de autores	72
	Anexo No. 5. Hoja de vida de tutor	74
	Anexo No. 6. Aval de Traducción	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios de Proyecto.....	5
Tabla 2. Objetivos y Actividades.	7
Tabla 3. Fuentes de contaminación por la actividad antrópica.....	12
Tabla 4. Sustancias contaminantes de la industria y sus efectos.	13
Tabla 5. Clasificación diatomeas.....	19
Tabla 6. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....	21
Tabla 7. Ubicación del punto de muestreo del río Yanayacu.....	26
Tabla 8. Especies de diatomeas epilíticas de la parte media.	32
Tabla 9. Relación entre el Índice Trófico de calidad de Agua y la calidad del agua.	33
Tabla 10. Determinación del índice trófico de calidad de agua para la parte media.....	34
Tabla 11. Resultados de Laboratorio de los parámetros fisicoquímicos del río Yanayacu.	35
Tabla 12. Resultados obtenidos de IQA Data de los puntos de muestreo del río Yanayacu.	46
Tabla 13. Análisis comparativo de la Calidad del Agua de los ríos de Cotopaxi mediante los índices ITCA & ICA entre los años 2018,2019,2020.....	51
Tabla 14. Presupuesto.....	55
Tabla 15. Identificación de las especies de Diatomeas Epilíticas del mes de febrero....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del punto de muestreo en la microcuenca del río Yanayacu (Salcedo).	26
Figura 2. pH Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	37
Figura 3. °C Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	38
Figura 4. OD Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	39
Figura 5. Turbidez Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu..	40
Figura 6. Fosfato obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	41
Figura 7. Nitratos obtenidos durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu...	42
Figura 8. Solidos Disueltos Totales obtenidos durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	43
Figura 9. Coliformes Fecales obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	44
Figura 10. Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.	45
Figura 11. Resultados de las muestras ICA, tres puntos de muestreo del río Yanayacu.	46
Figura 12. Variables con mayor impacto obtenidas durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto limpio.....	47
Figura 13. Variables con mayor impacto obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto medio.	48
Figura 14. Variables con mayor impacto obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto sucio.....	49

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Identificación de Diatomeas Epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020”.

Fecha de inicio:

Septiembre 2019

Fecha de finalización:

Agosto 2020

Lugar de ejecución:

Provincia Cotopaxi, Cantón Salcedo, Barrio Yanayacu, Sector San Juan.

Facultad que auspicia

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación de la sostenibilidad ambiental en cuencas hidrográficas de la provincia de Cotopaxi.

Equipo de Trabajo:

Tutor de titulación: M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

Autores:

Maiquiza Ramírez Katty Elizabeth

Tonato Unapucha Gabriela Katherine

Lectores:

1. M.Sc. Agreda Oña José Luis
2. M.Sc. Andrade Valencia José Antonio
3. M.Sc. Ruiz Depablos Joseline Luisa

Área de Conocimiento:

Servicios (Protección del Medio Ambiente).

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Impactos Ambientales.

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión Sostenible de Recursos Naturales y Culturales.

2. INTRODUCCIÓN

Los antecedentes de este proyecto se dieron por lo expuesto en el artículo 21 del Reglamento de Trabajo de Titulación de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, corresponde a la línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

El recurso hídrico es un factor importante en el desarrollo socio- económico del país, prácticamente todas las actividades económicas se encuentran ligadas a los recursos naturales, las mismas que utilizan el agua como un insumo fundamental en sus procesos productivos (agricultura, ganadería, minería, entre otros.)

Según (Isch, 2011) la contaminación del agua afecta al buen vivir de las personas, menciona que a dos mil metros de altitud todos los cauces hídricos que se encuentran en Ecuador se ven alterados, por esta razón se llama a que las autoridades y la ciudadanía actuemos de manera inmediata para prevenir, reducir y mitigar la contaminación, porque el derecho del agua no se refiere solo al acceso de la misma sino que incluye la garantía de calidad del líquido vital.

El objetivo del presente proyecto de investigación es determinar la calidad del agua a base de las diatomeas y los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cabe mencionar que el río Yanayacu del cantón Salcedo tiene una alta relevancia debido a que sectores aledaños utilizan el agua para riego de sus cultivos los mismos que se distribuyen por el cantón, por tal motivo es importante saber qué tipo de agua presenta el río, además se debe considerar que la contaminación es un grave problema, ya que esta afecta de una u otra manera a la flora y fauna que existe en el lugar.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, es evidente que existen vertidos de residuos agrícolas, avícolas, pecuarios y recreacionales, las descargas de aguas servidas y otras actividades antrópicas que van al cauce del río sin ningún tratamiento previo, conduciendo así a la contaminación de las aguas del río Yanayacu, convirtiéndose en un riesgo para la salud de las comunidades asentadas en la rivera del mismo.

Casos de estudios hidrológicos de (Jacome & Rojas, 2008) han determinado los factores que alteran a las cuencas hídricas, y la influencia de las variaciones naturales de los cambios que producen las actividades antropogénicas han hecho que el estudio de los bioindicadores represente una oportunidad para la generación de índices bióticos destinados a evaluaciones de calidad ambiental.

Investigaciones realizadas en Ecuador (zona sub-tropical) por (Lucero & Paredes, 2017), sobre el estudio de Diatomeas Epilíticas, que “posee una gran facilidad en las técnicas de muestreo, y conservación, permitiendo un análisis efectivo en cuanto a la determinación de la calidad del agua”, lo cual conlleva a la población a conocer el tipo de uso que se le puede dar a la misma.

(Heinrich, *et al.*, 2014) mencionan que actualmente las “diatomeas están representadas por aproximadamente 100,000 especies distribuidas en 250 géneros y tienen una amplia distribución geográfica, que ocurre a lo largo de ríos, estuarios, lagos, ambientes marinos”.

En el presente proyecto de investigación, se pudo determinar la calidad del agua, mediante las diatomeas las cuales poseen una pared celular fuertemente silicificada, que no requiere ningún tratamiento especial para su conservación, con una gran facilidad de muestreo y observación. La información generada pueda ser utilizada en otros proyectos investigativos, la misma que ayudará a los habitantes a conocer el nivel de contaminación del cauce hídrico.

Se debe considerar que la conservación de la biodiversidad es un interés común de toda la humanidad y tiene una importancia crítica para satisfacer las necesidades básicas de todos los seres humanos como tal, es por ello que se debe conservar la diversidad de especies cuidándolas, respetándolas y preservando los hábitats y el medio ambiente.

4. BENEFICIARIOS

Tabla 1.

Beneficiarios de Proyecto.

Habitantes del Barrio Yanayacu, Sector San Juan.		Habitantes del Cantón Salcedo	
Hombres	770	Hombres	27880
Mujeres	913	Mujeres	30336
Total	1683	Total	58216

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Fuente: (INEC, 2010)

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación del agua es, sin duda, un grave problema ambiental a nivel mundial debido a las descargas de contaminantes, en afluentes hídricos. El crecimiento industrial, el uso de sustancias químicas, la disposición final inadecuada de residuos sólidos, el consumo elevado de los recursos renovables y no renovables, promueve el deterioro de la calidad del agua, provocando la afectación a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, sin embargo, radica en la falta de aplicabilidad de las normas ambientales.

La demanda mundial de agua continuará aumentando en las próximas décadas, principalmente se verá afectada la agricultura ya que gran parte de las personas se dedica a esta actividad, se dice que el recurso hídrico se encuentra ya en peligro esto se debe a la contaminación que existe. (UNESCO, 2019)

Las condiciones actuales del río Yanayacu están alteradas como consecuencia de los altos niveles de intervención que se produce en la zona, esto se debe al crecimiento poblacional, ya sean estos agrícolas o urbanas, es por ello que se da la demanda de los recursos hídricos, también existe una concesión minera la cual produce de sus máquinas aceites que se vierten directamente al suelo y como consecuencia de las lluvias estos aceites se van al río.

La calidad del agua del río es lamentable, ya que se da las “descargas de las aguas servidas, lo cual llega directamente al cauce hídrico, convirtiéndose en un grave

problema para los habitantes, siendo esta zona agrícola donde utilizan el agua para regar en sus cultivos”(GAD Salcedo, 2014).

El mencionado río contribuye en la contaminación del río Cutuchi, al arrastrar residuos tanto orgánicos como inorgánicos, los mismos que son transportados por el cauce hídrico hacia la parte baja sin ningún tratamiento previo. Alterando así la calidad del agua del río Yanayacu, como la salud de la población, esto se debe a la materia orgánica que son transportados por estas aguas, es por ello que se realizó muestreos en puntos específicos para dar a conocer a la población la calidad de agua gracias a los parámetros fisicoquímicos y diatomeas.

En la actualidad la pérdida de la biodiversidad ha sido un grave problema para la sociedad, ya que en algunos casos se ha dado la extinción de algunas especies provocando así la alteración en los ecosistemas, por ende, afecta también a los humanos ya que existen un sin número de problemas tales como la contaminación, explotación intensiva de los recursos, creciente urbanización, entre otros, es así que todos los seres humanos debemos hacer conciencia de lo que esta pasado en nuestro planeta y ayudando a fomentar la biodiversidad tanto local, regional y nacional, como no apoyar y participar con las organizaciones, instituciones y grupos ambientales para defender y conservar el medio ambiente.

6. OBJETIVOS:

6.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar Diatomeas Epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el sitio de estudio para el muestreo de diatomeas epilíticas y calidad de agua en el río Yanayacu.
- ✓ Caracterizar especies de Diatomeas Epilíticas recolectadas en los distintos puntos de muestreo en el sector San Juan del río Yanayacu.
- ✓ Realizar un análisis comparativo entre las especies de Diatomeas Epilíticas encontradas en el cauce del río y su correlación con los resultados obtenidos del Índice de Calidad de Agua en los diferentes ríos de la provincia de Cotopaxi.

7. ACTIVIDADES DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.

Objetivos y Actividades.

Objetivos Planteados en la investigación	Actividades	Resultado de cada actividad	Descripción de la actividad
Determinar el sitio de estudio para el muestreo de diatomeas epilíticas y calidad de agua en el río Yanayacu.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación del punto de muestreo. • Toma de muestras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Georreferenciación • Muestras 	<p>Técnica:</p> <p>1.- Identificar los puntos de muestreo</p> <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GPS • Multiparámetro • Cámara fotográfica <p>2.- Observación de campo Se realizó una georreferenciación del sitio de estudio, por lo que se tomará en cuenta los distintos grados de contaminación a lo largo del cauce del río Yanayacu.</p> <p>3.- Obtención de las muestras limpiando las rocas superficiales en el punto de muestreo.</p>
Caracterizar especies de Diatomeas Epilíticas recolectadas en los distintos puntos de muestreo en el sector San Juan del río Yanayacu.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de las muestras recolectadas en la fase de laboratorio. • Microscopia y análisis de las muestras. • Revisión bibliográfica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de especies de diatomeas epilíticas identificadas. • Parámetros de calidad del agua. 	<p>Técnica:</p> <p>1.- Limpieza y tratamiento de las muestras siguiendo la metodología del Dr. Lobo.</p> <p>2.- Observación microscópica en el laboratorio.</p> <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de campo • Cuaderno de campo <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GPS • Cámara fotográfica

<p>Realizar un análisis comparativo entre las especies de Diatomeas Epilíticas encontradas en el cauce del río y su correlación con los resultados obtenidos del Índice de Calidad de Agua en los diferentes ríos de la provincia de Cotopaxi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizó en un laboratorio acreditado los parámetros fisicoquímicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de los parámetros analizados. 	<p>Reactivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada <p>En el proyecto se emplea la técnica de observación microscópica en el laboratorio, ya que facilita la identificación en cuanto a la fisiología de las muestras.</p> <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gafas protectoras • Mandil • Mascarilla <p>Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microscopio • Centrifuga <p>Reactivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naphrax • Ácido sulfúrico (H₂SO₄) • Ácido clorhídrico (HCl) • Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) <p>Técnica:</p> <p>Comparación de las especies de diatomeas con el índice de calidad del agua.</p> <p>Equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Tabla del programa ITQA.
---	---	---	---

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. ANTECEDENTES

A nivel mundial para evaluar la calidad de agua de los ríos utilizaban bioindicadores como macroinvertebrados, peces, bosques de ribera y análisis fisicoquímicos, diversas investigaciones relacionadas con la utilización de diatomeas para determinar la calidad de agua, son muy amplias especialmente en el continente europeo, y en algunos países como parte de la legislación para el control de la calidad del agua en sus principales cuencas hídricas.

A nivel internacional se encuentra el estudio para evaluar la calidad del agua en los ríos principales de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá mediante la identificación y análisis de diatomeas, en particular las Diatomeas son buenas indicadores de la calidad ambiental y por ende de un recurso hídrico, a la vez consideradas como algas muy abundantes en los ecosistemas fluviales, con distribución geográfica amplia y capacidad de colonizar ambientes en condiciones extremos (ecosistemas muy contaminados, ríos de alta montaña, etc.). (Soler, *et al.*, 2012)

En Perú, estudios determinan la calidad de agua de la cuenca del río Locumba, arrastrando sedimentos característicos que recorren zonas andinas, que provienen de efluentes de aguas residuales de alcantarillado, industrias y agroquímicos:

Con los análisis físicos-químicos y el Índice de Shannon, que son considerados un buen indicador de impacto que produce al ambiente, se evaluó la diversidad y número de diatomeas para determinar el grado de contaminación del agua, se formula una escala de valores de diversidad para cada nivel de contaminación, que van de 0 a 4 bits, en donde de 0 - 1 bits existe una contaminación severa, entre 1 - 2 bits es una contaminación moderada, entre 2 - 3 bits como contaminación leve y entre 3 - 4 bits la contaminación del agua es imperceptible, en los cuerpos de agua. (Calizaya, *et al.*, 2013)

Las Diatomeas son buenas indicadoras biológicas de un sistema hídrico, por su rápida respuesta a los cambios de las condiciones ambientales, son sensibles a la presencia de contaminantes:

Esto se debe a sus poblaciones que son susceptibles 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, que posee una gran facilidad de muestreo, observación y conservación de muestras, ya que es un proceso reciente y de gran facilidad. La identificación taxonómica de cada especie se realizó con guías de identificación regional y local, y así poder determinar los valores tróficos de las especies de diatomeas para Ecuador, que permitan calcular el índice trófico de calidad de agua. (Quishpe, 2018)

El incremento de la contaminación es debido al crecimiento poblacional en las localidades, el deterioro del recurso hídrico provoca realizar investigaciones y determinar en qué estado se encuentra las aguas del río Cutuchi.

Para determinar la calidad del agua se basó de la identificación de diatomeas epilíticas, a través de la recolección de muestras las cuales indican el grado de contaminación del Río Cutuchi, con ello tomar en cuenta un análisis físico-químicos para la verificación de parámetros aptos para agua de riego estipulados en los libros del TULSMA. (Fonseca & Silva, 2017)

8.2. ECOSISTEMAS LÓTICOS

Los ecosistemas lóticos (ríos, arroyos, riachuelos) se “caracterizan porque en ellos, el agua muestra un movimiento definido, continuo e irreversible. Además, se clasifican en naturales (Manantiales, Canales de riego, Ríos, Canales fluviales, Quebradas, Caños, Estuarios, Arroyos y Riachuelos) y artificiales (Canales de riego y Canales fluviales)” (Toro, et al., 2009).

Las aguas continentales, por su flujo unidireccional se distinguen de otros sistemas acuáticos, estos forman redes hidrológicas que capturan el agua gradualmente, pero se incluyen los suelos y aguas subterráneas. Existen algas que se encuentran unidas a un sustrato las mismas que habitan de forma exitosa los ambientes lóticos, dado que han creado una enorme diversidad de estructuras especializadas en la fijación al sustrato e impiden ser arrastradas por la velocidad de la corriente. (Bojorge & Cantoral, 2016)

8.3. CALIDAD DEL AGUA

Las características químicas, físicas, microbiológicas evalúan la calidad del agua, las mismas que presentan condiciones ambientales que deben tener el agua para que esté en un ecosistema equilibrado por eso:

Debe cumplir determinados objetivos de calidad ecológica, al igual que la evaluación de requerimientos para su uso, aprovechamiento del recurso hídrico y la conservación de los ecosistemas, ya que el impacto humano ha originado problemas en el control de la calidad del agua, con la utilización de fertilizantes en la agricultura por el exceso de nitrógeno y fósforo en el agua superficial, provocando excedentes de nutrientes ya que son alimento de plantas y que causa una baja calidad del agua. La regulación y el control integral hídrico para su uso, aprovechamiento y destino del agua y en base a ello evaluar su cantidad y calidad en fuentes hídricas y zonas de recargas. (Secretaría del Agua, 2016)

8.3.1. CONTAMINANTES DEL AGUA

Las diferentes actividades económicas que utilizan el agua, influyen en el ciclo hidrológico o cambian las propiedades de las cuencas hídricas, que altera la calidad del agua.

La contaminación del agua se debe a los derrames de fluidos en un sistema hídrico (mar, río, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua, por propiedades químicas (sustancias disueltas), físicas (variaciones en la temperatura) y biológicas (variaciones en la presencia de seres vivos) del agua, que caracterizan al recurso agua, que al ser excedidos causan daños a la salud, y al ambiente. (Galarza, 2017)

La alteración de los componentes físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, comparados con valores referenciales permiten evidenciar “la contaminación para establecer las posibles fuentes de origen y desarrollar estrategias para mejorar la calidad del recurso hídrico. Las alteraciones del ecosistema hídrico, la disminución del caudal, el cambio climático y la sobreexplotación de los recursos hídricos”, influyen en los componentes para una mala calidad de agua (Gil, *et al.*, 2012).

8.3.2. FUENTES DE CONTAMINANTES

La principal fuente de afectación de la calidad del agua proviene de las descargas de aguas residuales, ya que es una “fuente de contaminación por la falta de alcantarillado o el tratamiento posterior a su uso por falencias en cobertura de saneamiento y hay que considerar que el tratamiento técnico de vertidos y las fuentes de contaminación afecta al ciclo del agua” (Gamarra, *et al.*, 2018). Las sustancias químicas disueltas en el agua tienen la posibilidad de pasar de forma sencilla desde los ríos a lagos, acuíferos y al mar, por lo cual es muy complicado su control y limpieza cuando estos ya se están en el agua.

Tabla 3.

Fuentes de contaminación por la actividad antrópica.

Fuentes	Contaminantes
Agricultura	Plaguicidas, fertilizantes
Aguas residuales de industrias	Químicos, metales pesados, aceites, detergentes, etc.
Aguas residuales urbanas y domésticas	Materia orgánica, residuos orgánicos e inorgánicos, detergentes, aceites, etc.

Fuente: (Korbut, 2012)

a) Contaminación agrícola

Compuestos que se utilizan en la agricultura para que desaparezcan de las plantas y animales dañinos para los cultivos (insectos, hongos, malas hierbas) los mismos que pasan al suelo y tiene la posibilidad de ser arrastrados con el agua de lluvia o el agua de riego, y la contaminación alcanzan a ríos, lagos, mares, incluso a las aguas subterráneas por la fácil absorción del suelo. Son sustancias que producen alteraciones en el equilibrio biológico y se acumulan en los organismos, provocando su envenenamiento, así mismo, las aguas contaminadas de esta forma ya no pueden ser utilizadas por el ser humano. (Isch, 2011)

En el caso de los fertilizantes, como compuestos de nitratos y fósforo, también son arrastrados por el agua, que alcanzan los ríos, mares y lagos.

Las algas realizan su ciclo de vida vegetal, los fosfatos ayudan al crecimiento, cuando mueren y se descomponen, consume el oxígeno disuelto del agua, esto hace que los peces no puedan respirar y mueran, este proceso se denomina eutrofización. Compuestos muy tóxicos son los nitratos porque cuando alcanzan las aguas subterráneas, no son aptas para el consumo del ser humano. (Espinosa, 2014)

b) Vertidos industriales

La industria es la principal fuente de contaminación del agua ya que produce contaminantes perjudiciales para la salud humana y al medio ambiente.

Las aguas residuales industriales son vertidas directamente sin depurar a ríos, lagos, mares o sobre el suelo, y los contaminantes tóxicos tienen la posibilidad de infiltrarse en aguas subterráneas. Estas sustancias contaminantes (Amianto, Plomo, Mercurio, Nitratos y Fosfatos) son muy variadas y sus efectos también. (Guadarrama, *et al.*, 2016)

Tabla 4.

Sustancias contaminantes de la industria y sus efectos.

Sustancias contaminantes	Efectos
Metales pesados	Son muy tóxicos y se acumulan en los organismos los mismos que pueden causar enfermedades al ser humano.
Compuestos químicos	Producen la extinción de la vida acuática ya sean estos en los ríos y mares.
Aceites y espumas	Se cumulan en la superficie del agua provocando la contaminación de los ríos.

Fuente: (Korbut, 2012)

C) Aguas residuales urbanas

Son aguas procedentes del alcantarillado ya sean estas de ciudades y pueblos que se vierten sin depurar en ríos y mares. Las aguas residuales urbanas ayudan a que se produzca la eutrofización las mismas que contienen:

Materia orgánica, nitratos y fosfatos los que producen como residuos sólidos los plásticos que pueden ser ingeridos por animales produciendo su muerte, también aceites y espumas que generan el mismo efecto en vertidos industriales, por presencia de organismos que proceden de heces fecales que pueden producir anomalías a la salud. (Cisneros, *et al.*, 2010)

8.4. RÍO YANAYACU

Río Yanayacu nace en las vertientes de la parte más alta de la cordillera central con el nombre Quillopacha en el sector del Parque Nacional Llanganates.

Ubicado al lado sur occidental aproximadamente con 13.732 ha, constituye el límite entre los cantones de San Miguel de Salcedo y Santiago de Píllaro, los mismos que están divididos por sectores y barrios, el incremento poblacional aumenta el volumen de las descargas residuales domésticas, desechos ganaderos y agrícolas al cauce, lo cual provoca una alteración en la calidad de agua. Las aguas del río Yanayacu desembocan en el río Cutuchi al sur del Cantón Salcedo por el sector Yachil donde se ubica una mina de áridos y pétreos. (GAD Salcedo, 2014)

8.4.1. CONTAMINACIÓN DEL RÍO YANAYACU

La microcuenca se está deteriorando por los consecuentes contaminantes que son ocasionados por la población como se da los vertidos de residuos agrícolas y pecuarios, las descargas de aguas servidas y otras actividades antrópicas sin un previo tratamiento, que están ubicadas en las riberas del cauce hídrico. Las autoridades tienen soluciones, sin embargo, no ejercen un control a estos contaminantes que están afectando paulatinamente al río, es por ello que los habitantes ven al río como una fuente de evacuación de todas las aguas servidas, entre otros y no se dan cuenta que esta agua es

utilizada para regadío en las zonas agrícolas, que se encuentran en los cantones.(GAD Salcedo, 2014)

8.5. EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La calidad biológica surge a partir de la composición de las comunidades de organismos las cuales:

Se ven beneficiadas por los factores del agua: físicos, químicos y biológicos. Existen organismos vivos que pueden habitar en los cursos de agua presentando adaptaciones evolutivas a condiciones ambientales y unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Presentando organismos "sensibles" que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como "intolerantes", que pueden llegar a morir, mientras que otros, que son "tolerantes" no se ven afectados. Los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, aun si la perturbación no sobrepase el umbral letal, dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. (Pérez, 2010)

(Hahn, *et al.*, 2009) mencionan que “los microorganismos dependen de las condiciones de su hábitat es por ello que se ven afectados por los contaminantes que se encuentran en los ríos ya sea por causas naturales como por factores externos, los mismos que degradan la calidad natural del agua siendo ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación”

8.6. BIOINDICADORES

Los bioindicadores son organismos para determinar el nivel y evolución de la contaminación presente en un ecosistema, tienen sensibilidad diferencial a sustancias contaminantes. “Las diatomeas epilíticas tienen características para convertirse en organismos idóneos como indicadores ecológicos” (Piña, *et al.*, 2019).

Para evaluar la calidad biológica mediante comunidades de diatomeas, el método es reciente, a comparación con estudios de otras comunidades bióticas, los mismos que utilizan para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas, porque son los más indicados y representativos de las propiedades químicas del agua. (Hahn, *et al.*, 2009)

8.7. DIATOMEAS

Según la (Universidad de León, 2014) “Las diatomeas son algas compuestas por un 60% de silicio y con una pared celular muy pronunciada, debido a que la célula se encuentra protegida por una cubierta de silicio llamado frústulo que le dan dureza y firmeza”.

La (Confederación Hidrográfica del Duero, 2010) menciona que el frústulo se forma por dos mitades que se acoplan entre sí;

Siendo estas las tecas, las cuales la superior es siempre mayor y cubre parcialmente a la inferior. Las tecas están formadas por una valva y un cingulo, creándose en la valva numerosas ornamentaciones las mismas que permiten la identificación taxonómica. Cumpliendo un papel primordial en la cadena trófica como productor primario en lugares donde habitan las especies acuáticas.

Las diatomeas son importantes porque constituyen la base de las cadenas tróficas acuáticas tanto en agua dulce como en hábitats marinos, al igual que contribuyen en la fijación del carbono atmosférico, además (Verger, 2017) considera que la “actividad fotosintética de las diatomeas es capaz de aportar entre un 20% y 40 % de oxígeno en la tierra. Se las usa como bioindicadores de calidad del medio en el que se encuentran”.

8.7.1. MORFOLOGÍA

Las diatomeas están estructuradas por valvas que en muchas especies están atravesadas por un delgado surco llamado rafe, que pasa por una teca hasta el protoplasto.

La locomoción de las células es posible gracias a la hendidura del rafe, ya que dentro de ella se halla un orgánulo en forma de cinta, la misma que se encuentra formado por fibras, las cuales se puede contraerse rítmicamente, y realiza la secreción en los poros, los que se desplazan a través de la hendidura, estos están recto al rafe, donde hay series de líneas perforadas llamadas areolas, la sucesión de estas en cada línea forman una estría. (Guzmán & Leiva, 2015)

Para (Blanco, et al., 2010) el protoplasto ocupa un espacio delimitado por la pared celular silíceica. “El núcleo está dentro de la célula y los cloroplastos tienden a ser marginales, encontrándose en las diatomeas con rafe de forma redonda y en la mayor parte de las diatomeas céntricas”.

Los cloroplastos presentan cuatro pigmentos distintos: “clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila, a los lados de un puente plasmático central se observan dos vacuolas de tamaños considerables. Están compuestos por productos como aceites, acumulados formando gotas que sirven de flotabilidad para las diatomeas planctónicas”.(Confederación Hidrográfica del Duero, 2010)

La morfología de las diatomeas es una de las partes más fundamentales en la práctica a realizarse, gracias a su información teórica se pudo distinguirlas por su forma, tamaño y estructura.

8.7.2. VENTAJAS DE LAS DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES

Ubicuidad: Según (Blanco, et al., 2010) “las diatomeas se encuentran presentes en todo momento en los habitats acuáticos, desarrollándose de formas vitales, por lo que pueden ser empleadas como bioindicadores en todo ecosistema donde el agua sea parte del biotopo”.

Cosmopolitanismo: (Inca, 2014) ha determinado que las “diatomeas se encuentran distribuidas por todo el mundo, desde los polos hasta las regiones desérticas, tanto en aguas dulces como en mares, aguas salinas, termales e hipersalinas, con distintas variaciones en las condiciones ambientales”.

Bajo grado de endemismo: existen familias de grandes especies que se encuentran con abundancia en todo el planeta, por esta razón aparecen muchos “índices diatomológicos que tienen aplicabilidad universal, lo que permite tener estudios comparativos entre regiones diferentes, que en otros casos son inviables” (Gonzales, 2019).

Precisión estadística: Presentan “índices que 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 da una mayor fiabilidad y precisión de estos métodos desde el punto de vista estadístico (Guzmán & Leiva, 2015).

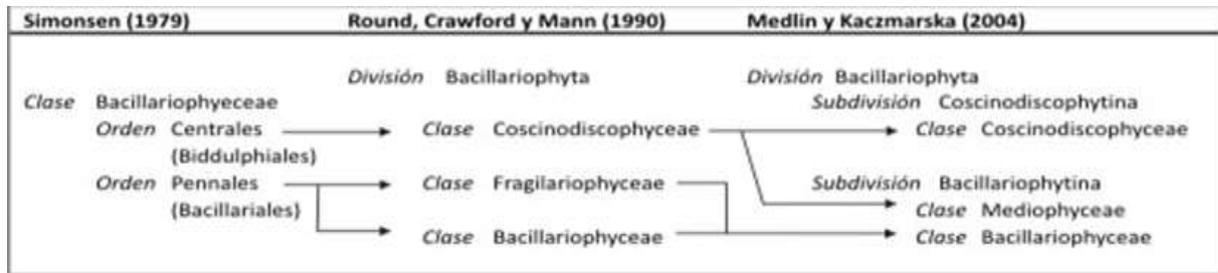
Ciclos vitales: las diatomeas se caracterizan por sus ciclos vitales cortos y semejantes y, al ser microorganismos unicelulares, se reproducen con simplicidad presentando una respuesta inmediata a eventuales cambios en condiciones del medio. “Por lo tanto, la calidad biológica del recurso hídrico durante determinados períodos de tiempo, en condiciones puntuales se ven reflejados en un estudio físico - químico” (Savada & Purves, 2009).

8.7.3. CLASIFICACIÓN DE LAS DIATOMEAS

Menciona (Lozano, *et al.*, 2010) que las diatomeas se dividen en dos grandes grupos por su morfología, las cuales son de tipo céntricas las mismas que presentan valvas siendo estas radialmente simétricas y de tipo pennadas con valvas bilateralmente simétricas, éstas forman parte a una división de tres clases, la “clase Coscinodiscophyceae, donde se encuentran las diatomeas céntricas, las clases de especies Bacillariophyceae y clases Fragilariophyceae dentro de las cuales se agrupan las diatomeas pennadas.

Existen tipos de clasificación de las diatomeas epilíticas, los cuales dividen a estos organismos en dos grupos principales:

Para (Medlin & Kaczmarska, 2004) ellos siguieron un “proceso morfológico, basado en la simetría de la valva y la presencia del rafe. Consideraron que solo un tipo de clasificación ha tomado en cuenta la genética del ácido ribonucleico ribosomal de varias especies”.

Tabla 5.*Clasificación diatomeas.*

Fuente: Cuadro comparativo de la clasificación de diatomeas. (Medlin & Kaczmarska, 2004)

Según (Cubas, 2008) da a conocer que dentro del grupo de las diatomeas existen varias especies que pueden realizar fotosíntesis, las cuales presentan pigmentos como beta caroteno, también presentan clorofila de tipo a y tipo c. Las gotas lipídicas y un hidrato de carbono soluble se las considera como sustancias de reserva, algunas diatomeas son capaces de vivir en medios donde llega poca luz, y donde existe niveles altos de materia orgánica como es el caso de algunos fondos marinos, es así que en estas condiciones algunas presentan metabolismo heterótrofo.

8.8. ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA (ICA)

El índice de calidad de agua es una herramienta que permite diagnosticar el grado de contaminación de un cuerpo de agua. “Esta metodología fue desarrollada por la Fundación Nacional de la Ciencia en los Estados Unidos de Norteamérica” (Rubio & Ortiz, 2014). Se le considera como una herramienta eficaz para la obtención y comparación de resultados.

El índice de calidad de agua es utilizado para establecer “las tendencias en los cambios del agua en puntos particulares de los ríos a través del tiempo; facilitando la interpretación sobre la calidad de un ambiente cualquiera (como un río) de forma integral y única” (Torres, et al., 2009).

Para calcular el ICA se lo determina mediante nueve parámetros, los cuales son:

- ✓ Coliformes fecales
- ✓ DBO5
- ✓ Fosfato total
- ✓ Nitratos
- ✓ Oxígeno disuelto
- ✓ pH
- ✓ Sólidos totales disueltos
- ✓ Temperatura
- ✓ Turbidez

El ICA se calcula mediante una multiplicación ponderada de la calidad del agua la cual corresponde a cada parámetro evaluado, utilizando las siguientes formulas:

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

Fuente: (SNET, 2016)

Donde q_i es la calidad del i -ésimo parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido de la respectiva "curva promedio de variación de calidad", en función de su concentración o medida.

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

Fuente: (SNET, 2016)

Donde w_i es el peso correspondiente al i -ésimo parámetro, un número entre 0 e 1, atribuido en función de su importancia para la configuración global de calidad. (SNET, 2016)

8.8.1. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA "ICA"

El "ICA" presenta un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua de tipo "General" se clasifica de acuerdo a la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla 6.*Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.*

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 A 100
Buena		71 A 100
Regular		51 A 70
Mala		26 A 50
Pésima		0 A 25

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela**Fuente:** Lobo, José. Evaluación de los Contaminantes del Cerrón Grande PAES 2002.

- Las aguas con “ICA” mayor que noventa son capaces de tener una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua puede ser utilizada para consumo humano.
- Las aguas con un “ICA” de calificación Regular tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y pueden aumentar con frecuencia el crecimiento de las algas.
- Las aguas con un “ICA” de calificación Mala pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida de las especies y presenta un grado de contaminación.
- Las aguas con un “ICA” de calificación Pésima pueden apoyar una cifra limitada de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y no se podría utilizar en actividades que implican el contacto directo con ella ni para el consumo humano. (SNET, 2016)

8.9. PARÁMETROS A ANALIZAR

8.9.1. FÍSICOS

pH. - Determina si una sustancia tiene acidez, basicidad o simplemente es neutra, calculando el número iones hidrógeno presentes.

El pH comprende una escala que va desde 0 a 14, representa la acidez o alcalinidad del cuerpo de agua, configurándose de 0 a 7 como una sustancia ácida y desde 7 a 14 se considera como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al dióxido de azufre, y dióxido de carbono disueltos. Las aguas residuales en muchas ocasiones presentan un pH ácido. (AEFA, 2017)

Temperatura. – Es un parámetro que mide el estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía, “siendo este un factor importante en los procesos que se llevan a cabo en los medios biológicos” (Mora, *et al.*, 2007).

La temperatura del agua según (Ecofluidos Ingenieros, 2012) intervendrá en la “cantidad de oxígeno que se encuentra en el agua ya que a mayor temperatura se acelerará el proceso fotosintético, así como la remoción de materia orgánica”.

Turbidez. – Se la considera como un buen indicador del agua, esta mide el “nivel donde el agua pierde su pureza por la presencia de partículas ya sean está en suspensión, a la vez determina la claridad del agua, mientras más sucia se encuentre, el nivel de turbidez será más alto” (González, 2011).

Sólidos totales disueltos (STD). – Para (Singler & Bauder, 2012) “los sólidos disueltos son compuestos inorgánicos que están presentes en el agua los mismos que determinan la proporción de sales que tiene dentro de un cuerpo hídrico. Se mide en milgranos sobre litro”.

8.9.2. QUÍMICOS

Demanda bioquímica de oxígeno DBO5. - Indica la cantidad de oxígeno disuelto que utilizan los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. “Es una medida de la contaminación del agua por materia orgánica indicando la cantidad total de oxígeno consumida por los organismos durante cinco días de degradación” (Ruíz & Lecca, 2014).

Oxígeno Disuelto. – Para (Pulla, 2007) “el OD se da gracias a la disolución del oxígeno atmosférico que pueden realizar los organismos acuáticos, el mismo que está disuelto en el agua siendo este esencial para riachuelos y lagos saludables”, por lo tanto, es consumido por la respiración de organismos y demanda de materias orgánicas, produciéndose un balance dinámico en la concentración de oxígeno en el agua. Si los niveles de oxígeno son bajos, los microorganismos no van a poder sobrevivir.

Nitratos. – Según (Palomares, 2015) menciona que los nitratos son iones los cuales están formados por átomos de oxígeno, con:

Carga negativa (NO_3^-), sin color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia en este caso en las aguas superficiales como en las subterráneas se produce a consecuencia del ciclo del nitrógeno. Su importancia en el agua está relacionada con el impacto que puede causar en la salud de las personas ya que en algunas ocasiones puede ser tóxico y llevarlos incluso a la muerte.

Fosfatos. – Para (Ortega & Acosta, 2016) los fosfatos forman “sales poco solubles y se precipita muy fácilmente como fosfato de calcio, el mismo que contribuye a la alcalinidad del agua, es por ello que se dice que en el agua no hay más de un miligramo sobre litro de fosfatos, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados”.

8.9.3. MICROBIOLÓGICOS

Coliformes fecales. – “Soportan temperaturas hasta de 45°C , comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad” (Larrea, *et al.*, 2013), ya que son de origen fecal. Los mismos que están representados por el “microorganismo *Escherichia coli*, teniendo en cuenta que se pueden encontrar exclusivamente en las heces de los animales de sangre caliente ya que forman parte de la flora intestinal” (Alkemi, 2019). Cuando estas bacterias se encuentran en el agua, indican que están contaminadas por heces fecales las cuales pueden ser perjudiciales para la salud de las personas.

8.10. IQAData

Es un software que utilizan para el “desarrollo y aplicación de diferentes índices de calidad del agua, desarrollado por el Programa de Maestría en Sistemas y Procesos Industriales en asociación con el Departamento de Biología y Farmacia de la Universidad de Santa Cruz del Sur” (Posselt & Adilson, 2010).

Es una nueva versión lanzada en octubre de 2010, que fue ampliamente aceptada por estudiantes, investigadores y profesionales de recursos hídricos, el software se presenta en cuatro idiomas (alemán, español, inglés y portugués) y proporciona al usuario el índice UNISC, desarrollado a partir de estudios de monitoreo de la calidad del agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Pardo, Río Grande do Sul , Brasil. (Posselt & Adilson, 2010)

8.11. ArcGIS

Él (Sistema de información geográfica, 2010) es un programa que permite “catalogar, gestionar, investigar, analizar la información contenida en el sistema y a la vez realizar mapas sin ninguna complicación y finalmente distribuir la información. Es considerado como una plataforma mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica”.

ArcGIS puede ser utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio, ya sean estos para sectores del gobierno, empresas, educación y diferentes medios. Permite que la información geográfica esté accesible para cualquier usuario sin ninguna restricción.

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Existe una relación directa entre las especies de Diatomeas Epilíticas encontradas y la calidad de agua del sector San Juan, Río Yanayacu?

Mediante la identificación de Diatomeas Epilíticas encontradas en el sector San Juan se determinó distintas especies tales como (*Encyonema large-bertolatti*, *Gomphonema pumilum var. Rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*), que se desarrollan en un ecosistema acuático limpio, moderado o sucio, sin embargo, el análisis de calidad biológica de agua indica una contaminación moderada (2,00 = β -mesotrófico), mientras que el índice de calidad de agua mediante los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados, indica una calidad de agua mala con un valor de IQA 41,75, la cual las variables de mayor impacto son Fosfatos (0,63), Coliformes Fecales (0,55) y Nitratos (0,25), basados en el programa IQAData. Es decir, si, existe una relación porque tales autores (Calizaya, *et al.*, 2013), demuestran que utilizaron dos métodos la identificación de diatomeas epilíticas y los parámetros fisicoquímicos para determinar el grado de contaminación y que al evaluar la calidad de agua el sitio de estudio presenta niveles de contaminación, que va desde contaminación despreciable hasta excesiva.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO NO EXPERIMENTAL

10.1. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

10.1.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Sector San Juan, siendo este el punto medio del río Yanayacu. Se tomó en consideración al momento del muestreo la seguridad y accesibilidad del cauce del río.

Tabla 7.

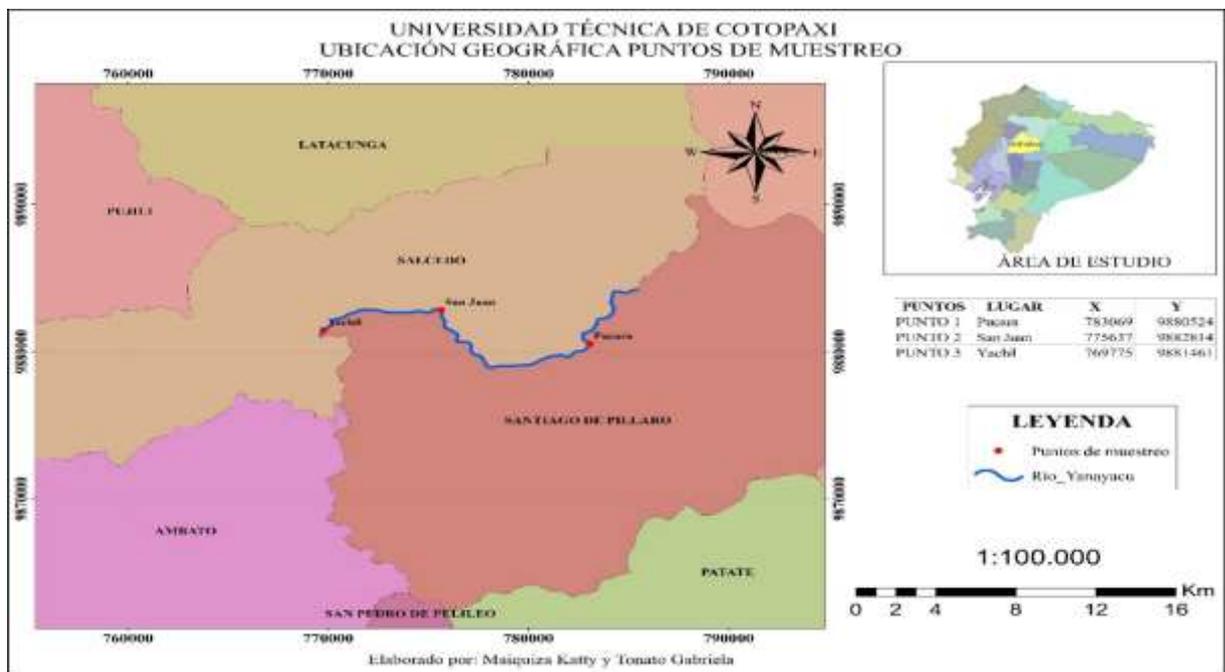
Ubicación del punto de muestreo del río Yanayacu.

Código	Río	Ubicación	Puntos	Coordenadas	
				X	Y
P2	Yanayacu	Sector San Juan	Medio	775637,079	9882814,418

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Figura 1.

Ubicación del punto de muestreo en la microcuenca del río Yanayacu (Salcedo).



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

10.1.2. Descripción del área

El río Yanayacu, nace en las vertientes de la parte más alta de la cordillera central con el nombre de Quillopacha en el sector del Parque Nacional Llanganates, que cubre una superficie aproximada de 13.732 ha, ubicado al lado sur occidental del mismo y constituye el límite entre los cantones de Salcedo y Píllaro. Los mismos que se encuentran divididos por sectores o barrios, los cuales se han considerado solamente a tres sectores para la

presente investigación, siendo estos los siguientes: Pucará que se encuentra a una altura de 3088 msnm, San Juan está a una altura de 2773 msnm y Yachil se encuentra a una altura de 2561 msnm.

10.2. PARÁMETROS DE MUESTREO

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN. 2169:2013

Esta norma tiene como objetivo establecer las técnicas y precauciones que se deben considerar para la conservación y transporte de todo tipo de muestras de agua incluyendo las muestras para análisis biológicos. Esta norma se aplica cuando una muestra no puede ser analizada en el lugar de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis. (INEN, 2013)

Manejo y Conservación

Tipos de recipientes

Es muy importante escoger el tipo de recipiente de acuerdo a la muestra que se vaya a tomar y por ende en la preparación de los recipientes.

El recipiente en el que se va a poner la muestra, no debe:

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

El uso de recipientes plásticos o de vidrio puede reducir las actividades foto sensitivas considerablemente.

Es preferible reservar los recipientes que se vayan a utilizar para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación.

Las precauciones son necesarias, para prevenir que los recipientes hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento que contaminen a las muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, por ser económicos los mismos que ayudan a prevenir en la contaminación, pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas. (INEN, 2013)

Para analizar las muestras que contengan agua destilada se debe hacer primero un control técnico en la elección del recipiente.

Cuando las muestras son sólidas, se deben usar botellas de boca ancha.

Otros factores que se debe considerar es la resistencia a temperaturas extremas, a roturas, facilidad de sellado y apertura, tamaño, entre otros. (INEN, 2013)

10.3. MUESTREO DE DIATOMEAS

Para la recolección y limpieza de las especies de diatomeas se utilizó la metodología del Doctor Eduardo Lobo, en cuanto al muestreo se realizó en un solo punto siendo este en la parte media, denominado San Juan del río Yanayacu, en el mes de febrero.

10.3.1. Toma de muestras en la fase de campo

Se identificó un punto específico a lo largo del río Yanayacu, donde se recolectó las muestras en el mes de febrero, lo cual se seleccionó 1 a 3 piedras aproximadamente de 15 a 20 cm, estas piedras deben tener en la superficie una coloración parda, esto indica que está llena de diatomeas epilíticas. Una vez seleccionada la piedra procedemos a raspar la superficie con un cepillo, haciendo caer este sedimento pardo en una fuente y lavando

la piedra con agua destilada, recolectando aproximadamente 300 ml de muestra en una botella de plástico, finalmente se etiquetó y colocó la muestra en un cooler para su conservación y transporte al laboratorio. (Lobo, *et al.*, 2016)

10.3.2. Procesamiento de muestras de diatomeas en la fase de laboratorio

Todo el proceso de limpieza y preparación de las diatomeas epilíticas en el laboratorio se tomó de la metodología explicada por Lobo, (2016), que a su vez ha sido adaptada de Round, F.E. 1993.

- En un tubo falcón colocar 5 ml de muestra y 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), obteniendo un total de 15ml en los tubos falcón.
- En un vaso de precipitación colocar pedazos de cerámica para evitar el alto burbujeo al hervir, añadir agua hasta que cubra el nivel de muestra en los tubos falcón.
- Una vez que la muestra esta fría se coloca 0,04g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en cada tubo falcón, se lleva nuevamente el vaso de precipitación con los tubos de ensayo y se calienta en la estufa durante 60 minutos a $90^\circ C$ (usar campana extractora de gases), después se deja reposar por 24 horas para poder seguir con el procedimiento.
- Luego de reposar 24 horas, se centrifuga a 3.000 rpm durante 2 minutos (verificar que los tubos tengan el mismo nivel de contenido para evitar que se rompan en la centrifugación) y se retira el sobrenadante, se vierte agua destilada hasta lograr los 10ml a manera de enjuague de la muestra y centrifugar nuevamente y retirar el sobrenadante. (Repetir este proceso hasta que el agua destilada quede de color transparente).
- Ya retirado el sobrenadante colocar a la muestra 10ml de ácido clorhídrico (HCl) y 10 ml de agua destilada, se coloca nuevamente en el vaso de precipitación y se pone a hervir durante 30 min en la campana extractora de gases, dejar enfriar.
- Con la muestra ya fría se centrifuga a 3.000 rpm durante 2 min y se retira el sobrenadante, luego se añade 10ml de agua destilada a modo de enjuague, se centrifuga y se retira el sobrenadante nuevamente (este

proceso se repite 6 veces), con la finalidad de retirar todo el HCl de la muestra.

- Finalmente dejar a la muestra con 2ml de agua destilada. Para fijar las muestras en las placas permanentes, se enciende la plancha de calentamiento a 85°C, colocando el cubreobjetos de (18 x 18mm) y verter 1 a 2 gotas de muestra, inmediatamente añadir de 2 a 3 gotas de agua destilada y proceder a agregar una gota de alcohol al 70%, procurando agregarla en el centro y lo más despacio posible con el fin de evitar el amontonamiento de diatomeas y se espera hasta que la muestra se seque.
- Después de secarse se toma el cubre-objetos y se lo invierte en un porta-objetos con 1 gota de Naphrax, que es un medio de montaje con un alto índice de refracción y se coloca nuevamente en la plancha de calentamiento hasta su ebullición, después retirar de la plancha de calentamiento y presionar suavemente para un fijado homogéneo. Finalmente se etiqueta la placa del punto de muestreo para su identificación. (Lobo, *et al.*, 2016)

10.3.3. Análisis de muestras

Para la identificación y conteo de diatomeas epilíticas se siguió el proceso establecido en la Norma Europea EN 14407 de agosto de 2004.

10.3.3.1. 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 100X siendo el recomendado para observar la estructura de las especies.
- Realizar una lista de las especies encontradas en el sitio de estudio, teniendo un registro de las valvas.
- Registrar la información en la hoja de laboratorio (Lobo, *et al.*, 2016).

10.3.3.2. Procedimiento

Se usó un microscopio óptico, equipado de una platina mecánica y de un objetivo de inmersión que permitió la obtención de un aumento elevado para así observar las diatomeas epilíticas. Se realizó un

barrido lento de la porta objetos, mediante el cual se tomó fotografías de las especies encontradas, para su identificación basándose en la taxonomía de cada especie y comparándolas con distintas fuentes bibliográficas de estudios realizados en Ecuador tales como (Uvillus, 2017); (Paz, 2017); (Carrillo, 2016) (Rosero, 2016)).

10.4. ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DEL AGUA (ITCA)

Para calcular el valor trófico de cada especie se utilizó un sistema preliminar propuesto por (Heinrich, *et al.*, 2014) el cual establecieron valores indicativos de 1, 2,5 y 4 a las diatomeas, estos valores son considerados como la abundancia relativa de las especies y se debe tener en cuenta el grado de tolerancia de cada especie a la eutrofización.

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

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

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

En donde:

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

10.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

Para la determinación del “ICA” se usaron 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en NTU)

- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Los resultados obtenidos de los los nueve parámetros físicos, químicos y microbiológicos se introdujeron al programa IQADData por medio del cual se determinó el índice de calidad del agua; arrojando valores que van de 0 a 100 del punto de muestreo que se realizó en el mes de febrero, para posteriormente calificar de acuerdo a los rangos establecidos por el ICA.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.1.1. Indicadores Bióticos

Se identificaron un total de 26 especies de diatomeas epilíticas de la parte media en el mes de febrero.

Tabla 8.

Especies de diatomeas epilíticas de la parte media.

Nº	Nombre	Nº de especies encontradas en el mes de Febrero	Especies abundantes
1	<i>Amphora pediculus</i>	4	4
2	<i>Cocconeis lineata</i>	2	2
3	<i>Cyclotella atomus</i>	2	2
4	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2	2
5	<i>Encyonema lange-bertalotti</i>	14	14
6	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1	1
7	<i>Gomphonema parvulum</i>	17	17
8	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	18	18
9	<i>Gomphonema pumilum</i>	1	1
10	<i>Gomphonema rhombicum</i>	31	31
11	<i>Gomphonema subclavatum</i>	3	3
12	<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	1
13	<i>Hantzschia bacillariophyta</i>	18	18
14	<i>Navicula Gregaria</i>	1	1
15	<i>Navicula tripunctata</i>	1	1
16	<i>Navicula veneta</i>	1	1
17	<i>Navicula wildii</i>	1	1
18	<i>Nitzschia incospicua</i>	1	1
19	<i>Nitzschia linearis</i>	1	1
20	<i>Planothidium amphibium</i>	4	4

Nº	Nombre	Nº de especies encontradas en el mes de Febrero	Especies abundantes
21	<i>Planothidium frequentissimum</i>	6	6
22	<i>Pseudostaurosira polonica</i>	2	2
23	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1	1
24	<i>Rhopalodia musculus</i>	2	2
25	<i>Stauroneis acuta</i>	1	1
26	<i>Staurosira construens var. binodis</i>	1	1
Total		136	136

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

En este punto medio se encontró cinco especies de diatomeas epilíticas más abundantes siendo estas las siguientes: *Encyonema lange-bertalotti*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*.

11.1.1.1. Índice Trófico de Calidad del Agua

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

$$ITCA = (vt * \%h) / h$$

Tabla 9.

Relación entre el Índice Trófico de calidad de Agua y la calidad del agua.

ITQA	Niveles de contaminación
1,0 - 1,5	Oligotrófico (contaminación despreciable)
1,5 - 2,5	β-mesotrófico (contaminación moderada)
2,5 - 3,5	α-mesotrófico (contaminación fuerte)
3,5 - 4,0	Eutrófico (contaminación excesiva)

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

Tabla 10.

Determinación del índice trófico de calidad de agua para la parte media.

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa	Vt%
<i>Encyonema lange-bertalotti</i>	14	2,5	10,4	25,9
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i>	18	2,5	13,3	33,3
<i>Gomphonema parvulum</i>	17	4	12,6	50,4
<i>Gomphonema rhombicum</i>	31	2,5	23,0	57,4
<i>Hantzschia bacillariophyta</i>	18	2,5	13,3	33,3
	ITCA			2,00

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Se obtuvo un ITCA de 2,00 lo cual da como resultado β -mesotrófico (contaminación moderada).

11.1.2. Indicadores Abióticos

Tabla 11.

Resultados de Laboratorio de los parámetros fisicoquímicos del río Yanayacu.

Análisis Fisicoquímicos de Agua					TULSMA			
Parámetros	Unidad	Resultados			Valor Máximo Permisible	Cumple Si/No		
		P1	P2	P3		P1	P2	P3
Temperatura	°C	14°	17°	17°	Condición natural + 0 - 3 grados	SI	SI	SI
Potencial Hidrógeno	U-pH	7.3	7.43	7.7	6 - 9	SI	SI	SI
Turbiedad	NTU	3.7	5.2	7.3	100	SI	SI	SI
Solidos totales disueltos	mg/L	48	205	132	1000	SI	SI	SI
Nitratos	mg/L	15	15	20	10	NO	NO	NO
Oxígeno disuelto	mg/L	8.9	7.8	4.9	> 6	SI	SI	NO
Fosforo total	mg/L	1.7	1.9	1.9	10	SI	SI	SI
DBO5	mg/L	2.1	5.2	10.6	<2	NO	NO	NO
Parámetros microbiológicos								
Coliformes fecales	ufc/100ml	1.16x10 ²	1.57x10 ²	1.94x10 ²	2000	SI	SI	SI

Elaborado por: Maquiza Katty y Tonato Gabriela

Fuente: Laboratorio LAQUIFARVA Ambato

Según el Acuerdo Ministerial 097-A, Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce, y el Anexo 1 del Libro VI de la reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes al recurso agua se comprende que en los puntos alto (Pucará), medio (San Juan) y bajo (Yachil) del Río Yanayacu, en el cual se pudo identificar que tres parámetros fisicoquímicos

no cumplen con los límites máximos permisibles (LMP), según la Normativa Ecuatoriana, siendo estos los Nitratos (NO_3) el cual dio como resultado en la parte alta 15mg/L, parte media 15 mg/L y en la parte baja 20 mg/L, de 10mg/L; Oxígeno Disuelto con un resultado en la parte baja 4,9 mg/L de >6 mg/L y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) con un resultado en la parte alta 2,1 mg/L, parte media 5,2mg/L y en la parte baja 10,6 mg/L de <2mg/L, esto se debe a la presencia de materia orgánica y las descargas de aguas residuales que se dan a lo largo del cauce del río sin ningún tratamiento previo.

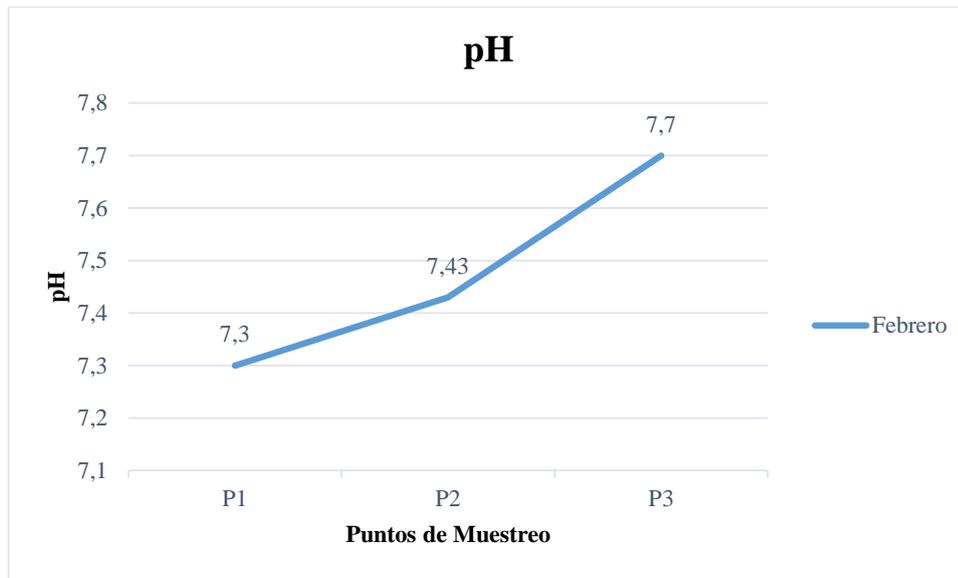
11.1.2.1. Interpretación

- **pH**

Durante la etapa de muestreo en los puntos alto, medio, bajo con rangos de 7,3; 7,43; 7,7 respectivamente, el comportamiento del pH es ligeramente alcalina, la cual presenta una menor concentración de iones de hidrógeno, esto se da por la presencia de carbonato de calcio que se encuentran en aguas superficiales y especialmente en los ríos, es por ello que en el libro VI-Anexo 1, de la Norma Ambiental del Recurso Agua “TULSMA”, el límite máximo permisible para cuerpos de agua dulce es de 6 a 9, el cual se cumple en la presente investigación. Por consiguiente, según la normativa ambiental el agua del río puede ser utilizada para riego, usos recreativos y consumos humano.

Figura 2

pH Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

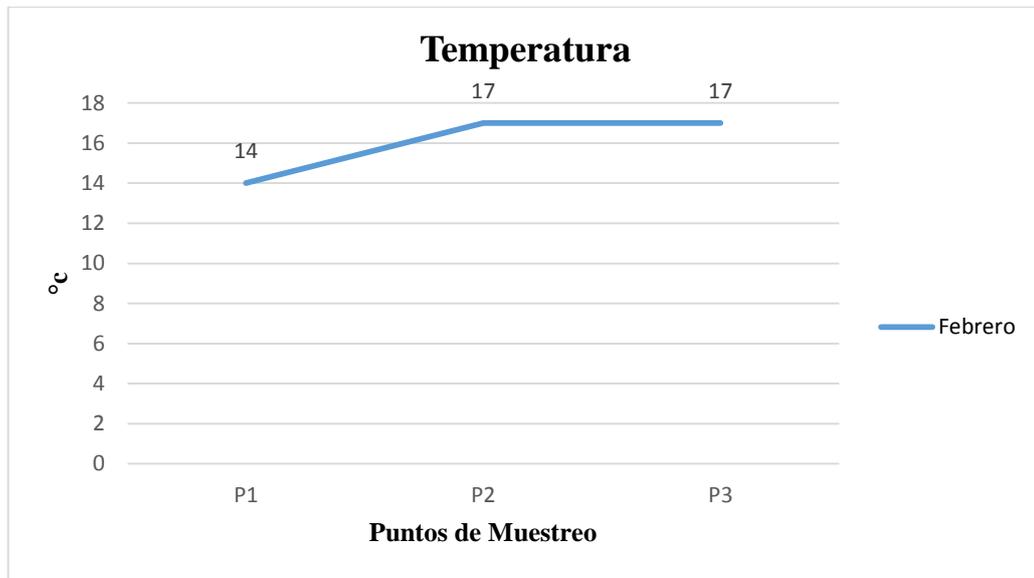
“Cuando presenta un pH 7 es neutro. En las aguas contaminadas el valor del pH puede presentar rangos de 6.0 a 8.0, siendo estos valores los más adecuados para la actividad biológica” (Vásquez & Rojas, 2016). Se evidencia que a medida que avanza el río, aumenta el ph, debido a condiciones antrópicas que se encontró en el cauce.

- **Temperatura (°C)**

La temperatura a lo largo de los puntos de muestro de la parte alta (14 °C), media (17°C) y baja (17 °C), ha incrementado ligeramente, esto se debe a las condiciones geográficas de cada sitio de muestreo, siendo así que ninguno supera los límites máximos permisibles (LMP) del Acuerdo Ministerial 097-A, Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce. De acuerdo a los datos obtenidos se concluye que la temperatura varía de acuerdo a la altitud en que se encuentra cada punto de muestreo.

Figura 3

°C Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



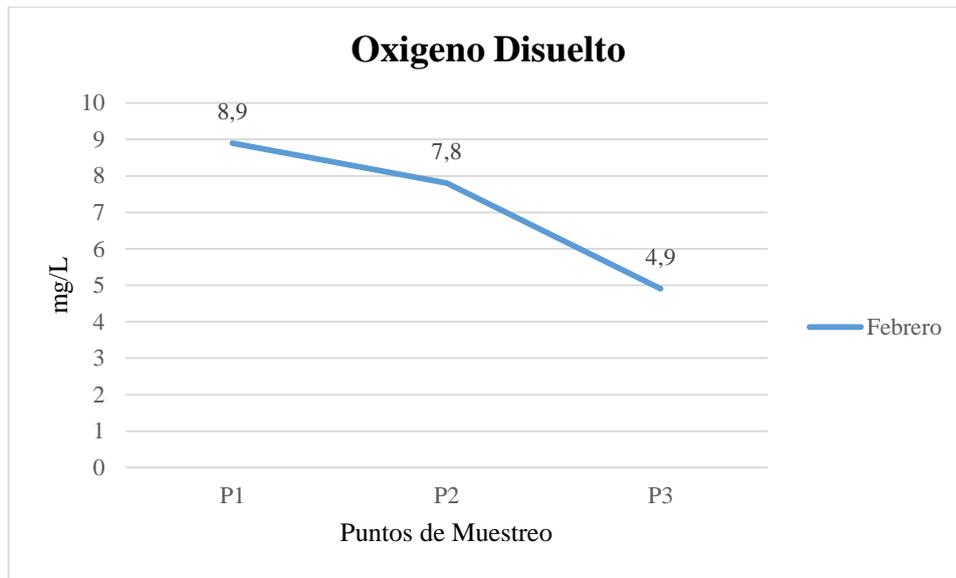
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

- **Oxígeno Disuelto (mg/L)**

En los períodos de muestreo se obtuvo los siguientes resultados en la parte alta (8,9 mg/L), media (7,8 mg/L) y baja (4,9 mg/L), considerando que en la parte alta (Pucará) presenta un nivel más alto de oxígeno disuelto, lo cual se debe que en este tramo del río existe mayor burbujeo debido a un alto contenido de oxígeno disuelto. De acuerdo con la Norma “TULSMA”, la cual refiere a un LMP, no menor a 6 mg/L, es así que el oxígeno disuelto del punto uno y dos cumplen con la norma establecida, mientras que el punto tres no se encuentra dentro los límites permisibles. Se determinó que en la parte baja el caudal es menor a comparación de los otros puntos, por consiguiente, no se aprecia una vida acuática de peces.

Figura 4

OD Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



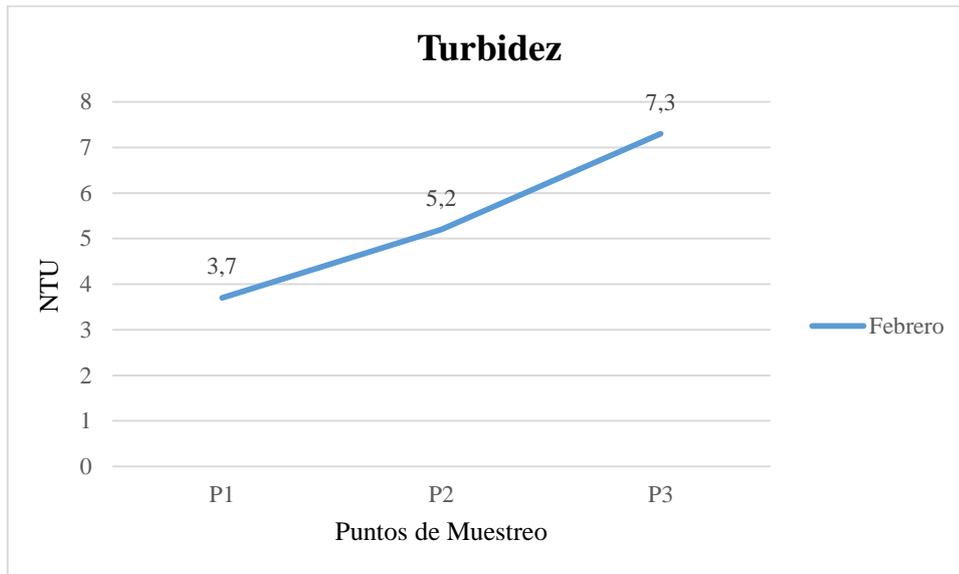
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

- **Turbiedad (UTN)**

El parámetro turbidez es uno de los más importantes para determinar la calidad del agua en un cuerpo hídrico, ya que es indicativo de su contaminación. En los períodos de muestreo se obtuvo los siguientes resultados en la parte alta 3,7 UTN, lo cual presenta sólidos en suspensión con una característica de agua cristalina, a diferencia del punto medio (5,2 UTN) y bajo (7,3 UTN) que presentan una alta concentración de turbidez en el agua esto podría afectar en la respiración y reproducción de la vida acuática. Se evidenció que a medida que avanza el río aumenta la turbidez, debido a condiciones antrópicas que se encontró en el cauce.

Figura 5

Turbidez Obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



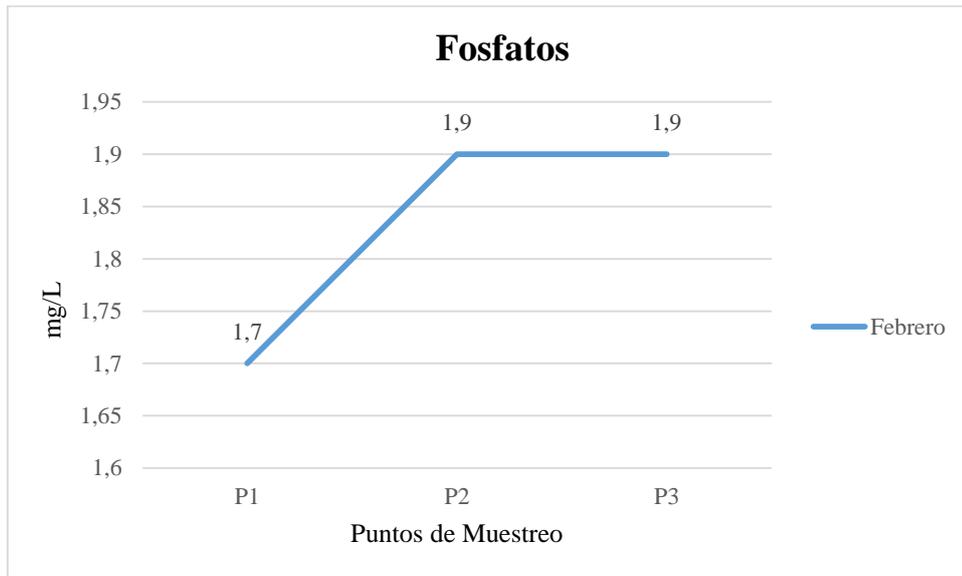
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

- **Fosfatos (mg/L)**

En el muestreo realizado en el río presenta valores en la parte alta de 1,7 mg/L, parte media y baja presenta el mismo valor siendo de 1,9 mg/L, incrementando los fosfatos a medida que el cauce del río se contamina. Con relación al Acuerdo Ministerial 097-A Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce, siendo de 10 mg/L, encontrándose dentro de los límites máximos permisibles. Las aguas naturales normalmente contienen fosfatos menores a 1 mg/L, pero si las cantidades son superiores favorecen al crecimiento de algas que consumen el oxígeno del medio acuático. El aumento del fosfato es debido a los vertidos domésticos que contienen detergentes.

Figura 6

Fosfato obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



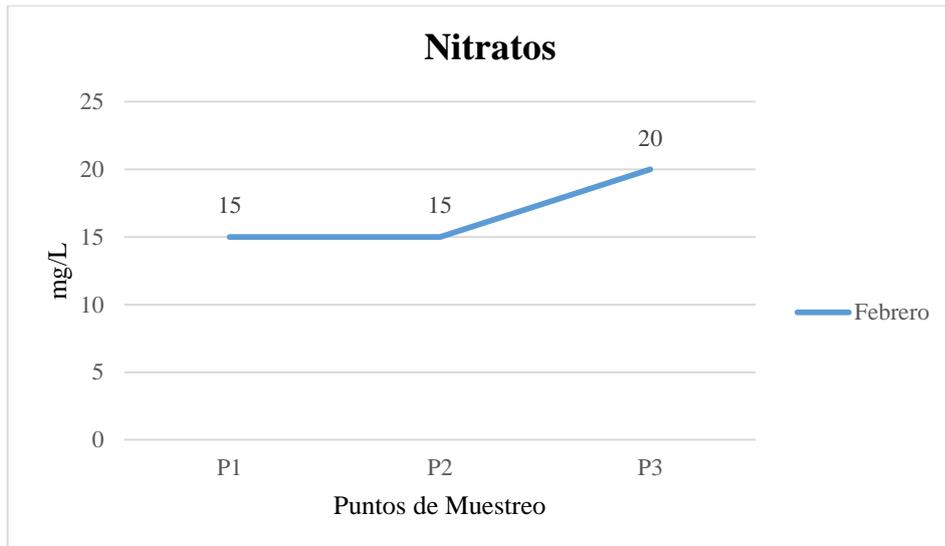
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

- **Nitratos (mg/L)**

Los muestreos realizados a lo largo del cauce del río presentan 15 mg/L en la parte alta y media, mientras que en la parte baja 20 mg/L, los nitratos se incrementan a medida que el río se contamina, siendo este un factor que provoca la eutrofización de los ríos. Se comprendió que mientras más nitratos exista, se presentan mayor proliferación de diatomeas epilíticas.

Figura 7

Nitratos obtenidos durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

“Los nitratos en altas concentraciones en el recurso hídrico, representa un riesgo para la salud especialmente en mujeres embarazadas, individuos con acidez gástrica y personas con falta de metahemoglobina” (Lenntech, 2019). En Ecuador, según la norma TULSMA, el límite de concentración de nitratos (NO_3) en el agua es 10 mg/L, sin embargo, este parámetro no cumple ya que sobrepasan con los Límites Máximo Permisible, así lo demuestra la figura 7. El origen ascendente de los nitratos presentes en el agua del río, se debe a la alta concentración de materia orgánica en los fertilizantes y descargas de aguas residuales.

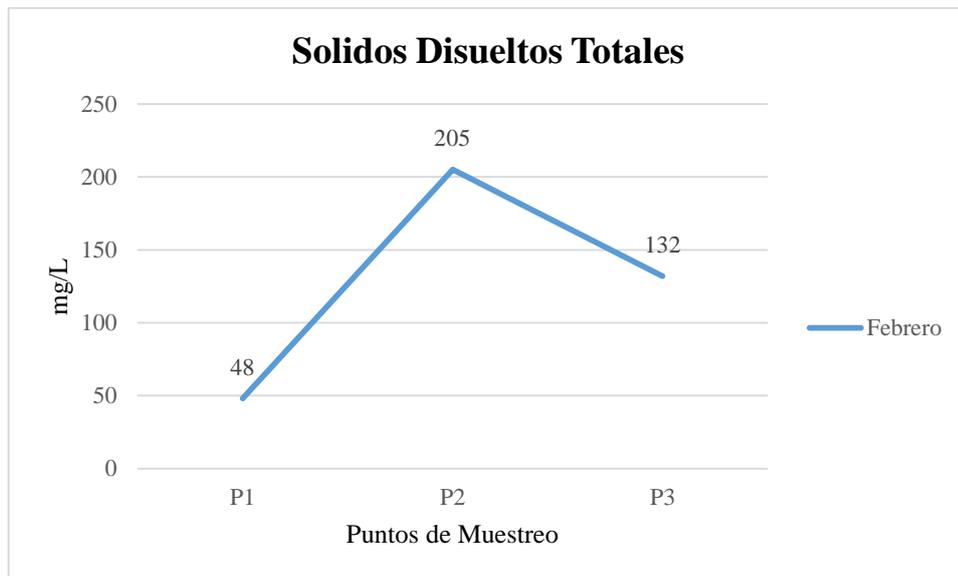
- **Sólidos Totales Disueltos (mg/L)**

En el período de muestreo realizado a lo largo del cauce del río presenta en la parte alta 48mg/L, parte media 205 mg/L y parte baja 132 mg/L, obteniendo una concentración alta en la parte media del

río, debido a la actividad agrícola que se encuentra entre el punto alto y medio. Sin embargo, la concentración de TDS en el agua del cuerpo hídrico Yanayacu, está bajo los Límites Máximos Admisibles (LMA=500 mg/L) y Límites Máximos Permisibles (LMP =1000mg/L), del Anexo 1 Libro VI de la norma TULSMA. Esto indica que el agua del río naturalmente presenta bajas concentraciones de sólidos disueltos totales, ya que el nivel constante de estos materiales es esencial para el “mantenimiento adecuado de la vida acuática, porque si las concentraciones son altas afectaría al uso del recurso hídrico destinado para el abastecimiento y generación de energía eléctrica” (Jaya, 2017).

Figura 8

Sólidos Disueltos Totales obtenidos durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

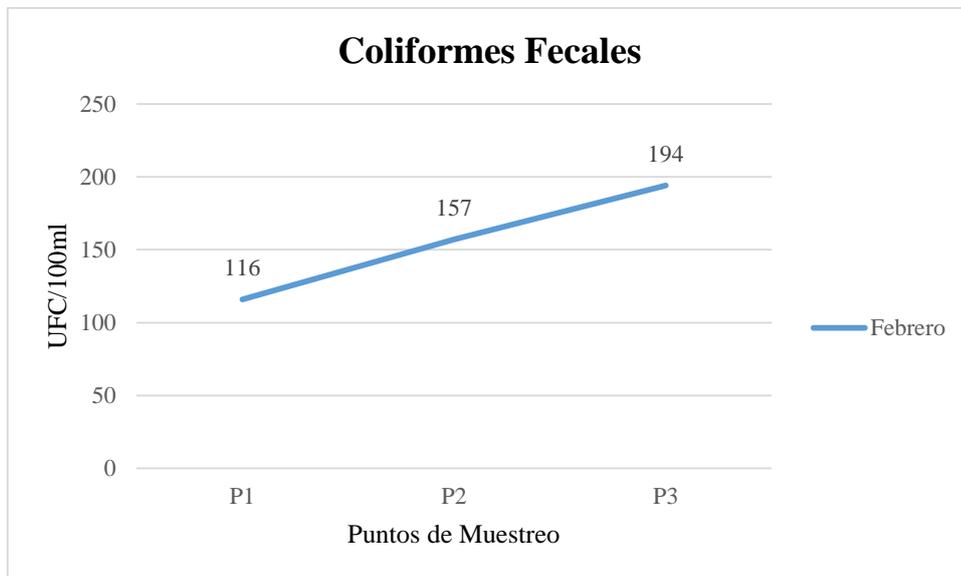
- **Coliformes Fecales (UFC/100ml)**

En los muestreos realizados presentan valores en la parte alta 116 UFC/100ml, parte media 157 UFC/100ml y parte baja 194 UFC/100ml, los coliformes fecales van en aumento progresivo a medida que el cauce del río se contamina, debido a las actividades

ganaderas y descargas de aguas residuales. Sin embargo, este es uno de los parámetros importantes para evaluar la calidad de agua, porque sus niveles bajos son indicadores de ausencia de organismos patógenos. Si existe un alto grado de coliformes fecales puede ser perjudicial para la salud humana causando diferentes enfermedades.

Figura 9

Coliformes Fecales obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Según el Acuerdo Ministerial 097-A, Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce, establece que el agua para el consumo humano debe tener 2000 UFC/100ml en Coliformes Fecales; el cuerpo hídrico Yanayacu presenta valores menores al LMP, de acuerdo a los resultados presentados en la figura 9, es decir, “el agua del río contiene heces fecales humanas o de animales de sangre caliente en porcentajes promedios, es por ello que se puede utilizarlo para fines recreativos” el agua del río Yanayacu. (Mora & Calvo, 2010)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)**

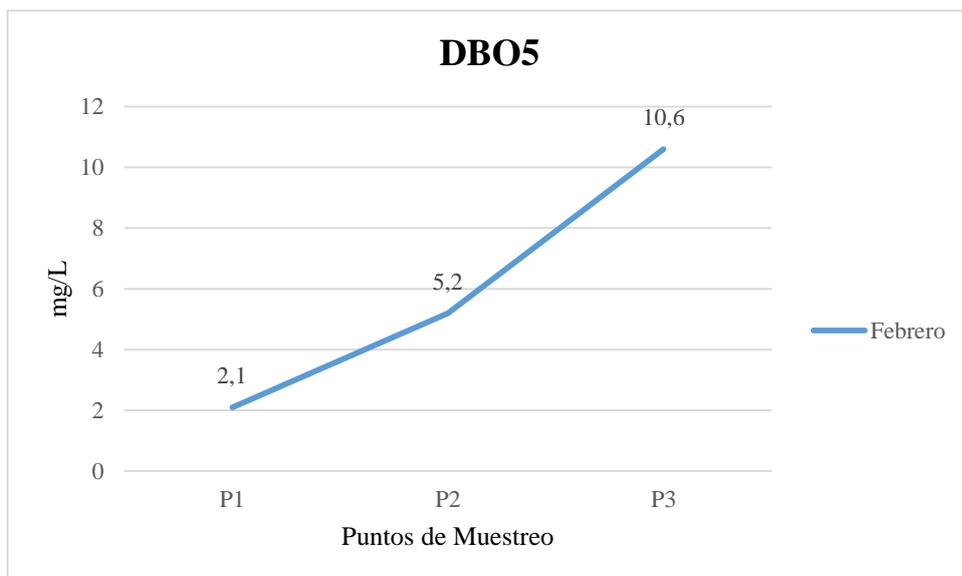
En el período de muestreo presenta valores en la parte alta 2,1 mg/L, parte media 5,2 mg/L y parte baja 10,6 mg/L, es por ello que según el Anexo 1 Libro VI de la norma TULSMA, de calidad de agua el

LMP para DBO5 debe ser menor a 2 mg/L, por lo que los resultados de los 3 puntos de muestreo no cumplen con los Límites Máximos Permisibles, siendo el nivel de DBO5, más alto en el punto bajo o sucio, debido a la presencia de “materia orgánica degradable, los mismos que encuentran vertidos por los efluentes de aguas residuales domésticas, agrícolas y ganaderas esto indica un elevado consumo de oxígeno por parte de los microorganismos.” (Muñoz, *et al.*, 2012).

Se evidencio que a medida que avanza el río Yanayacu aumenta la DBO, debido a condiciones antrópicas que se encuentra en el cauce.

Figura 10

Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu.



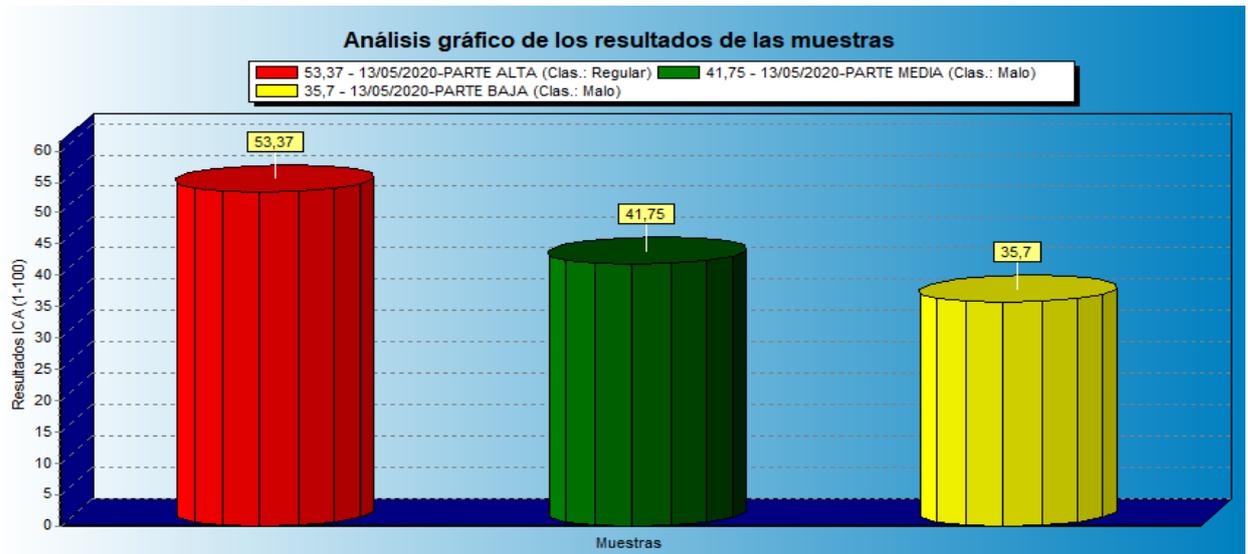
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriel

11.1.3. Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua considera como un valor máximo 100, el mismo que va disminuyendo de acuerdo al aumento de la contaminación del agua.

Figura 11

Resultados de las muestras ICA, tres puntos de muestreo del río Yanayacu.



Elaborado por: Programa IQA Data

Tabla 12.

Resultados obtenidos de IQA Data de los puntos de muestreo del río Yanayacu.

Puntos de muestreo	Valor de IQA	Calificación
P1 (Pucará)	53,37	REGULAR
P2 (San Juan)	41,75	MALO
P3 (Yachil)	35,7	MALO

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Con los resultados obtenidos de los nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se determinó el índice de calidad del agua (ICA), en el mes de febrero, como se muestra en la Tabla 12 lo cual indican los niveles de contaminación del agua calificándolos de la siguiente manera: para el punto 1 (Pucará) tiene una calificación de regular con un promedio de 53,37. En

el punto 2 (San Juan) y punto 3 (Yachil) se presentó una calificación de malo con un promedio 41,75 y 35,7 respectivamente, es por ello que se consideran como agua no apta para consumo humano, ya que tiene niveles de contaminación, esto se debe a la descarga de aguas residuales que van al cauce del río sin ningún tratamiento previo.

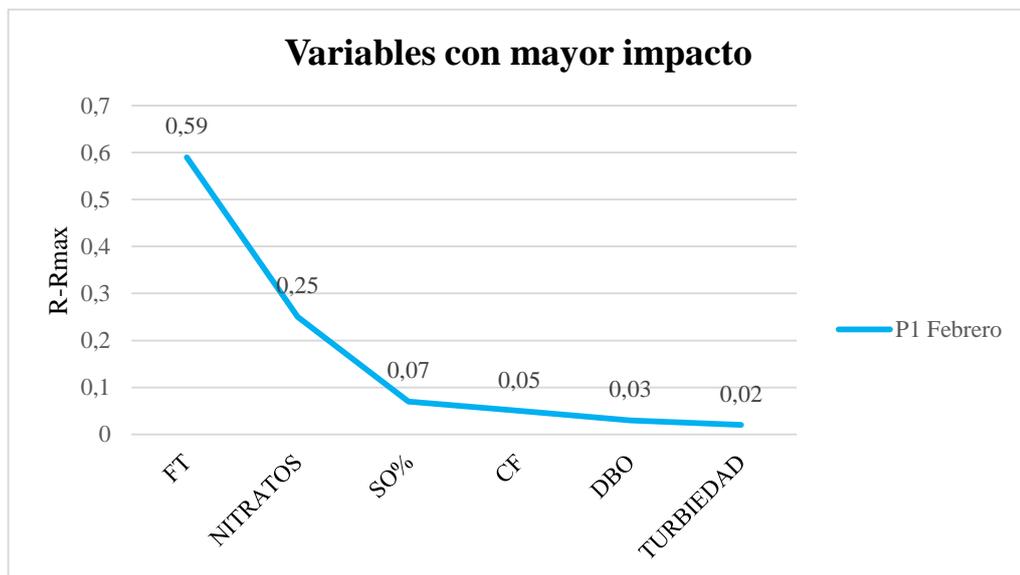
11.1.4. Variables que representan mayor impacto en la calificación del índice de calidad del agua (IQA).

Los valores de las variables que representan mayor impacto en la calificación del índice de calidad de agua, fueron tomados de la diferencia de resultado que hubo entre el resultado y el resultado máximo del (ICA), permitiendo el porcentaje de representación de cada parámetro.

- **Parte Alta**

Figura 12

Variables con mayor impacto obtenidas durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto limpio.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

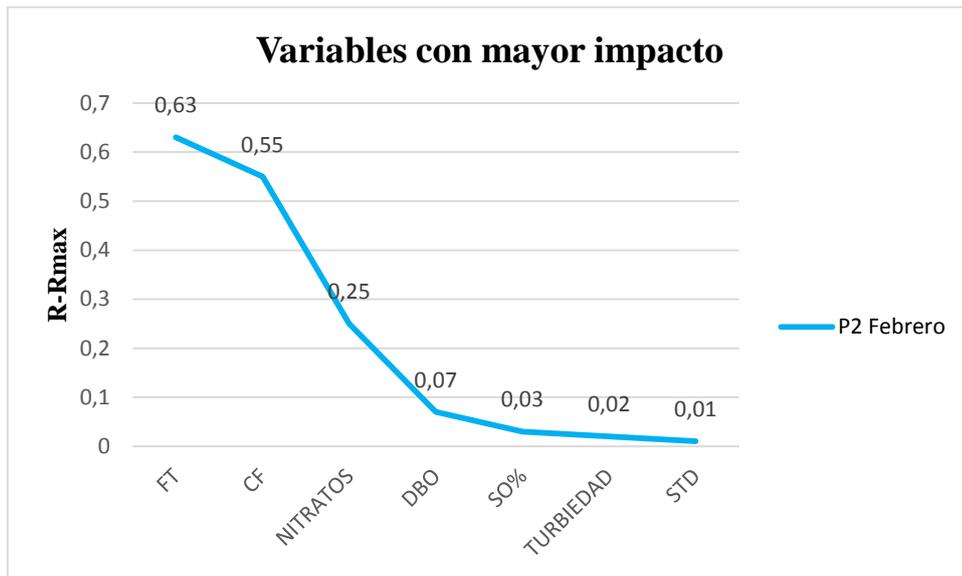
En el mes de febrero del 2020, el parámetro fósforo total tiene un valor de 0,59 el cual representa el 58% del aporte para determinar el IQA, mientras que los nitratos tienen un valor de 0,25 el cual representa el 25% del aporte para determinar el IQA, siendo estos dos parámetros fisicoquímicos los que

presentan un mayor impacto en la parte alta como se muestra en la figura 12, los mismos que ayudan al crecimiento de las algas.

- **Parte Media**

Figura 13

Variables con mayor impacto obtenidas durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto medio.



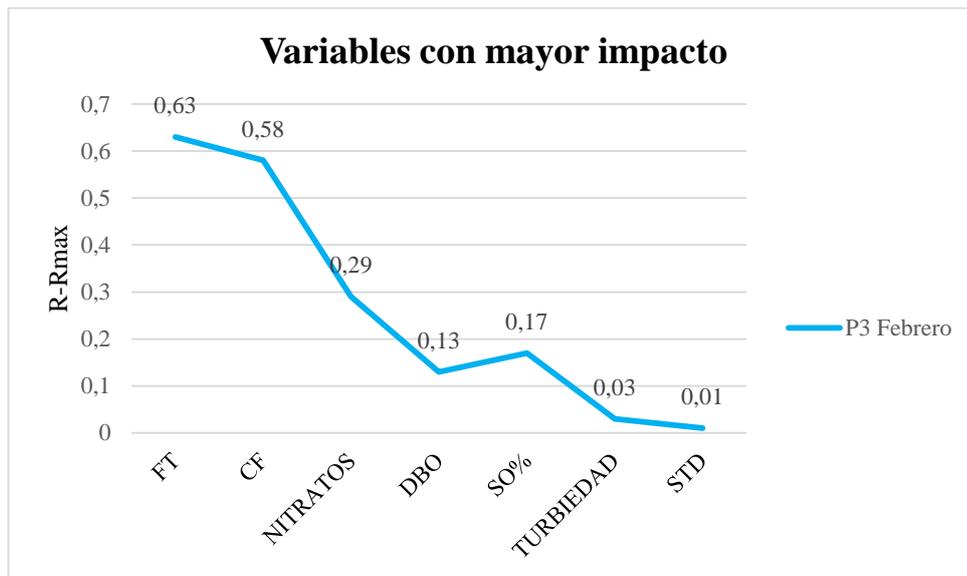
Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

En el mes de febrero del 2020, el parámetro fósforo total tiene un valor de 0,63 el cual representa el 40% del aporte para determinar el IQA, coliformes fecales tiene un valor de 0,55 el cual representa el 35% del aporte para determinar el IQA, y nitratos con un valor de 0,25 el cual representa el 16% del aporte para determinar el IQA, siendo estos tres parámetros fisicoquímicos con un mayor impacto para la parte media como se muestra en la figura 13, se debe considerar que la elevada concentración de fósforo total y nitratos en el agua se da por la excreción de animales y humanas, fertilizantes, detergentes que se vierten directamente al cauce el río, al igual que los coliformes fecales, los cuales pueden provocar enfermedades a las personas.

- **Parte Baja**

Figura 14

Variables con mayor impacto obtenido durante el mes de febrero del 2020 en el río Yanayacu, punto sucio.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

En el mes de febrero del 2020, el parámetro fósforo total tiene un valor de 0,63 el cual representa el 34% del aporte para determinar el IQA, coliformes fecales tiene un valor de 0,58 el cual representa el 32% del aporte para determinar el IQA, y los nitratos con un valor de 0,29, el cual representa el 16% del aporte para determinar el IQA siendo estos tres parámetros fisicoquímicos con un mayor impacto para la parte baja como se muestra en la figura 14, se debe considerar que la elevada concentración de fósforo total y nitratos en el agua se da por la excreción de animales y humanas, fertilizantes, detergentes que se vierten directamente al cauce el río, al igual que los coliformes fecales, los cuales pueden provocar enfermedades a las personas.

11.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Debido a la situación de emergencia sanitaria que se encuentra el país desde el mes de marzo, se consideró para nuestra investigación el punto dos o punto medio (sector San Juan) del río Yanayacu, cantón Salcedo, el muestreo se realizó en el mes de febrero para el análisis de los nueve parámetros fisicoquímicos que se determinó el índice de calidad de agua (ICA) y la identificación de diatomeas epilíticas, que ayudó a calcular el índice trófico de calidad de agua (ITCA), obteniendo resultados para realizar un análisis comparativo entre los puntos medios de estudios anteriores, siendo estas de tres ríos Cutuchi, Yanayacu, Pumacunchi de la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga.

- **Resultado de la investigación del punto medio del río Yanayacu:**

En el punto dos o punto medio sector San Juan del río Yanayacu ubicado en el cantón Salcedo, se localizó 5 especies abundantes: *Encyonema lange-bertalotti*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*, se obtuvo un resultado del índice trófico de calidad de agua (ITCA) de 2,0 que da una calificación β -mesotrófico (contaminación moderada), mientras para el Índice de Calidad de Agua (ICA) se dio un resultado de 41,75 considerado una calificación Mala.

- **Análisis comparativo de los resultados del punto medio de estudios anteriores de los ríos Cutuchi, Pumacunchi, Yanayacu del cantón Latacunga:**

En el punto dos o punto medio de contaminación del río Cutuchi de la parte media (Lasso, Brigada Patria) se localizó 9 microalgas: *Gomphonema bourbonense*, *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema pumilum var. Rigidum*, *Luticola goeppertiana*, *Navicula lanceolata*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia acidoclinata*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia inconspicua*, se obtuvo un resultado del índice trófico de calidad del agua (ITCA) de 2,03 que da una calificación β -mesotrófico (contaminación moderada) mientras para el Índice de Calidad del Agua (ICA) se dio un resultado de 51,14 considerado una calificación regular. (Quishpe, 2018)

En el punto medio del río Pumacunchi ubicado en la parroquia de Guaytacama en las coordenadas x:765130; y:9895275 UTM y altura 2738 msnm se identificó 8

especies que son abundantes: *Frustruia guayanensis ssp. ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticula goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasiliense metzeltin*, *Gomphonema sp.*, *Gomphoneis elegans clevei*, se obtuvo un resultado del índice trófico de calidad del agua (ITCA) de 2,50 que da una calificación α Mesotrófico (contaminación fuerte), mientras para el Índice de Calidad del Agua (ICA) se dio un resultado de 11,80 considerado una calificación muy mala. (Peñañiel & Quicaliquin, 2019)

En el punto dos o punto medio del río Yanayacu ubicado en el barrio San Martín se localizó 8 microalgas: *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Mayamaea permitis*, *Navicula cryptotenella*, *Navicula lanceolata*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia amphibia*, se obtuvo un resultado del índice trófico de calidad del agua (ITCA) de 2,78 que da una calificación α -mesotrófico (contaminación fuerte) mientras para el Índice de Calidad del Agua (ICA) se dio un resultado de 13,76 considerado una calificación muy mala. (Lascano & Muñoz, 2020)

- **En la presente investigación se realizó una comparación con los resultados de estudios anteriores:**

Tabla 13.

Análisis comparativo de la Calidad del Agua de los ríos de Cotopaxi mediante los índices ITCA & ICA entre los años 2018,2019,2020.

Análisis comparativo de la Calidad del Agua de los ríos de Cotopaxi				
Punto de muestreo	Períodos de muestreo			
	Octubre-Febrero (Cutuchi)	Febrero-Abril (Pumacunchi)	Septiembre-Febrero (Yanayacu- Latacunga)	Febrero (Yanayacu- Salcedo)
	Índice Trófico de calidad del Agua (ITCA)			
	2,03	2,50	2,78	2,00
Punto medio	β -mesotrófico (contaminación moderada)	α Mesotrófico (contaminación fuerte)	α Mesotrófico (contaminación fuerte)	β -mesotrófico (contaminación moderada)

Índice de Calidad del Agua (ICA)				
Punto	51,14	11,80	13,76	41,75
medio	Regular	Muy mala	Muy mala	Mala

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

La investigación realizada en el punto medio denominado San Juan del Río Yanayacu cantón Salcedo, se realizó el estudio en época lluviosa (febrero), en el cual se encontró cinco especies más representativas del lugar siendo estas *Encyonema lange-bertalotti*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*, las mismas que ayudó a determinar el índice trófico de calidad del agua (ITCA) dando un resultado de una contaminación moderada o calificación β mesotrófico (2,00), debido a vertidos ganaderos y agrícolas, este resultado tiene una relación a la vez con el punto medio del sector Lasso-Brigada Patria del río Cutuchi cantón Latacunga realizado el estudio en la misma época (octubre-febrero), presentando nueve especies representativas tales como *Gomphonema bourbonense*, *Gomphonema lagenula*, *Gomphonema pumilum var. Rigidum*, *Luticola goeppertiana*, *Navicula lanceolata*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia acidoclinata*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia inconspicua*, el cual presenta un alto grado de contaminación, esto se da por las fábricas que se encuentran a la ribera del cauce del río, las cuales descargan sus aguas residuales directamente al río sin ningún tratamiento previo; a diferencia de los otros ríos tales como el río Pumacunchi en el cual se realizó la investigación como punto medio el sector de Guaytacama, estudio realizado en época lluviosa (febrero - abril), el mismo que presenta ocho especies abundantes siendo estas *Frustuia guayanensis ssp. ecuadoriana*, *Cocconeis lineata*, *Planothidium bagualense*, *Luticola goeppertiana*, *Sellaphora auldreekie*, *Gomphonema brasiliense metzeltin*, *Gomphonema sp.*, *Gomphoneis elegans clevei*, mientras que en el río Yanayacu del cantón Latacunga, su punto medio es el barrio San Martín, en el cual se realizó la investigación en época de estiaje o seco (septiembre-febrero), se encontró ocho especies abundantes tales como *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Mayamaea permitis*, *Navicula cryptotenella*, *Navicula lanceolata*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia inconspicua*, *Nitzschia amphibia*, estos dos ríos

presentan una contaminación fuerte con una calificación alfa Mesotrófico (2,50; 2,78) respectivamente, debido a las descargas de aguas residuales industriales, domésticas, y vertidos urbanos tales como detergentes, desechos orgánicos e inorgánicos, es por ello que estos tipos de agua no puede ser utilizado para el consumo humano. Sin embargo, en cuanto al índice de calidad del agua, el punto medio (San Juan) del río Yanayacu del cantón Salcedo, presenta una calificación Mala (47,75), es decir, el agua es de dudosa procedencia debido a las descargas de aguas residuales domésticas sin previo tratamiento, el mismo que no presenta ninguna relación con el punto medio del río Cutuchi, ya que este presenta una calificación regular (51,14), aquí el agua no tiene un alto grado de contaminación a comparación de los ríos Pumacunchi y Yanayacu, los cuales tienen una calificación Muy Mala (11,80; 13,76) respectivamente, esto quiere decir que su contaminación es alta, es por ello que ninguna de estas aguas están en óptimas condiciones para el consumo del ser humano sin haber tenido un tratamiento previo.

Los resultados tanto del índice trófico de calidad del agua (ITCA) y el índice de calidad del agua (ICA), pueden verse influenciados por las épocas ya sean estas de estiaje o lluvioso y también por los focos de contaminación que descargan distintos contaminantes químicos que cambian la composición del río que llega a terminar con la vida acuática, por lo tanto, el agua no puede ser utilizada para consumo humano.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

- **Impactos Técnicos**

Para realizar la presente investigación en campo se debe considerar que los instrumentos se encuentren calibrados para que arrojen buenos resultados, al igual que en la fase de laboratorio al momento de la identificación de las especies se utilizó un microscopio (MOTIC BA-410), esto permitió realizar el proceso de identificación de una forma precisa, aplicando la metodología del Dr. Eduardo Lobo, y así poder realizar nuestro análisis en el tiempo de ejecución.

- **Impactos sociales**

A base de esta investigación se mide el nivel de contaminación que existe en el río Yanayacu, específicamente en el sector San Juan considerado como punto medio, logrando demostrar el estado actual en que se encuentra el recurso hídrico del río, ya que algunas poblaciones aledañas al cauce hídrico dependen de él, se debe considerar alternativas para disminuir la contaminación del mismo una de ellas es la concientización de los habitantes lo que permitirá mejorar la calidad de vida, en el ámbito alimenticio, agrícola y ganadero, al igual que el manejo integral de la microcuenca.

- **Impactos Ambientales**

En el sector San Juan del río Yanayacu los habitantes descargan sus aguas residuales contaminando así el cauce del río por ende perjudicando la calidad de vida de los mismos, este puede afectar negativamente a la flora y fauna es por ello que se debería dar a conocer la información obtenida a partir de este estudio al personal técnico del GAD Municipal del cantón Salcedo a fin de implementar una campaña de monitoreo, promover medidas, estrategias y actividades que ayuden a la conservación de los recursos naturales y la disminución de la contaminación.

- **Impactos Económicos**

El estudio del agua se puede realizar sin incurrir en gastos elevados y obteniendo resultados confiables, en el sector San Juan del Río Yanayacu se utilizó la metodología de identificación de diatomeas epilíticas para determinar su calidad de agua, puesto que la técnica permite observar a los microorganismos desde la toma de la muestra, lo que no sucede con los otros métodos de medición de la calidad del agua, siendo accesible para el agricultor o ganadero pedir un análisis biológico del agua a un precio moderado sin complicaciones.

13. PRESUPUESTO

Tabla 14.

Presupuesto.

Recursos	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Equipos Tecnológicos				
	GPS	1 días	25	25
	Computador	60 horas	1,00	60
	Cámara fotográfica	1 días	10	10
	Microscopio	10 horas	5,00	50
	Centrifuga	4 horas	5,00	20
	Turbidímetro	4 horas	5,00	20
	Espectrofotómetro	4 horas	5,00	20
	Placa Calefactora	5 horas	5,00	25
Materiales y suministros				
	Cuaderno de campo	1	1,50	1,50
	Papel bond	2 paquetes	4	8
	Fichas de campo y laboratorio	40	0,20	8
	Bandeja de polietileno o metal esmaltado	2	10	20
	Etiquetas adhesivas	7	0,50	3,50
	Lápiz	4	0,50	2
	Botas	2 pares	10	20
	Guantes	1 caja	3,00	3
	Mascarillas	15	0,20	3
	Mandil	2	15	30
	Frasco de colecta de 250 ml (vidrio)	3 frascos	10	30
	Placas porta y cubre objetos	2 cajas	15	15
	Tubo de ensayo pequeños	20 unidades	0,30	6
	Pipetas Pasteur	20	1,50	30
Reactivos				
	Ácido sulfúrico	24 ml	30	30
	Dicromato de potasio	50 gr	30	30
	Ácido clorhídrico	6 ml	50	50
	Alcohol 70%	20 ml	15	15
	Agua destilada	5 ltrs	5	25
	Naphrax 15 ml	1 frascos	100	100
Otros Recursos				
	Transporte	15	10	150
	Alimentación	10	3,50	35
	Internet	150 horas	0,50	75
	Análisis de muestras	1 muestra	150	150
			Sub total	1070
			Imprevistos	107
			10%	
			Total	1,177

Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- ✓ Los puntos de muestreo del río Yanayacu, se georreferenciaron utilizando el sistema de información geográfica, obteniendo la ubicación de los puntos con sus respectivas coordenadas y altitud, el punto uno o alto que se encuentra ubicado en la central hidroeléctrica Pucará con una altitud de 3088 msnm, el punto dos o medio está ubicado en el sector San Juan con una altitud de 2773 msnm y el punto tres o bajo se encuentra ubicado en el sector Yachil cerca de una concesión minera con una altitud de 2561 msnm, permitiendo la toma de muestras en los puntos exactos.
- ✓ Para los parámetros físicos-químicos, se tomaron muestras en el mes de febrero del 2020, de los cuales se consideró 9 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar el índice de calidad de agua, los resultados obtenidos se procesaron en el programa IQADData, el mismo que indica los niveles de contaminación de agua calificándolos de la siguiente manera: para el punto uno o alto tiene una calificación de Regular con un promedio de 53,3, considerándose que el agua es cristalina ya que existe la presencia de peces (truchas), en los puntos dos o medio y punto tres o bajo presentan una calificación Mala con un promedio de 41,75; 35,7 respectivamente, los mismos que tienen índices de contaminación, esto se debe a que en la zona se observó estiércol por la presencia de ganado vacuno, descargas de aguas residuales, pecuarios, agrícolas además que existe una concesión minera, las cuales vierten sus residuos al cauce del río.
- ✓ En el punto medio sector San Juan se identificaron un total de 26 especies de diatomeas epilíticas las cuales 5 especies son abundantes: *Encyonema langebertalotti*, *Gomphonema pumilum var. rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum*, *Hantzschia bacillariophyta*, con el valor trófico de estas especies se determinó el índice trófico de calidad del agua (ITCA), el cual dio un resultado de 2,00 β-mesotrófico (contaminación moderada).
- ✓ Los resultados obtenidos en las investigaciones de los puntos medios, en el índice de calidad del agua (ICA) del río Cutuchi realizado por (Quishpe, 2018) con una calificación Regular; río Pumacunchi realizado por (Peñañiel & Quicaliquin, 2019) y río Yanayacu realizado por (Lascano & Muñoz, 2020) con calificación Muy Mala, lo cual no guarda relación y no se pudo comparar con nuestro resultado

del ICA que da calificación Mala, mientras en el índice trófico de calidad del agua (ITCA), existe una relación con la investigación del río Cutuchi, por lo cual se comparó los resultados dando una contaminación moderada (2,00 β -mesotrófico), a diferencia de los ríos Pumacunchi y Yanayacu que obtuvieron como resultado una contaminación fuerte. El nivel de contaminación indica que el agua tiene contenido de vertidos domésticos como desechos orgánicos e inorgánicos, vertidos ganaderos y agrícolas que aportan con estiércol y fertilizantes convirtiéndose en un problema de contaminación, se debe considerar que la composición de la población de diatomeas del punto medio del río Yanayacu del cantón Salcedo ayuda con la determinación de los niveles de contaminación en el cauce hídrico. Los métodos biológicos son el complemento del método de análisis físicos, químicos y microbiológicos para una correcta evaluación del índice de calidad de agua.

14.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar muestreos en el campo y laboratorio dentro del cronograma establecido para obtener buenos resultados, para ello es necesario tomar las debidas precauciones de seguridad (EPP).
- ✓ Medir los parámetros In Situ con equipos calibrados para no tener complicaciones con los resultados.
- ✓ Analizar las muestras en un tiempo máximo de 24 horas previa a la refrigeración de la misma, se debe considerar que el recipiente que contiene la muestra debe estar sellado y debidamente etiquetado con fecha y hora de manera que no sufra ninguna alteración al momento de la obtención de los resultados. (Norma INEN. 2169:2013)
- ✓ Realizar una inspección previa para verificar la existencia de diatomeas, caso contrario realizar el procedimiento de limpieza considerando la metodología del Dr. Eduardo Lobo para obtener una buena limpieza y lograr una mejor visibilidad de las diatomeas epilíticas al momento de la identificación.
- ✓ Al momento de realizar la identificación en el microscopio hay que tener en cuenta que exista una cámara y un lente 100X siendo el más recomendado para observar la estructura de las especies lo cual ayudará en su identificación. (Metodología del Dr. Eduardo Lobo)

15. BIBLIOGRAFÍA

- AEFA. (2017). *Asociación Española*. Obtenido de <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/clasificacion-del-ph>
- Alkemi. (2019). *Análisis de coliformes fecales*. Grupo AGQ Labs. Obtenido de <https://alkemi.es/blog/analisis-de-coliformes-fecales/>
- ArcGIS . (14 de Enero de 2010). Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., & Bécares, E. (2010). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*. Obtenido de <https://www.chduero.es/documents/20126/427605/guiadiatomeas.pdf/bbc153ef-4fbb-8090-6bfc-7064888b764a?t=1563195534793>
- Bojorge, G. M., & Cantoral, U. E. (2016). *La importancia ecológica de las algas en los ríos*. *Scielo*, 26(1). Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n1/0188-8897-hbio-26-01-00001.pdf>
- Calizaya, J., Avendaño, M., & Delgado, I. (2013). *Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae)*, una experiencia en Tacna, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 58-63. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342013000100012
- Carrillo, P. (2016). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EMPLEANDO PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS Y BIOINDICADORES “ALGAS DIATOMEAS EPILÍTICAS” EN EL RÍO RUMIPAMBA DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO.
- Cisneros, J. B., Torregrosa, A. M., & Aboites, A. L. (2010). *El agua en México: cauces y encauces*. Mexico. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/elaguaenmexico-caucesyencauces.pdf>
- Confederación Hidrográfica del Duero, .. (2010). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*. En L. S. Blanco, B. I. Alvarez, C. Cejudo-Figueiras, & M. E. Bécares. España: CELARAYN.
- Cubas, P. (2008). *Bacillaryophyta (Diatomeas)*. Obtenido de https://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Diatomeas/6_Bacillariophyta_texto.pdf
- Ecofluidos Ingenieros, S. (2012). *Estudio de calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico en Apurímac y Cusco*. Lima: FIODM. Obtenido de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

- Espinosa, G. A. (03 de 10 de 2014). *Calidad de Agua*. (3), págs. 7-20. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero03.pdf>
- Fonseca, E., & Silva, J. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR BAÑO AZUL, CANTÓN LATACUNGA (Tesis de Grado)*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4205/1/UTC-PC-000089.pdf>
- GAD Salcedo, .. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)*. Salcedo. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/20141114%20Diagnostico%20_15-11-2014.pdf
- Galarza, C. E. (2017). *Agua y Alimento*. Ministerio del Ambiente Perú, Perú. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>
- Gamarra, T. O., Barrera, G. M., Barboza, C. E., Rascón, B. J., & Corroto, F. (2018). *Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú*. *SciELO*, 25(1). Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a11v25n1.pdf>
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). *Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos*. *SciELO*, 7(2), 52-73. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Gonzales, D. (2019). *"Evaluación de la calidad de agua del Río Mancos mediante el uso de diatomeas para su uso agrícola-2018"*. Huaraz, Perú.
- González, C. (21 de Noviembre de 2011). *La turbidez, Servicio de Extensión Agrícola*. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLObj-859/maguaturbidez.pdf>
- Guadarrama, T. R., Kido, M. J., Roldan, A. G., & Salas, S. M. (2016). *Contaminación del agua*. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guzmán, K., & Leiva, D. (2015). *"USO DE DIATOMEAS (Bacillariophyceae) COMO BIOINDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ, 2015"*. Perú. Obtenido de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1042/USO%20%20DE%20DIATOMEAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hahn, V. C., Toro, D. R., Grajales, Q. A., Duque, Q. G., & Serna, U. L. (2009). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FISICOQUÍMICOS, EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA, UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPIO DE PALESTINA, COLOMBIA*. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682009000200007
- Heinrich, C., Leal, V., Schuch, M., Dupont, A., & Lobo, E. (2014). *Epilithic diatoms in headwater areas of the hydrographical subbasin of the Andreas Stream, RS, Brazil, and their*. 26, 347-355.
- Inca, S. (2014). *Diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados*. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2998/446_2014_inca_or machea_s_faci_biologia_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INEN. (2013). *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de Normas Técnicas de Normalizacion: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2169-1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, .. (2010). *FASCÍCULO PROVINCIAL COTOPAXI*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>
- Isch, E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla*. Quito. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>
- Jacome, & Rojas. (2008). *Diseño de un parque ecológico para el desarrollo de actividades recreacionales en la cuenca del río Cutuchi*. Latacunga: Nuevas Ediciones S.A.
- Jaya, C. F. (2017). *dspace*. Recuperado el 01 de 07 de 2020, de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf>
- Korbut, S. (2012). *ingenieroambiental*. Obtenido de ingenieroambiental: <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>
- Larrea, J., Rojas, M., & Romeu, B. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas*. Cuba: Revista CENIC. Ciencias Biológicas,. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Lascano, L., & Muñoz, A. (2020). *IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL ÍNDICE TROFICO DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YANAYACU, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO SEPTIEMBRE 2019 - FEBRERO 2020*. Latacunga.

- Lenntech, B. (2019). *Lenntech*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/nitratos.htm#:~:text=62%20g%2Fmol-,Nitratos%20en%20el%20agua%20potable%3A%20efectos%20sobre%20la%20salud,enfermedad%20de%20los%20beb%C3%A9s%20azules%E2%80%9D>.
- Lobo, E., Callegaro, V., Hermany, G., Bes, D., Wetzel, C., & Oliveira, M. (2016). *Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication*.
- Lozano, Y., Vidal, L., & Navas, G. (2010). *Listado de diatomeas (bacillariophyta) para el mar caribe colombiano*. *Scielo*, 84. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v39n1/v39n1a06.pdf>
- Lucero, M., & Paredes, M. (2017). *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*. (Tesis de Grado). Ecuador.
- Medlin, L., & Kaczmarzka, I. (2004). *Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision*. *Phycologia*, 245-270.
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). *Tecnología en marcha*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-EstadoActualDeContaminacionConColiformesFecalesDeL-4835746.pdf>
- Muñoz, N. H., Suárez, S. J., Vera, R. A., Orozco, F. S., Batlle, S. J., Ortiz, Z. A., & Mendolia, A. J. (2012). *Demanda Bioquímica de Oxígeno y Población en la Subcuenca del Río Zahuapan, Tlaxcala, México*. 2-4. Recuperado el 01 de 07 de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a3.pdf>
- Ortega, L., & Acosta, A. (2016). *Determinación de fosforo y fosfato en el agua*. Cauca. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/350970529/Informe-de-Fosfatos-y-Fosforo-1>
- Palomares, A. (2015). *Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento*. Obtenido de Esfera del Agua: <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- Paz, L. (2017). *“IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES ABUNDANTES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO PITA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA”*. QUITO.
- Peñañiel, D., & Quicaliquin, N. (2019). *Identificación de diatomeas epilíticas asociadas al nivel de eutrofización del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, 2019*. Latacunga.
- Pérez, E. R. (2010). *CALIDAD DEL AGUA-Un enfoque multidisciplinario*. Mexico. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Mexico/iiec-unam/20110804014021/Calidagua.pdf>

- Piña, L.-V. J., González, F. L., Gutiérrez, A. O., Márquez, L. L., & Alfonso Del Cristo, T. (2019). *Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados*. *Revista Cubana de Química*. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000200293&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Posselt, E., & Adilson, C. (2010). *Universidad de Santa Cruz Do Sul*. Obtenido de <https://www.unisc.br/pt/2016-09-19-20-55-20/iqadata>
- Pulla, E. P. (26 de Junio de 2007). *Calidad de agua Oxígeno Disuelto*. *Escuela Superior Politécnica de Litoral*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Quishpe, D. D. (2018). *IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO CUTUCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO OCTUBRE A MARZO 2018 (Tesis de Grado)*. Latacunga.
- Rosero, K. (2016). *“ESTABLECIMIENTO DE UN ÍNDICE BIÓTICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUAS DE LOS RÍOS ANDINOS PRESENTES EN EL ECUADOR BASADO EN POBLACIONES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS”*. QUITO.
- Rubio, H., & Ortiz, R. (2014). *Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en Chihuahua, México*. *SciELO Analytics*, 39-150. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000200005
- Ruíz, E., & Lecca, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 75-76. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Savada, D., & Purves, w. (2009). *La ciencia de la biología*. Bogotá: Editorial Medica Panamericana. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=Rlw3cKDaMfEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Secretaria del Agua, .. (2016). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA*. Quito. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Singler, A., & Bauder, J. (2012). *Sólidos totales disueltos (STD)*. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- SNET. (2016). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA” (Servicio Nacional de Estudios Territoriales)*. Salvador Centro América. Obtenido de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

- Soler, A., Pérez, M., Aguilar, E., & Villarreal, I. (2012). DIATOMEAS DEL CANAL DE PANAMÁ. *Revista de investigación del canal de Panama*, 27-34. Recuperado el 02 de 02 de 2020, de <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/2018/cuencahidrografica/diatomeasdelcanaldepanamabioindicadoresyotrosetudiospioneros.pdf>
- Toro, M., Robles, S., Inés, T., Prat, N., Sola, C., & Beltran, D. (2009). *Aguas continentales corrientes. Ecosistemas lóticos*. (M. d. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ed.) 134. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/32_tcm38-196771.pdf
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). *índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano*. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 3-5. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. México.
- Universidad de León. (2014). *Laboratorio de diatomología (Las Diatomeas)*. Obtenido de <https://institutos.unileon.es/laboratorio-de-diatomologia/las-diatomeas/>
- Uvillus, S. (2017). *CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN EN EL RÍO "LA COMPAÑÍA", CANTÓN MEJÍA. QUITO*.
- Vásquez, E., & Rojas, T. (Mayo de 2016). *Teorías y problemas*. Obtenido de <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Verger, E. (4 de Julio de 2017). *Ciencia Today*. *Ciencia Today*. Obtenido de <https://cienciatoday.com/diatomeas-importancia-aplicaciones/>

16. ANEXOS

Anexo No. 1.

Fotografías del punto medio durante el muestreo del mes de febrero del 2020 del río Yanayacu.

Fotografía N°1



Río Yanayacu.

Fotografía N°2



Medición del OD,
Turbidez.

Fotografía N°3



Selección de la piedra.

Fotografía N°4



Limpieza de la piedra con
agua destilada y un cepillo.

Fotografía N°5



Sedimento de color
pardo en el recipiente
(diatomeas epilíticas).

Fotografía N°6



Toma de muestras para
el análisis fisicoquímico
del Río Yanayacu.

Anexo No. 2.

Fotografías de los análisis físico-químico y microbiológicos del río Yanayacu del mes de febrero del 2020

Fotografía N°7



Pipetas de plástico para la toma de la muestra.

Fotografía N°8



Campana extractora de gases la cual ayuda a hervir en el vaso de precipitación los tubos falcón para su debida limpieza de las diatomeas.

Fotografía N°9



Centrifugación de la muestra de diatomeas epilíticas.

Fotografía N° 10



Lista la muestra centrifugada para retirar el sobrenadante.

Fotografía N°11



La muestra de diatomeas epilíticas limpia para poner en la porta objetos.

Fotografía N°12



Identificación de las diatomeas epilíticas.

Anexo No. 3.*Especies de Diatomeas Epilíticas del Sector San Juan (Parte Media).***Tabla 15.***Identificación de las especies de Diatomeas Epilíticas del mes de febrero.*

Especie	Descripción	Imagen
Familia: Achnanthidiaceae		
<i>Planothidium amphibium</i>	Válvulas lanceoladas con ápices capitados, estrías multiseriadas, dentro del área central contiene una depresión bordeada en la superficie interna de la válvula, esta mide de largo: 30 μ m y ancho: 6 μ m.	
<i>Planothidium frequentissimum</i>	Mide de largo: 36 μ m y de ancho: 4 μ m, con valvas elípticas a linear-elípticas con ápices ampliamente redondeados. Rafe recto con sus extremos expandidos, tiene un área axial estrecha y su área central es elíptica. presente en aguas de contaminación moderada.	
Familia: Bacillariaceae		
<i>Hantzschia amphioxys</i>	Valvas lineares semiarqueadas, con el margen fibulado cóncavo y el margen opuestos convexo; ápices agudamente rostrados. Rafe marginal; con sus fibrillas centrales más separadas que el resto. Estrías radicales, la cual mide de largo: 53 μ m y ancho: 3,5 μ m.	
<i>Hantzschia bacillariophyta</i>	Presenta una valva rectangular larga con estrías lineares rectas divididas en dos líneas las cuales se encuentran situadas en toda la valva interna. esta mide de largo: 15 μ m y ancho: 3 μ m.	
<i>Nitzschia incospicua</i>	Mide de largo: 24 μ m y ancho: 6 μ m, esta presenta valvas lanceoladas, esta especie se puede encontrar en agua de contaminación moderada.	

Nitzschia linearis

Valvas lineares estrechadas en el centro, ápices curvados. Elevada densidad de fíbulas, irregulares, presentes en aguas con una contaminación moderada, esta especie mide de largo: 30 μ m y ancho: 3 μ m.



Familia: Catenulaceae

Amphora pediculus

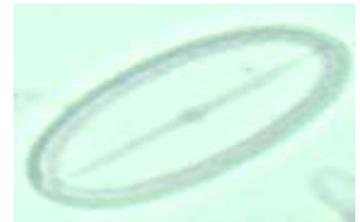
Presenta una válvula dorsiventral con margen dorsal arqueado su área axial es muy estrecha, estrías dorsales punteadas con 2-3 hileras de areolas cerca del área central, la cual mide de largo: 15 μ m y ancho: 4 μ m.



Familia: Cocconeidaceae

Cocconeis lineata

Miden de largo: 23 μ m y ancho: 12 μ m Valva sin rafe con areolas circulares y un pseudorrafe central lanceolado, están presentes en ríos limpios hasta las charcas más ricas en materia orgánica.



Familia: Cymbellaceae

Encyonema lange-bertalotii

Válvula dorsiventral con ápices subrostrados curvados, orientados ventralmente, con arco continuo, y rafe filiforme, mide de largo: 15 μ m y ancho: 5 μ m.



Familia: Fragilariaceae

Fragilaria vaucheriae

Válvulas lineales y estrechas de 4-5 μ m de ancho y 14-24 μ m de largo. Las estrías son paralelas con costas anchas, la cual mide de largo: 24 μ m y ancho: 3 μ m.

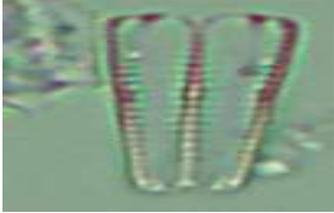
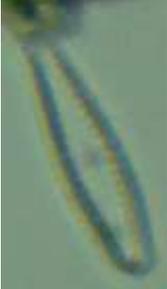


Familia: Gomphonemataceae

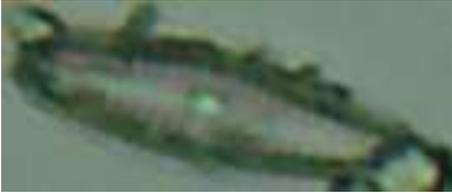
Gomphonema parvulum

Presentes valvas elipticolanceoladas más anchas con polos rostrados, sus estrías son lineares y paralelas, las cuales miden de largo: 22 μ m y ancho: 6 μ m.



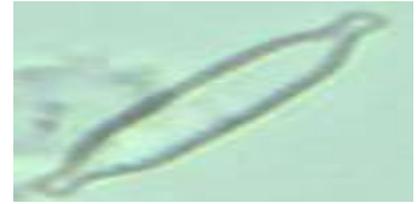
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i>	Valvas linear-lanceoladas, con rafe ligeramente pronunciados y estrías gruesas y paralelas, miden de largo: 20 μ m y ancho: 4 μ m.	
<i>Gomphonema pumilum</i>	Válvulas ligeramente asimétricas al eje transapical, con ápices redondeados, estrías gruesas y espaciadas, la cual mide de largo: 21 μ m y ancho: 3 μ m.	
<i>Gomphonema rhombicum</i>	Mide de largo: 20 μ m y ancho: 3 μ m, posee células grandes con estrías cortas y amplia zona hialina a través del eje apical, tienen dos líneas de puntos las cuales atraviesan la célula en visión pleural.	
<i>Gomphonema subclavatum</i>	Valvas clavadas, con el polo apical ampliamente redondeado. Rafe sinuoso, con extremos expandidos., presenta un área axial amplia, mide de largo: 18 μ m y ancho: 3 μ m.	

Familia: Naviculaceae

<i>Navicula tripunctata</i>	Mide largo: 28 μ m y ancho: 6 μ m Válvulas lineales lanceoladas con extremos en forma de cuña, rafe recto, el área axial es estrecha lineal con estrías casi paralelas.	
<i>Navicula veneta</i>	Las válvulas son lanceoladas con ápices moderadamente prolongados, tienen un área axial estrecha y recta, su rafe es recto en forma de una gota con estrías que se irradian ligeramente alrededor del centro, estas miden de largo: 27 μ m y ancho: 6 μ m.	
<i>Navicula wildii</i>	Válvulas estrechamente lanceoladas con ápices gradualmente atenuados y obtusamente redondeados, rafe filiforme, área axial estrecha, sus estrías son radiantes, mide de largo: 26 μ m y ancho: 8 μ m.	

Navicula Gregaria

Posee válvulas lanceoladas con vértices prolongados. El área axial es estrecha y recta, su rafe es recto, proximal externo termina doblado hacia el lado primario. Estrías se irradian ligeramente y se vuelven paralelas con areolas visibles, mide de largo: 25 μ m y ancho: 6 μ m.



Familia: Rhoicospheniaceae

Rhoicosphenia abbreviata

Frústulo arqueado en visión pleural, cuya valva convexa presenta rafe reducido (no visible). Estrías gruesas y septos cercanos a los polos, con una caracterización de contaminación leve, mide de largo: 22 μ m y ancho: 10 μ m.



Familia: Rhopalodiaceae

Rhopalodia musculus

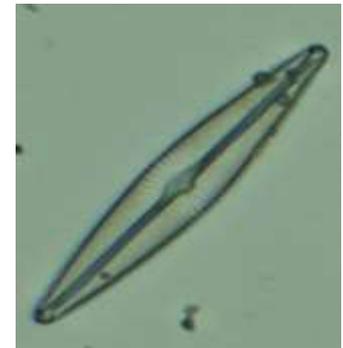
Valvulas semi-elípticas fuertemente convexas a lo largo del margen dorsal, su rafe se encuentra en el canal a lo largo del margen dorsal, mide de largo: 15 μ m y ancho: 6 μ m.



Familia: Staurosiraceae

Stauroneis acuta

Válvulas rómbico-lanceoladas y algo gibosas en el centro con ápices redondeados, el área axial es estrecha en los vértices y ancha en el centro. Las fisuras externas del rafe son laterales y se vuelven filiformes en los extremos distal y proximal, ahí están débilmente expandidos y casi rectos, estas especies prefieren aguas alcalinas y con niveles bajos de sólidos disueltos. Mide de largo: 37 μ m y ancho: 7 μ m.



Staurosira construens var.
binodis

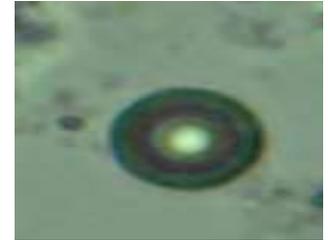
Válvulas bionduladas, la cara de la válvula es plana con frústulas rectangulares, sus células forman colonias en forma de cintas unidas por espinas, mide de largo: 25 μ m y ancho: 6 μ m



Familia: Stephanodiscaceae

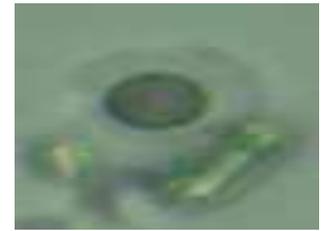
Cyclotella atomus

Válvula plana con estrías cortas dispuestas alrededor del margen de la misma, con una fultoportula hacia el centro de la válvula la cual aparece como un punto oscuro, mide de largo: 18 μ m y ancho: 18 μ m.



Cyclotella meneghiniana

Válvula en forma de disco con un manto estrecho, con estrías marginales, el área central contiene 1-4 fultoportulas con diámetro de 6.24-18.12 μ m, mide de largo: 18 μ m y ancho: 18 μ m.



Pseudostaurosira polonica

Presenta válvulas lineales, sus estrías son anchas, su estructura es en forma de costra o ampollas, se concentran en aguas dulces, mide de largo: 15 μ m y ancho: 10 μ m.



Elaborado por: Maiquiza Katty y Tonato Gabriela

Anexo No. 4.*Hoja de vida de autores***HOJA DE VIDA****DATOS PERSONALES**

NOMBRES:	Katty Elizabeth	
APELLIDOS:	Maiquiza Ramírez	
FECHA DE NACIMIENTO:	31 de Agosto 1996	
EDAD:	24 años	
CÉDULA:	180522397-9	
ESTADO CIVIL:	Soltera	
DIRECCIÓN DOMICILIARIA:	San Andrés Barrio Huapante Grande	
TELÉFONO DEL DOMICILIO:	03-213-6060	
CELULAR:	0967183294	
CORREO ELECTRÓNICO:	katherine_elizabeth@outlook.es	

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARÍA:	Unidad Educativa Latinoamérica Unida.
SECUNDARIA:	Instituto Tecnológico Superior “Los Andes”
TÍTULO OBTENIDO:	Bachiller en "Ciencias".
SUPERIOR:	Universidad Técnica de Cotopaxi.
TÍTULO POR OBTENER:	Ingeniería en Medio Ambiente

CURSOS REALIZADOS

- ✓ Red Iberoamericana de Medio Ambiente como comité organizador, en el marco del III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible - Ecuador 2017, con una duración de 40 horas.
- ✓ Universidad Técnica de Cotopaxi por la participación en el I Seminario Internacional de Fiscalización, Seguimiento y Control Ambiental, con una duración de 40 horas.
- ✓ Universidad Técnica de Cotopaxi - Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente por la participación y aprobación del Curso - Taller de Diseño de Plantas de Tratamiento, con una duración de 40 horas.

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRES:	Gabriela Katherine	
APELLIDOS:	Tonato Unapucha	
FECHA DE NACIMIENTO:	23 de Enero 1994	
EDAD:	25 años	
CÉDULA:	050408106-8	
ESTADO CIVIL:	Soltera	
DIRECCIÓN DOMICILIARIA:	Mulliquindil Santa Ana Barrio Sur Central	
TELÉFONO DEL DOMICILIO:	032-705-515	
CELULAR:	0998458650	
CORREO ELECTRÓNICO:	gaby94k@hotmail.com	

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARÍA:	Unidad Educativa Emilio Terán.
SECUNDARIA:	Unidad Educativa San José “La Salle”
TÍTULO OBTENIDO:	Bachiller en “Químico Biólogo”.
SUPERIOR:	Universidad Técnica de Cotopaxi.
TÍTULO POR OBTENER:	Ingeniería en Medio Ambiente.

CURSOS REALIZADOS

- ✓ Infocentro Mulliquindil participación de un TIC de emprendimiento.
- ✓ Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi participación en la “Capacitación a los sujetos de control en Planes de Manejo Ambiental, Panes de Acción”, realizado en Latacunga, 21 de noviembre de 2018, con una duración de (8horas).
- ✓ Universidad Técnica de Cotopaxi - Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente por la participación y aprobación del Curso - Taller de Diseño de Plantas de Tratamiento, con una duración de 40 horas.

Anexo No. 5.*Hoja de vida de tutor*

CURRICULUM VITAE 1

**1.- DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS
 NOMBRES: MANUEL PATRICIO
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582
 NÚMEROS TELEFÓNICOS: 032824577 – 0992050541
 E-MAIL: patricio_clavijo2005@yahoo.com
 manuel.clavijo@utc.edu.ec

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CÓDIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y QUÍMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	28 de JUNIO DEL 2017	1036-2017-185915

3.- EXPERIENCIA LABORAL

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin-Galápagos. 1991.
- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- ❖ Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- ❖ Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental.
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental – UTC

4.-CURSOS DE CAPACITACIÓN

CURSO	TEMÁTICA	FECHA	Nro. DE HORAS
CERTIFICADO	FORO LEY MINERA	ENERO 2009	40
CERTIFICADO	MESA REDONDA SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AMBIENTE	JUNIO 2010	8
CERTIFICADO	SEMINARIO SOBRE TUTORÍA E INVESTIGACIÓN	DICIEMBRE 2010	32
CERTIFICADO	SEMINARIO SOBRE FUNDAMENTOS DE GESTIÓN DE ESPACIOS NATURALES	DICIEMBRE 2010	15
CERTIFICADO	I CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y MEDIO AMBIENTE 2012	OCTUBRE 2012	40
CERTIFICADO	IV FORO CLIMÁTICO REGIONAL 2013: SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN INTERANDINA, AMAZÓNICA Y EN LA PROV. DE COTOPAXI PARA EL TRIMESTRE JUNIO-AGOSTO 2013	13 JUNIO 2013	20
CERTIFICADO	I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – UNIVERSIDAD NACIONAL DE BOLÍVAR	JULIO 2013	40
CERTIFICADO	TERCER SIMPOSIO DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL PERÚ	SEPTIEMBRE 2013	80
CERTIFICADO	TALLER DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTALES PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE: RETOS, OPORTUNIDADES Y LECCIONES APRENDIDAS.	OCTUBRE 2013	20

CERTIFICADO	JORNADAS DE ACTUALIZACIÓN: SEGURO AGRARIO, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	NOVIEMBRE 2013	40
CERTIFICADO	I JORNADA DE GESTIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	DICIEMBRE 2013	40
CERTIFICADO	INSTRUCTOR DEL SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN ACADÉMICA DE BIOTECNOLOGÍA	MARZO 2013	40
CERTIFICADO	CONGRESO Y EXPO DE HIDROCARBUROS Y MEDIO AMBIENTE	MAYO 2014	40
CERTIFICADO	SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA FORMAS DE ANÁLISIS Y HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS IAEN-QUITO	JUNIO 2014	40
CERTIFICADO	SEMINARIO INTERNACIONAL "AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA"	15 - 19 JULIO 2014	40
CERTIFICADO	SEMINARIO INTERNACIONAL "AGROECOLOGÍA Y SOBERANÍA ALIMENTARIA"	22 - 26 JULIO 2014	40
CERTIFICADO	FUNCIONALIDAD, MANEJO Y OPERATIVIDAD DEL MEDIDOR DE GASES DE FUENTES MÓVILES	NOVIEMBRE 2014	40
CERTIFICADO	MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS	DICIEMBRE 2014	40
CERTIFICADO	XI LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL AND SANITARY CHEMISTRY	ABRIL 2015	40
CERTIFICADO	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL	JUNIO 2015	40
CERTIFICADO	SEMINARIO INTERNACIONAL DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL	JUNIO 2015	40
CERTIFICADO	SEMINARIO INTERNACIONAL GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN ZONAS DE MONTANA	MAYO 2015	40
CERTIFICADO	TALLER DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA Y METEOROLOGÍA	SEPTIEMBRE 2015	30
CERTIFICADO	II JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL MEDIO AMBIENTE-ECUADOR	JUNIO 2016	40
CERTIFICADO	CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL	SEPTIEMBRE 2016	40
CERTIFICADO	CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES	FEBRERO 2017	40
CERTIFICADO	SEGUNDO SIMPOSIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN UISEK 2017	MAYO 2017	32

CERTIFICADO	CURSO DE MÉTODOS DE MUESTREO Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	JUNIO 2017	40
CERTIFICADO	III JORNADA IBEROAMERICANA EN SALUDO AL DIA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE-ECUADOR 2017	JUNIO 2017	40
CERTIFICADO	TALLER DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	SEPTIEMBRE 2017	16
CERTIFICADO	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ESTANDARIZADOS PARA ESTUDIOS AMBIENTALES EN ECUADOR CON MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	OCTUBRE 2017	18
CERTIFICADO	MIEMBRO DEL COMITÉ ORGANIZADOR DEL III SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN UNIVERSITARIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE – ECUADOR 2017	NOVIEMBRE 2017	40
CERTIFICADO	CURSO TALLER DE FUNDAMENTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	NOVIEMBRE 2017	40
CERTIFICADO	III SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN UNIVERSITARIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE ECUADOR 2017	NOVIEMBRE 2017	40
CERTIFICADO	PARTICIPACIÓN EN LA II JORNADA DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN CAREN 2018	FEBRERO 2018	20
CERTIFICADO	ESTADO DE LA CONSERVACIÓN DEL CONDOR ANDINO Y DEL OSO DE ANTEOJOS	MARZO 2018	40
CERTIFICADO	FORO: LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI	MARZO 2018	40
CERTIFICADO	ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS AMBIENTALES CAREN-UTC 2018	MARZO 2018	40
CERTIFICADO	CURSO TALLER DE MANEJO DE INSTRUMENTACIÓN AMBIENTAL	ABRIL 2018	40
CERTIFICADO	SEMINARIO NACIONAL AMBIENTAL	ABRIL 2018	16
CERTIFICADO	III CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE	ABRIL 2018	40
CERTIFICADO	SEMINARIO DE GESTIÓN ESTRATÉGICA	ABRIL 2018	40
CERTIFICADO	CURSO: INCUBADORA DE NEGOCIOS COMO MECANISMO DE VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA PARA LA INNOVACIÓN	AGOSTO 2018	40

	TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGRARIO – LIMA-PERÚ		
CERTIFICADO	I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019”	ENERO 2019	40

6.- PONENCIAS

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil, con el tema: Estudio de las plantas introducidas en las islas pobladas de Galápagos.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi por macroinvertebrados, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Blended Learning en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de Primero de Bachillerato de los colegios públicos del Cantón Latacunga, apoyando a la construcción colectiva de un aula virtual.
- Expositor en el III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo sostenible – Ecuador 2017, con el tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el III Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Integrados por un desarrollo sostenible”, con el tema: Análisis de los contaminantes por fuentes móviles en el Cantón Latacunga.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación del gen 18S como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epilíticas.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores en el río Calope, La Maná.

7.- SEMINARIOS DICTADOS

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

8.- PROYECTOS REALIZADOS

- Estudio de Plantas Introducidas en el Sector Urbano de la Provincia de Galápagos. Galápagos junio – diciembre 1991.
- Relación de la Universidad con el Sector Productivo en la Provincia de Cotopaxi. Latacunga Julio 1999.
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Director y Asesor de Tesis de la U. A. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado, con los temas:
 - Elaboración de Cerveza a partir de Maíz (*Zea mays*), Mote (*Zea mays* var.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*) por medio de Métodos Tradicionales del Ecuador.

- Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
- Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
- Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
- Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
- Diseño de una Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
- Elaboración de sopa instantánea de arroz de cebada con tres tipos de saborizantes como alternativa de alimentación. 2013.
- Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
- Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
- Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
- Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujili. 2015.
- Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
- Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
- Estudio biótico en el Rio Ambi, 2016
- Determinación de la calidad del agua a partir de macro y microinvertebrados de la Laguna Anteojos del Parque Nacional Llanganates 2017.
- Manejo integrado del Relleno Sanitario de la Mancomunidad Pujilí – Saquisilí.
- Actividades de EXTENSIÓN UNIVERSITARIA periodos 2009 – 2010.
- Identificación de diatomeas epilíticas como bioindicadores en el río Cutuchi, Cotopaxi, Ecuador.

9.- ARTÍCULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.
- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O₂, CO₂, CO, NO_X Y SO₂ EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LA LAGUNA DE COLTA, CANTÓN COLTA, CHIMBORAZO, ECUADOR.
- Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA.

Anexo No. 6.*Aval de Traducción***CENTRO DE IDIOMAS*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: MAQUIZA RAMÍREZ KATTY ELIZABETH y TONATO UNAPUCHA GABRIELA KATHERINE**, cuyo título versa **"IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JUAN, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI, 2020 "**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020.

Atentamente,


.....
Lic. Marcelo Pacheco Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050261735-0

