



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A  
LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILLUCHI, CANTÓN  
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO OCTUBRE  
2020 - MARZO 2021”**

---

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

**Autoras:**

Gallegos Martínez Diana Carolina  
Vilela Muñoz Cinthia Jamileth

**Tutor:**

Clavijo Cevallos Manuel Patricio M.Sc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Diana Carolina Gallegos Martínez, con cédula de ciudadanía No. 1104650732; y, Cinthia Jamileth Vilela Muñoz, con cédula de ciudadanía No. 0504537523; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021”, 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, 05 de marzo del 2021

Diana Carolina Gallegos Martínez  
Estudiante  
CC: 1104650732

Cinthia Jamileth Vilela Muñoz  
Estudiante  
CC: 0504537523

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos  
Docente Tutor  
CC: 0501444582

## 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 **GALLEGOS MARTÍNEZ DIANA CAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1104650732** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado 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 “**Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021”

**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 05 días del mes de marzo del 2021.

Diana Carolina Gallegos Martínez  
**LA CEDENTE**

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga  
**LA CESIONARIA**

## 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 **VILELA MUÑOZ CINTHIA JAMILETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0504537523** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado 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 **“Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021”

**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 05 días del mes de marzo del 2021.

Cinthia Jamileth Vilela Muñoz  
**LA CEDENTE**

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga  
**LA CESIONARIA**

## **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 DE AGUA DEL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO OCTUBRE 2020 - MARZO 2021”**, de Gallegos Martínez Diana Carolina y Vilela Muñoz Cinthia Jamileth, 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, 05 de marzo del 2021

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**DOCENTE TUTOR**

CC: 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: Gallegos Martínez Diana Carolina y Vilela Muñoz Cinthia Jamileth, con el título del Proyecto de Investigación: “IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO OCTUBRE 2020 - MARZO 2021”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 05 de marzo del 2021

Lector 1 (Presidente)  
Ing. Mg. José Agreda Oña  
CC: 0401332101

Lector 2  
Ing. Mg. Oscar Daza Guerra  
CC: 0400689790

Lector 3  
Lcdo. Mg Jaime Lema Pillalaza  
CC: 1713759932

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a mi madre que ha sido mi pilar fundamental, quien con su esfuerzo, dedicación y amor me inculcó valores en el transcurso de mi vida enseñándome a apreciar todo lo que tengo, dándome ejemplo de sacrificio y humildad; siempre creyendo en mí para así culminar mi etapa profesional. A su vez, expreso mi gratitud a mi papá y mi familia quienes siempre han estado presentes a pesar de la distancia.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, 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 Ing. José Ágreda, Ing. Oscar Daza e Ing. Jaime Lema por su orientación brindada en la elaboración de mi proyecto de investigación.

Quiero expresar un sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la UTC por la apertura del Laboratorio de Medio Ambiente para la utilización de sus instrumentos para realizar nuestra investigación.

Diana Gallegos

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación se lo dedico particularmente a mi madre Mery por ser mi motor de vida y ejemplo a seguir, que, gracias a su apoyo incondicional logré culminar nuestro gran anhelado sueño y ser su orgullo por haber cumplido una meta más, demostrándome que una puede lograr todo lo que se proponga en esta vida haciendo las cosas correctamente, a mi papá y a toda mi familia, amigos y a mi persona especial quienes siempre me apoyaron y nunca me dejaron sola.

Gracias.

Diana Gallegos

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiar mis pasos y permitirme llegar a cumplir una de las muchas metas planteadas, a mis padres que con sabiduría han educado a una mujer con valores y determinación para cumplir con sus obligaciones.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, al director de la carrera M.Sc. Patricio Clavijo por el apoyo y orientación brindada en la elaboración de mi trabajo investigativo.

Cinthia Vilela

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo investigativo se lo dedico con mucho amor a mi madre, quien es el motivo fundamental que hace que me levante y siga cumpliendo mis metas, quien siempre veló porque no me acueste con el estómago vacío después de una larga jornada, a mi familia por su confianza brindada, diciéndome que siempre llegaré alto en todo lo que me proponga y a mis amigos y amigas que siempre me dieron ese empujón que necesitaba cuando sentía que no podía con tanta presión.

Cinthia Vilela

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO OCTUBRE 2020 - MARZO 2021”.**

**AUTORAS:**

Gallegos Martínez Diana Carolina  
Vilela Muñoz Cinthia Jamileth

**RESUMEN**

En el presente proyecto de investigación se logró identificar diferentes especies de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad del agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, en donde se identificó un total de 31 especies de diatomeas epilíticas en el recurso hídrico; se realizó el muestreo en tres puntos específicos a lo largo del río durante los meses de noviembre, diciembre 2020 y enero 2021; en el punto alto (Laguna de Salayambo) se encontró 29 especies donde 8 son abundantes: *Cyclostephanos invisitatus*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia linearis*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabellaria flocculosa*; mientras que en el punto medio (Hacienda Noelanda) se identificó 30 especies de las cuales 9 son abundantes: *Achnantheidium minutissimum*, *Cyclostephanos invisitatus*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Grunowia sinuata*, *Melosira varians*, *Pinnularia maior*, *Rhoicosphenia abbreviata*; finalmente en el punto bajo (Barrio Saragosín) existieron 31 especies donde 7 se consideraron abundantes entre las cuales están: *Cocconeis lineata*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema clavatum*, *Rhoicosphenia abbreviata*; reconociendo en los tres puntos de muestreo un total de 6228 individuos. Para calcular el Índice de calidad del agua (ICA) se utilizó 9 parámetros físico-químicos y microbiológicos entre ellos: (pH, Temperatura, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, Nitratos, Fosfatos, Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO5”), los cuales se procesaron en el programa IQADData, donde el punto 1 obtuvo un resultado de 70,18 indicando una calificación Regular, mientras que el punto 2 indicó una calificación Regular con un valor de 52,2 y por último en el punto 3 tuvo un valor de 46,87 siendo su calificación Mala. Posteriormente, se comparó el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) mediante sus tablas; donde el punto 1 obtuvo un valor de 1,41 indicando que es un valor Oligotrófico es decir su contaminación es despreciable, en el punto 2 el valor fue de 1,53 siendo  $\beta$ -mesotrófico es decir posee contaminación moderada y para el punto 3 dio un valor de 2,61 verificando un estado  $\alpha$ -mesotrófico que indica contaminación fuerte. Por lo tanto, en este estudio las diatomeas están relacionadas al índice de calidad del agua del río, ya que mientras varíen los parámetros mencionados anteriormente las mismas aumentarán o disminuirán considerablemente; pero a su vez existirán factores climáticos que alteren el estudio, tales como las precipitaciones que alteraron el nivel de clorofila en el punto 1 durante el mes de diciembre.

**Palabras clave:** Bioindicadores/ contaminación/ diatomeas epilíticas/ Índice de Calidad del Agua (ICA)/ Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA)/ recurso hídrico

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**THEME: "IDENTIFICATION OF EPILITHIC DIATOMS LINKING WITH WATER QUALITY AT ILLUCHI RIVER, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE, FROM OCTOBER 2020 TO MARCH 2021"**

**AUTHORS:**

Gallegos Martínez Diana Carolina  
Vilela Muñoz Cinthia Jamileth

**ABSTRACT**

In this research was possible to identify different species of epilithic diatoms associated with the water quality of the Illuchi river, where a total of 31 epilithic diatoms species were identified at the water resource; The sampling was carried out at three specific points along the river during November, December 2020 and January 2021; at the high point (Laguna de Salayambo) 29 species were found where 8 are abundant: *Cyclostephanos invisitatus*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia linearis*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabellaria flocculosa*; while at the midpoint (Hacienda Noelanda) 30 species were identified of which 9 are abundant: *Achnantheidium minutissimum*, *Cyclostephanos invisitatus*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Grunowia sinuata*, *Melosira varians*, *Pinnularia maior*, *Rhoicosphenia abbreviata*; finally in the low point (Barrio Saragosín) there were 31 species where 7 were considered abundant among which are: *Cocconeis lineata*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema clavatum*, *Rhoicosphenia abbreviata*; recognizing a total of 6228 individuals at the three sampling points. To calculate the Water Quality Index (ICA), 9 physical-chemical and microbiological parameters were used, among them: (pH, Temperature, Turbidity, Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solids, Nitrates, Phosphates, Fecal Coliforms and Biochemical Oxygen Demand " BOD5 "), which were processed in the IQADData program, where point 1 obtained a result of 70.18 indicating a Regular rating, while point 2 indicated a Regular rating with a value of 52.2 and finally in point 3 had a value of 46.87 being its Bad rating. Subsequently, the Water Quality Trophic Index (ITCA) was compared through its tables; where point 1 obtained a value of 1.41 indicating that it is an oligotrophic value, that is, its contamination is negligible, at point 2 the value was 1.53 being  $\beta$ -mesotrophic, that is, it has moderate contamination and for point 3 it gave a value of 2.61 verifying an  $\alpha$ -mesotrophic state that indicates strong contamination. Therefore, in this study, diatoms are related to the river water quality index, since while the parameters mentioned above vary, they will increase or decrease considerably; but in turn there will be climatic factors that alter the study, such as the rainfall that altered the chlorophyll level at point 1 during the month of December.

**Keywords:** Bioindicators / epilithic diatoms / Water Quality Index (ICA) / Trophic Water Quality Index (ITCA) / water resource

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
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
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xxii
1. Información General.....	1
2. Introducción.....	2
3. Justificación del Proyecto. ....	3
4. Beneficiarios del Proyecto. ....	4
5. El Problema de Investigación.....	4
6. Objetivos.....	5
6.1. General.....	5
6.2. Específicos. ....	6
7. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados.....	6
8. Fundamentación Científico Técnica.....	8
8.1. Agua.....	8
8.2. Polaridad del Agua.....	8
8.3. Calidad de Agua.....	8

8.4. Fuentes de Contaminación. ....	9
8.5. Aguas Residuales Urbanas. ....	9
8.6. Parámetros de Calidad de Agua. ....	10
8.6.1. Parámetros Físicos. ....	10
8.6.2. Parámetros Químicos. ....	11
8.6.3. Parámetros Microbiológicos. ....	13
8.7. Contaminación del Agua. ....	13
8.7.1. Contaminación Natural. ....	13
8.7.2. Contaminación Artificial. ....	14
8.8. Índices de Calidad de Agua. ....	14
8.8.1. Índice de Calidad del Agua (ICA). ....	14
8.9. Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA). ....	15
8.10. Diatomeas. ....	16
8.10.1. Origen. ....	17
8.10.2. Pared Celular. ....	17
8.10.3. Hábitat. ....	18
8.10.4. Reproducción. ....	18
8.10.5. Estructura de las Diatomeas. ....	19
8.10.6. Clasificación de las Diatomeas. ....	19
8.11. Diatomeas como Indicadores Biológicos. ....	21
9. Marco Legal. ....	22
10. Preguntas Científicas. ....	27
11. Métodos, Técnicas e Instrumentos. ....	27
11.1. Métodos. ....	27
11.1.1. Método Analítico. ....	27
11.1.2. Método Cualitativo. ....	28
11.1.3. Método Cuantitativo. ....	28

11.2. Técnicas. ....	28
11.2.1. Técnica documental o bibliográfica. ....	28
11.2.2. Técnica de campo. ....	29
11.2.3. Técnica de Observación de Laboratorio. ....	29
11.3. Instrumentos. ....	29
11.3.1. Fichaje. ....	29
11.3.2. GPS.....	30
11.3.3. Guías taxonómicas.....	30
11.3.4. Multiparámetros. ....	30
11.3.5. Microscopio.....	30
11.3.6. Espectrofotómetro.....	30
11.3.7. Turbidímetro.....	31
12. Metodología de la Investigación. ....	31
12.1. Descripción del Área de Estudio.....	31
12.2. Ubicación del Estudio. ....	31
12.3. Descripción del sitio de estudio. ....	32
12.3.1. Método de Muestreo de Diatomeas Epilíticas.....	35
12.3.2. Procesamiento de muestras de diatomeas en la fase de laboratorio. ....	36
12.3.3. Procesamiento de muestras de agua en la fase laboratorio.....	37
13. Herramientas para analizar los Resultados. ....	38
13.1. ArcGIS 10.1. ....	38
13.2. IQA-Data. ....	38
14. Resultados. ....	38
14.1. Indicadores Abióticos. ....	38
14.1.1. Análisis <i>In Situ</i> .....	38
14.1.2. Análisis de Laboratorio. ....	39
14.2. Índice de Calidad de Agua (ICA).....	50

14.2.1. Variables que representan Mayor Impacto en la Calificación del Índice de Calidad del Agua.....	53
14.3. Indicadores Bióticos.....	55
14.4. Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA).....	59
15. Discusión de Resultados. ....	61
16. Preguntas Científicas y Verificación.....	63
17. Impactos (Técnicos, Sociales, Ambientales o Económicos).....	65
17.1. Impactos Técnicos. ....	65
17.2. Impactos Sociales. ....	65
17.3. Impactos Ambientales.....	65
17.4. Impactos Económicos. ....	66
18. Conclusiones... ..	66
19. Recomendaciones. ....	68
20. Glosario.....	69
21. Bibliografía.....	73
22. Anexos.....	78
Anexo A. Fotografías del punto 1 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi” .....	78
Anexo B. Fotografías del punto 2 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi” .....	79
Anexo C. Fotografías del punto 3 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi” .....	79
Anexo D. Fotografías de los análisis físico- químico y microbiológico del Río “Illuchi” durante los meses de noviembre, diciembre 2020 y enero 2021.....	80
Anexo E. Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para la determinación del IQA del río “Illuchi” .....	81
Anexo F. Diatomeas encontradas en el punto uno del río Illuchi durante los meses de noviembre, diciembre 2020 y enero 2021. ....	81

Anexo G. Informes de resultados de parámetros físico-químicos de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de noviembre del 2020.....	89
Anexo H. Informes de resultados de parámetros físico-químicos de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de diciembre del 2020.....	90
Anexo I. Informes de resultados de clorofila de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de enero del 2021.....	92
Anexo J. Hoja de Vida de los Autores.....	93
Anexo K. Hoja de Vida del Tutor.....	95
Anexo L. Aval de traducción.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios Proyecto.....	4
Tabla 2. Objetivos y Actividades.....	6
Tabla 3. Rangos para determinar el Índice de calidad del agua. ....	15
Tabla 4. Valor trófico de especies.....	16
Tabla 5. Ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Illuchi .....	32
Tabla 6. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 1).....	33
Tabla 7. Fauna Propia de la Zona (Punto 1) .....	33
Tabla 8. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 2).....	33
Tabla 9. Fauna Propia de la Zona (Punto 2) .....	34
Tabla 10. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 3).....	34
Tabla 11. Fauna Propia de la Zona (Punto 3) .....	35
Tabla 12. Valores de Temperatura en 3 puntos de muestreo del río Illuchi. ....	38
Tabla 13. Valores de pH en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	39
Tabla 14. Valores de Conductividad en 3 puntos de muestreo del río Illuchi. ....	40
Tabla 15. Valores de Oxígeno Disuelto en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	42
Tabla 16. Valores de Turbidez en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	43
Tabla 17. Valores de Fosfatos en 3 puntos de muestreo del río Illuchi. ....	44
Tabla 18. Valores de Nitratos en 3 puntos de muestreo del río Illuchi. ....	45
Tabla 19. Valores de Solidos Totales en 3 puntos de muestreo del río Illuchi. ....	45
Tabla 20. Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno en 3 puntos de muestreo del río Illuchi .....	47
Tabla 21. Valores de Coliformes Fecales en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	47
Tabla 22. Valores de Clorofila en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	48
Tabla 23. Valores de Caudal en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.....	49

Tabla 24. Resultados obtenidos según el IQA-Data en los tres puntos de muestreo ubicados en el río “Illuchi” .....	50
Tabla 25. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el Punto 1 (Alto). .....	55
Tabla 26. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el Punto 2 (Medio). .....	57
Tabla 27. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el punto tres. ....	58
Tabla 28. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto uno. ....	59
Tabla 29. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto dos. ....	60
Tabla 30. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto tres. ....	60
Tabla 31. Especies de diatomeas bioindicadores en cada punto de muestreo .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas y hábitats de algas en un recipiente de agua oligotrófico y eutrófico, EZ= zona eufótica.....	18
Figura 2. Cuadro comparativo de tres sistemas de clasificación de diatomeas. ....	20
Figura 3. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Illuchi.....	32
Figura 4. Resultados promedio de Temperatura, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	39
Figura 5. Resultados promedio de pH, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	40
Figura 6. Resultados promedio de Conductividad, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	41
Figura 7. Resultados promedio de Oxígeno Disuelto, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	42
Figura 8. Resultados promedio de Turbidez, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	43
Figura 9. Resultados promedio de Fosfatos, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	44
Figura 10. Resultados promedio de Nitratos, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	45
Figura 11. Resultados promedio de Solidos Totales, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	46
Figura 12. Resultados promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	47
Figura 13. Resultados promedio de Coliformes Fecales, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	48
Figura 14. Resultados promedio de Clorofila, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.....	49

Figura 15. Gráfico de análisis de resultados obtenidos en el IQA-Data en los tres puntos de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre 2020.....	51
Figura 16. Resultados promedio ICA, para tres sitios de muestreo del río Illuchi.....	52
Figura 17. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, punto 1 (Alto).....	53
Figura 18. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, Punto 2 (Medio). ....	54
Figura 19. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, Punto 3 (Bajo). ....	55

## 1. Información General.

**Título del Proyecto:**

“Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021”.

**Fecha de Inicio:**

25 de mayo del 2020.

**Fecha de Finalización:**

05 de marzo del 2021.

**Lugar de Ejecución:**

Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Belisario Quevedo.

**Facultad que Auspicia:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

**Carrera que Auspicia:**

Ingeniería en Medio Ambiente.

**Proyecto de Investigación Vinculado:**

Evaluación de Sostenibilidad Ambiental en Cuencas Hidrográficas de la provincia de Cotopaxi.

**Equipo de Trabajo:**

Tutor de Titulación: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos.

Investigadores: Gallegos Martínez Diana Carolina y Vilela Muñoz Cinthia Jamileth.

Lectores:

- Lector 1: Mg. Ágreda Oña José Luis.
- Lector 2: Ing. Daza Guerra Oscar René.
- Lector 3: Ing. Lema Pillalaza Jaime René.

**Área de Conocimiento:**

UNESCO: Ambiente-Recursos Hídricos.

**Línea de Investigación:**

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

**Sub-líneas de Investigación de la Carrera:**

Manejo y conservación de la biodiversidad.

**Línea de Vinculación:**

Línea 1 (UTC) Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

## 2. Introducción.

El presente trabajo está dirigido a la investigación para mejorar el análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local y más aún cuando se habla de la preservación de espacios acuáticos, pues bien, se sabe que el recurso hídrico es un factor clave para el desarrollo socio-económico del país, porque efectivamente están vinculados de manera directa con las actividades agrícolas, ganaderas, mineras, entre otras.

Una vez realizada la indagación en el río, se lo comparó con varios trabajos que han sido publicados por otros autores en los cuales mencionan datos que fueron de mucha utilidad al momento de reconocer y clasificar los resultados, una vez culminada la tesis se espera que los datos tomados y analizados sean un aporte para las futuras investigaciones que se incluyen en estos temas de conservaciones de medios.

Los análisis de calidad de agua por lo general tienen un costo muy elevado, es por ello que cuando existen este tipo de investigaciones que tiene por objetivo dar a conocer y definir la calidad del medio acuático, para poder verificar que sea agua de consumo o todo lo contrario que solo se pueda usar para riego, pues por lo general las personas que habitan cerca de los ríos no pueden saber qué es lo que beben y que alimentos están consumiendo.

Es por ello que una vez realizados los análisis en un laboratorio certificado se pudo comparar los resultados con el TULSMA donde según las tablas sobre límite máximo permisible (LMP) en base a la calidad de agua para riego se observó que los valores arrojados para sólidos totales, coliformes fecales, nitratos, fosfatos, pH, temperatura, conductividad, OD, DQO5, turbidez y clorofila, manifiestan que el río Illuchi tiene el fin de seguir como agua para cultivos debido a que a lo largo de su cauce presenta puntos con mayor contaminación por ende son aptos solo para la utilización agrícola y para el consumo de la fauna existente a sus alrededores.

### 3. Justificación del Proyecto.

La contaminación de los ríos que abastecen de agua a la provincia de Cotopaxi es cada día más notable, al recorrer de cerca los mismos se puede apreciar el mal aspecto en ellos, y uno de esos es el río Illuchi, este problema es consecuencia de los vertidos inmensurables de las poblaciones que habitan cerca del recurso hídrico que deterioran la condición del mismo, esto afectará paulatinamente la salud de muchas familias que utilizan este recurso para consumo y producción agrícola o ganadera. Ulloa (2016) menciona lo siguiente: “La ausencia de planificación llevó a los ríos de Latacunga a convertirse en focos de riesgo y contaminación ambiental, hoy son cloacas a donde van a parar sin tratamiento las aguas residuales y de manera inescrupulosa reciben diariamente residuos sólidos”.

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad identificar las especies diatomeas epilíticas asociadas al Índice de Calidad de Agua (ICA) de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi por medio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos los cuales pueden dar corroboración al resultado, este estudio se lo realizó mediante visitas de campo con ayuda de un GPS para ubicar de manera eficaz los puntos de muestreo en el río. En relación a lo anterior, Torres *et al.*, (2010) afirman lo siguiente

El índice ICA es un determinado modelo de cálculo, que permite resumir una gran cantidad de información en un sólo número que, comparado luego con una escala preestablecida, define la calidad del recurso y por la tanto los usos del mismo (p. 95).

Esta investigación sobre la identificación de especies diatomeas proporcionó información en relación a la calidad del agua del río ya antes mencionado, la cual no solamente favoreció a futuras investigaciones sobre recursos hídricos de la provincia de Cotopaxi o de la sierra, sino también sirvió como fundamento para estudios de algún otro río en Ecuador.

A su vez permitió que la vinculación que la (UTC) se vincule con la comunidad que habita en el sitio de estudio, planificando una reunión en la cual se va a ir difundiendo los resultados obtenidos de la investigación, ya que los ciudadanos tienen el derecho de informarse sobre las condiciones ya sean favorables o desfavorables del río que recorre su parroquia.

#### 4. Beneficiarios del Proyecto.

**Tabla 1. Beneficiarios Proyecto.**

Beneficiarios directos			Beneficiarios indirectos		
Habitantes de la parroquia de Belisario Quevedo			Habitantes del cantón Latacunga		
Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
2 991	3 368	6 359	82 301	88 188	170 489

Nota: Tomado del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

#### 5. El Problema de Investigación.

Según la Organización Mundial de la Salud considera que: “El agua está contaminada cuando su composición o estado natural se ven modificados de tal modo que pierde las condiciones aptas para el consumo”.

En su artículo Sánchez (2019) menciona que “pocas zonas del mundo se libran de que sus aguas continentales estén en mal estado”. La indebida creciente de las industrias no ayuda e incluso incrementa la gama de tóxicos que soportan ríos, lagos o aguas subterráneas con micro-plásticos y restos de productos farmacéuticos, cuyos efectos sobre la salud todavía no se pueden cuantificar debido a la falta de estudios.

Por otro lado, cada país es responsable de cómo tratar sus problemas es así que en Ecuador para los casos de descargas que no cuentan con autorización ambiental, el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE) tiene la potestad de tomar varias medidas, como: suspender la descarga, solicitar la regularización ambiental o tomar acciones legales en contra de los responsables, de acuerdo a la normativa vigente. (MAAE, 2017)

La contaminación es cada vez más notoria a nivel mundial, esto se puede verificar de muchas maneras y con diversas fuentes, pero una de las más confiables es el estudio del agua por medio de laboratorios certificados, en este caso se lo hizo en la microcuenca del río Illuchi la cual está viéndose afectada por los vertidos de las poblaciones que se encuentran asentadas a las orillas del mismo y por las descargas de químicos que son utilizados para la agricultura en los sectores aledaños.

Pero ¿De qué manera la identificación de diatomeas epilíticas está asociada a la calidad del agua del río Illuchi?

Las diatomeas epilíticas una vez identificadas pudieron ayudar a determinar la calidad de agua pues estas son importantes bioindicadores y es también considerado un proceso eficaz y accesible, que posee una gran facilidad de muestreo, observación y conservación de las muestras a ser estudiadas. Mediante la elaboración este proyecto de investigación y trabajos que contengan similar información se pudo determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) mediante laboratorio.

Andrade (2017) manifiesta que las diatomeas diversos límites de tolerancia a diferentes alteraciones del medio ambiente:

Es por ello, que se dice que las diatomeas son “insensibles” cuando no soportan nuevas condiciones y se comportan como “intolerantes”. Por otro lado, existen otras que son “tolerantes”, éstas que no se ven afectadas por los cambios en su medio ambiente. Se les considera como organismos indicadores de contaminación en un medio acuático, se utilizan como excelentes indicadores de las condiciones del agua en donde viven (calidad del agua, concentración de nutrientes, acidez en el agua, contaminación, metales pesados, etc.). Por estas cualidades, las diatomeas se utilizan para evaluar el cambio climático a través de las condiciones ambientales.

Por otro lado, la comunidad que habita cerca de las orillas del río Illuchi no tenían en conocimiento de la contaminación que puede existir, ya sea porque ellos inconscientemente enviaban sus desechos en los afluentes y generaban gran daño a los ecosistemas; las autoridades tenían y aún tienen la obligación de intervenir en este problema pues es generado por los moradores y de preferencia se puede evitar futuras complicaciones.

## **6. Objetivos.**

### **6.1.General.**

Identificar las diatomeas epilíticas asociadas a la calidad de agua del río Illuchi, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período octubre 2020 - marzo 2021.

## 6.2. Específicos.

- Determinar los sitios de estudio de los tres puntos de muestreo del río Illuchi ubicado en la parroquia Latacunga mediante georreferenciación.
- Identificar las especies de diatomeas epilíticas en cada uno de los puntos de muestreo del río Illuchi.
- Calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA) mediante los parámetros físicos, químicos, microbiológicos, relacionando el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) en base a las diatomeas epilíticas.

## 7. Actividades y Sistema de Tareas en Relación a los Objetivos Planteados.

**Tabla 2. Objetivos y Actividades.**

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (Técnicas e instrumentos)
Determinar los sitios de estudio de los tres puntos de muestreo del río Illuchi ubicado en la parroquia Latacunga mediante georreferenciación.	Georreferenciación el sitio de estudio Identificación de los tres puntos de muestreo Toma de fotografías de los tres puntos de muestreo.	Determinación de los puntos de muestreo en el río Illuchi. Reconocimiento del punto uno, dos y tres en el río Illuchi. Elaboración del mapa de la zona de estudio.	Georreferenciar los tres puntos de muestreo mediante la visita y observación del sitio de estudio para determinar el grado contaminación del río Illuchi. <i>Materiales:</i> GPS. Cuaderno de campo. Cámara fotográfica.
Identificar las especies de diatomeas epilíticas en cada uno de los puntos de muestreo del río Illuchi.	Recolección de muestras de diatomeas. Recolección de muestras de agua para la determinación de calidad de agua. Conservación y almacenamiento de muestras. Análisis de las muestras en el laboratorio.	Observación de la taxonomía de las diatomeas. Reconocimiento de las familias de diatomeas. Determinación de parámetros de calidad del agua del río Illuchi.	Obtener las muestras de diatomeas y muestras de agua de cada punto establecido. <i>Materiales:</i> Gafas protectoras. Mascarillas. Mandil. Cuaderno de campo. GPS. Cámara fotográfica. <i>Reactivos:</i> Agua destilada. Tratamiento de las muestras (Utilización de Normas INEN). <i>Materiales:</i>

	<p>Toma de fotografías.</p>	<p>Cinta adhesiva. Contenedor</p> <p>Evaluación de las muestras de diatomeas y muestras de agua en el laboratorio. Observación microscópica en laboratorio. <i>Equipos:</i> Microscopio. Centrifugadora. <i>Reactivos:</i> Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Ácido clorhídrico (HCl). Dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).</p> <p>Medición de parámetros de calidad de agua. <i>Equipos:</i> Espectrofotómetro HACH. Sonda de pH. Sonda de conductividad. Sonda de oxígeno disuelto.</p>
<p>Calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA) mediante los parámetros físicos, químicos, microbiológicos, relacionando el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) en base a las diatomeas epilíticas.</p>	<p>Investigación de bibliografía para comparación de valores teóricos con valores de tablas.</p> <p>Investigación bibliográfica de las familias de diatomeas.</p> <p>Determinación del índice de calidad de agua y el índice trófico con relación a las especies de diatomeas encontradas en el río Illuchi.</p>	<p>Estimación del Índice de Calidad de agua (ICA) y el Índice Trófico de Calidad (ITCA), mediante las especies diatomeas encontradas.</p> <p>Observación.</p> <p>Utilización de Fuentes Bibliográficas. <i>Materiales:</i> Computadora. Tabla del ICA Tabla del ITCA de Lobo <i>et al.</i>, (2014).</p>

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia

Para determinar los sitios de estudio de los tres puntos de muestreo del río Illuchi ubicado en la parroquia Latacunga se lo realizó mediante georreferenciación indicando con fotos y coordenadas la ubicación de los mismos, una vez que determinado el lugar se procedió a la recolección de las muestras para enviarlas a un laboratorio certificado y proseguir a identificar las especies de diatomeas epilíticas en cada uno de los puntos del río ya que estas son importantes para calcular el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) el cual tiene

relación con el Índice de Calidad de Agua (ICA) que se obtiene mediante el estudio de los parámetros físicos, químico y microbiológicos, finalmente para una comparación acertada se usó la normativa TULSMA con la cual se pudo terminar la relación de cada uno de los datos encontrados.

## **8. Fundamentación Científico Técnica.**

### **8.1. Agua.**

Según Paredes (2013) menciona lo siguiente respecto al agua:

Es uno de los recursos más preciados de que dispone la vida en nuestro planeta. Es un elemento de la naturaleza, se lo encuentra en ríos, lagos, aguas costeras, marítimas y subterráneas; integra los ecosistemas naturales, es fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible.

### **8.2. Polaridad del Agua.**

Según Morales (2017) el agua tiene unas propiedades específicas que la convierten en un elemento idóneo para la vida:

Polaridad: sus moléculas son polares (zonas de carga positiva y zonas de carga negativa) lo que convierte al agua en un excelente disolvente de sustancias también polares. De ahí que reciba el nombre de “disolvente universal”, pero no es capaz de disolver sustancias apolares, como grasas y aceites. Calores específicos de vaporización y fusión: el agua sea un buen almacenador de calor, ayuda a regular la temperatura del planeta y de los organismos vivos. Cohesión: gracias a la polaridad es que las moléculas, se mantienen enlazadas unas con otras, permitiendo el movimiento del agua en el suelo.

### **8.3. Calidad de Agua.**

En la naturaleza depende fundamentalmente de las características de la cuenca hidrográfica, especialmente de los suelos y de la geología, pero la actividad antropológica

es la más influyente en la polución de los ríos; la intensa actividad agrícola, ganadera y la urbanización presente a lo largo de las subcuencas de los ríos estudiados, constituyen la principal fuente de contaminación, “por lo que disponer de agua para bebida con requisitos de calidad es muy difícil para algunos sectores de la población que utilizan estas fuentes de abastecimiento” (Pauta Calle et al., 2019).

En referencia a lo anterior Carretero y Pozo (2007) mencionan lo siguiente:

La calidad en un río, se refiere a la naturaleza y concentración de las sustancias que pueden estar presentes en un momento determinado; algunas son de origen natural, pero otras son introducidas por el hombre al utilizar el cuerpo receptor como el lugar idóneo para arrojar residuos.

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)

#### **8.4.Fuentes de Contaminación.**

La principal fuente de afectación de la condición 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).

#### **8.5.Aguas Residuales Urbanas.**

Estas aguas son procedentes del consumo humano mismas que son vertidas en el agua provocando la eutrofización misma que contiene:

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. (Jiménez *et al.*, 2010)

## **8.6. Parámetros de Calidad de Agua.**

### **8.6.1. Parámetros Físicos.**

#### **8.6.1.1. Temperatura.**

Según Ocasio (2008) la temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Este factor está relacionado al Oxígeno Disuelto:

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales, a su vez aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. Este parámetro también interviene en el diseño de la mayoría de procesos del tratamiento del agua.

#### **8.6.1.2. Sólidos Totales.**

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2007):

Los sólidos totales se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C. El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro).

#### **8.6.1.3. Sólidos Disueltos Totales.**

Según Vázquez (2003) en su publicación afirma que: “Es la denominación que reciben todos los sólidos disueltos en un medio acuoso y que sólo pueden quedar retenidos en un proceso de filtración fina a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$ ”.

En ocasiones, “los SDT se confunden con los sólidos totales (ST), que son el residuo que queda después de evaporar la misma muestra de agua, pero sin filtrarse” (Carbotecnia, 2020).

#### **8.6.1.4.Turbidez.**

La turbidez se define como la ausencia de claridad en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos en ella. “La turbidez es un indicador del material suspendido que puede ser originado por los sedimentos provenientes de las cuencas hidrográficas o vertimientos domésticos y/o industriales; se mide en Unidades Nefelométricas de Turbiedad” (Ocasio, 2008).

#### **8.6.1.5.Conductividad.**

Ocasio (2008) menciona lo siguiente:

El agua por lo general posee una conductividad eléctrica baja. Esta es mayor y proporcional a las cantidades y características de los electrolitos presentes en el agua (iones en disolución). Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. La conductividad eléctrica puede ser afectada por la temperatura o el material de composición del lecho.

### **8.6.2. Parámetros Químicos.**

#### **8.6.2.1.Potencial de Hidrógeno (pH).**

El pH tiene una escala de medida de 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 como alcalina, un valor de pH 7 indica neutralidad. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> disueltos. Las aguas contaminadas por vertidos de aguas residuales suelen tener un pH muy ácido. (Vázquez, 2003)

#### **8.6.2.2.Oxígeno Disuelto.**

Este parámetro hace referencia a la cantidad disuelta de oxígeno en el agua. Raffo y Ruiz (2014) mencionan que “las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno

disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala condición del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida”.

### **8.6.2.3.Materia Orgánica.**

Según Raffo y Ruiz (2014) determinan que la materia orgánica:

Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación microbiológica de la materia orgánica presente en el agua. Existen diferentes condiciones preestablecidas para determinar este parámetro, pero la más frecuente es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que usa unos periodos de incubación de cinco días. Este proceso se lleva a cabo en la oscuridad para evitar la acción de los productores primarios, ya que con la fotosíntesis generarían oxígeno, ausente inicialmente, que desviará los resultados.

Por otro lado, también existe la Demanda Química de Oxígeno, la cual es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación química de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. “Se usan diferentes oxidantes, como el dicromato potásico o el permanganato potásico. Este ensayo permite medir la cantidad de compuestos orgánicos, sales minerales oxidables (como los sulfuros), ya sean biodegradables o no” (Raffo y Ruiz, 2014).

### **8.6.2.4.Nitratos.**

Según Water Boards (2013) en su publicación menciona que “Es un contaminante común encontrado en el agua, es inodoro e incoloro. Las bajas cantidades de nitratos son normales, pero en exceso pueden contaminar el agua potable. Las fuentes más comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos”.

### **8.6.2.5.Fosfatos.**

Jiménez (2015) respecto a los fosfatos menciona lo siguiente:

Son la forma más habitual de encontrar el fósforo en agua. El origen de dicha presencia puede ser muy variado, se añaden en algunos tratamientos de aguas, o como caso más habitual es en forma de aditivo a detergentes para lavar prendas de vestir y limpieza en general. El uso de fertilizantes o abonos orgánicos, los llamados fitosanitarios con presencia de fosfatos también influyen, de manera negativa, en la presencia de éstos en agua, ya que por percolación llegan a los acuíferos naturales.

“Las aguas naturales contienen normalmente cantidades de fosfatos por debajo de 1 mg/l. Cantidades superiores de estos nutrientes favorecen el crecimiento de algas que consumen el oxígeno del medio acuático y provocan la desaparición de especies vegetales y animales” (Harris, 2003).

### **8.6.3. Parámetros Microbiológicos.**

#### **8.6.3.1. Coliformes Fecales.**

Carrillo y Lozano (2008) mencionan que:

Las coliformes fecales también denominadas coliformes termo tolerantes porque soportan temperaturas hasta de 45 °C. Estos organismos componen el grupo de coliformes totales, con un indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son *Escherichia coli*.

### **8.7. Contaminación del Agua.**

“La Contaminación del Agua es causada por las actividades del hombre siendo un fenómeno ambiental de importancia, iniciado desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial” (Castillo, 2013).

#### **8.7.1. Contaminación Natural.**

Según García (2002) afirma que “Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo tales como calcio, sales minerales, magnesio, hierro, etc. Son peligrosos para la salud, pero se pueden identificar fácilmente y eliminar”.

### **8.7.2. Contaminación Artificial.**

Es el resultado de actividades antrópicas. García (2002) menciona que: “El desarrollo industrial ha provocado la presencia de sustancias nocivas para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar”.

## **8.8. Índices de Calidad de Agua.**

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existe el índice de calidad de agua (ICA), el cual reduce una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. (Torres *et al.*, 2009)

### **8.8.1. Índice de Calidad del Agua (ICA).**

“El ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua” (Torres *et al.*, 2009). Su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la condición del agua.

Según Brown (2012) menciona que:

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros físico-químicos y biológicos implicados en el cálculo del Índice los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO5), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto. (p. 4). El índice de calidad de agua varía desde muy malo hasta excelente, en relación a los parámetros mencionados anteriormente.

**Tabla 3. Rangos para determinar el Índice de calidad del agua.**

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

Nota: Tomado de Posselt y Costa (2010).

El Dr. Lobo *et al.* (2015) manifiesta que el ICA se calcula por la multiplicación ponderada de la calidad del agua correspondiente a cada parámetro evaluado.

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

$q_i$ : 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.

$w_i$ : peso correspondiente al  $i$ -ésimo parámetro, un número entre 0 y 1, atribuido en función de su importancia para la configuración global de calidad, por lo tanto, el Dr. Lobo *et al.* (2015) determina lo siguiente:

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

### 8.9. Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA).

Es un procedimiento a seguir, mediante la utilización de la fórmula del (ITQA), propuesto en el año 2004 por el Dr. Lobo *et al* "Teniendo como criterio operacional o gradiente ambiental, la eutrofización, por medio de la cual se determina los distintos grados de tolerancia de eutrofización, la cual se atribuye valores tróficos desde 1 hasta 4, correspondientes a niveles de tolerancia de eutrofización".

**Tabla 4. Valor trófico de especies**

<b>Niveles de contaminación</b>	<b>ITQA</b>
<b>Oligotrófico</b> Polución despreciable	1,0 - 1,5
<b>β-mesotrófico</b> Polución moderada	1,5 - 2,5
<b>α-mesotrófico</b> Polución fuerte	2,5 - 3,5
<b>Eutrófico</b> Polución excesiva	3,5 - 4,0

Nota: Tomado de Lobo *et al.* (2014)

A partir de los resultados obtenidos referente a la abundancia relativa de especies diatomeas y el grado de tolerancia de cada especie se determinó el índice trófico de la calidad de agua (ITQA), adaptando la fórmula de Pantle y Buck (1995) descrita a continuación:

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

En donde

vt= valor trófico de especies

h= abundancia relativa de especies

### **8.10. Diatomeas.**

Las diatomeas (*Bacillariophyceae*): “Constituyen un importante componente de las comunidades acuáticas. Es uno de los grupos algales con mayor riqueza específica, de distribución cosmopolita, puede vivir en una amplia variedad de hábitats, incluso bajo condiciones extremas, desde hielos polares hasta agua termales” (Round, 1990).

Según Ólafsson (2019) menciona en su artículo que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en su participación con el estudio de diatomeas pudo identificar que:

Las diatomeas son algas microscópicas unicelulares fotosintéticas que son capaces de absorber cerca de la mitad de dióxido de carbono que absorbe en un medio acuático, transportan el carbono desde la atmósfera hacia las aguas profundas y los sedimentos acuáticos, esto es un proceso denominado “bomba biológica” con

el que contribuyen a regular el clima de la Tierra. Se cree además que generan una quinta parte del oxígeno que se respira.

### **8.10.1. Origen.**

Las investigaciones realizadas según Cruz (2017) expresan lo siguiente:

Las diatomeas se originaron durante o después del periodo jurásico temprano. El estudio sobre las comunidades de diatomeas justifica su empleo para determinar la condición del agua y evaluar la evolución del medio ambiente. Se encuentran en cualquier tipo de hábitat, desde los salados mares hasta en condiciones de altas temperaturas que hacen el ambiente extremadamente seco, pueden vivir interactuando con otros organismos como las cianofíceas.

### **8.10.2. Pared Celular.**

Según Cruz (2017) menciona lo siguiente:

La pared celular está compuesta por dos mitades o “valvas” que encajan perfectamente y que encierran el protoplasma celular. Estas valvas se conocen como frústulos y están compuestas por pectina con impregnaciones de óxido de silicio que puede ser tan abundante que sobrepase el 90% del peso total. Una valva, la epiteca, es mayor y se sitúa externamente sobre la valva menor o hipoteca.

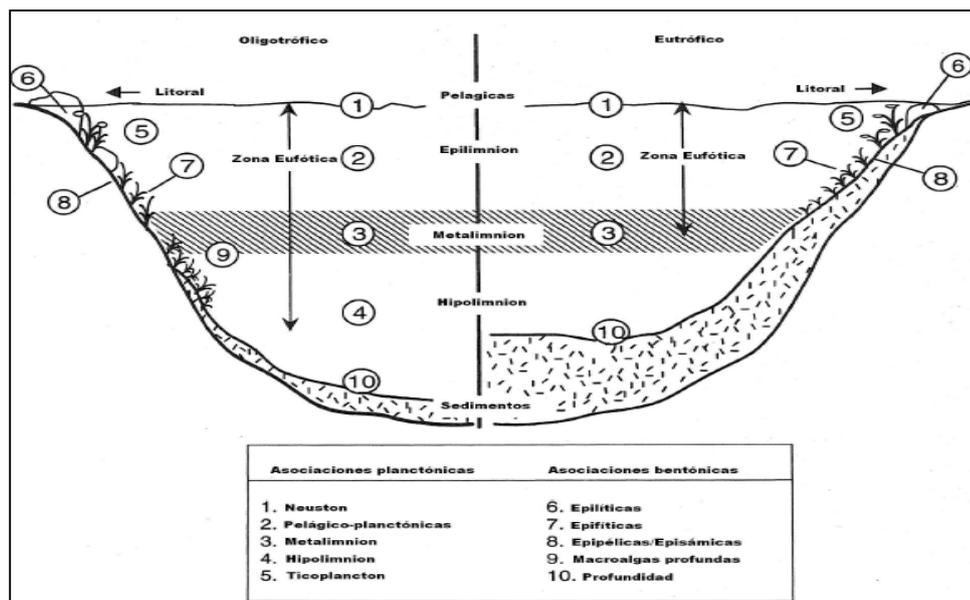
Las superficies de las valvas son las “caras valvares” y las partes laterales se denominan “pleuras”, lo que determina dos aspectos o formas diferentes según se haga una observación valvar o pleural de la célula. Las valvas tienen finas grabaduras que siguen un patrón fijo para cada especie y que son producto de la forma particular en que se depositan los compuestos de silicio en cada caso. “Hay dos tipos de diatomeas de acuerdo a la simetría de las grabaduras, que es la base para su clasificación: las “pennadas” (Orden Pennales) de simetría bilateral y las “céntricas” (Orden Centrales) de simetría radial” (Cruz, 2017).

### 8.10.3. Hábitat.

Las diatomeas se encuentran representadas ampliamente: en aguas marinas, tanto en la línea costera como en aguas abiertas; así como en todos los ambientes acuáticos y húmedos continentales, ocurriendo en aguas tranquilas permanentes o con corrientes, formando parte del plancton o del bento, según (Wehr y Sheath, 2003).

Las diatomeas en su mayoría marinas, con valvas triangulares, circulares o poligonales y carecen de rafe por lo que son inmóviles, aunque presentan estructuras que favorecen la flotación.

**Figura 1. Zonas y hábitats de algas en un recipiente de agua oligotrófico y eutrófico, EZ= zona eufótica.**



Nota: Tomado de Wehr y Sheath (2003).

### 8.10.4. Reproducción.

Las diatomeas presentan las siguientes características de reproducción, por división binaria (bipartición), su célula se parte en dos y cada nueva célula se queda con una de las valvas; en corto tiempo desarrolla la que le falta. Se dividen una vez cada 18 a 36 horas, por lo que su número aumenta con extrema facilidad. Debido a su gran poder de reproducción las valvas de las generaciones que mueren se depositan en los fondos marinos formando los llamados barros de diatomeas estos forman rocas sedimentarias y cubren amplias extensiones de los fondos

marinos y depósitos de aguas dulces. Se ha demostrado que constituyen parte de las tierras de los continentes. (Cruz, 2017)

#### **8.10.5. Estructura de las Diatomeas.**

Duró y García (2010) mencionan que:

Las diatomeas que son algas fitoplanctónicas de distribución cosmopolita, se caracterizan por poseer una pared celular de naturaleza silíceo, altamente estructurada. La especificidad que muestran los patrones morfológicos de dicha cubierta externa ha constituido la base para la identificación de estos organismos unicelulares. La cubierta silíceo de las diatomeas, o frústulo, consta de dos piezas encajantes: la epiteca y la hipoteca. La sílice necesaria para la construcción del frústulo se obtiene del medio en forma de ácido ortosilícico. Se almacena en el interior de la célula transformada en sílice amorfa hidratada (ópalo); las vesículas la depositan luego en la pared celular.

Además, Duró y García (2010) afirman que:

En el caso de las diatomeas con simetría radial, el depósito silíceo se inicia en una zona central, crece de forma centrífuga y genera unas costillas a modo de radios. A continuación, se tienden puentes laterales, organizándose un conjunto en red. Por medio del cual se crean estructuras complejas que dan una gran diversidad de formas ornamentales pertenecientes de las paredes apicales de las valvas

Por lo tanto, cabe recalcar que el microscopio ha resultado elemental para profundizar en la estructura de la pared de las diatomeas.

#### **8.10.6. Clasificación de las Diatomeas.**

“Las Bacillariophyta, más comúnmente conocidas por el nombre de diatomeas, tienen un amplio registro fósil desde el Cretácico inferior” (Harwood y Gersonde, 1990).

Según Medlin (1997) menciona que:

Aunque su origen se remonta al Jurásico (los fósiles más antiguos generalmente aceptados como diatomeas son de 190 millones de años), o inclusive

al Triásico ya que por métodos moleculares (reloj molecular) se estima un máximo probable para el origen de este grupo de hasta 240 ma.

Las primeras diatomeas fósiles son marinas, las formas dulceacuícolas aparecen un poco más tarde, durante el Cretácico superior (70 ma). “Ejemplares de estas primeras diatomeas dulceacuícolas se encuentran preservados en los sedimentos de la Formación Tarahumara, en Sonora” (Chacón *et al.*,2002).

“Las formas dulceacuícolas se diversificaron rápidamente durante el Eoceno (55 ma), y para el Mioceno (23 ma) ya existían la mayoría de los géneros dulceacuícolas modernos” (Medlin, 1997).

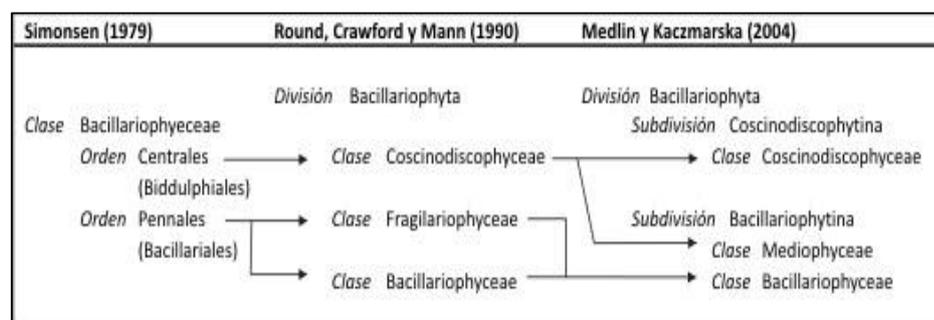
Según Hustedt (1930), Round (1990) y Simonsen (1979):

Han existido diversos modelos de clasificación de las diatomeas los cuales dividen a estos organismos en dos o tres grupos principales siguiendo un criterio fundamentalmente morfológico, basado en la simetría de la ornamentación de la valva y la presencia o ausencia de rafe (fisura central).

“Solo uno de estos modelos de clasificación ha tomado en cuenta datos genéticos del ARN ribosomal de algunas especies” (Medlin y Kaczmariska, 2004).

Debido a esto, toma en cuenta la clasificación a nivel de Clase y Subclase propuesta por Round en 1990, listando dentro de cada una los géneros más comunes presentes:

**Figura 2. Cuadro comparativo de tres sistemas de clasificación de diatomeas.**



Nota: Tomado de Simonsen (1979); Round (1990); Crawford y Mann (1990); Medlin (2004).

### **8.11. Diatomeas como Indicadores Biológicos.**

Cuando la contaminación del agua es ante todo un problema biológico, muchos países han dependido esencialmente de parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua. Para ello, se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos.

Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que, si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas, y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad resiliente y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos. (Alba, 1988)

En referencia a lo anterior Alba (1988) menciona que:

Existe una alternativa a estos procedimientos, desde hace varios años muchos países han generado conocimientos y desarrollos de técnicas de biomonitoreo basados en indicadores biológicos, por medio de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en los sistemas acuáticos. Los llamados índices biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas.

“La literatura revela que, de los organismos acuáticos, los macroinvertebrados y microalgas son grupos que frecuentemente se sugieren para la valorización de la calidad del agua” (Hellawell, 1986; Christie, 1993; Kelly y Whitton, 1995; Roldan 1999).

“Las diatomeas epilíticas al ser sensibles a los diferentes factores de contaminación son una gran herramienta al ser utilizados como indicadores de la condición del agua” (Castillejo y Paz, 2017); por ello, proyectos de investigación sobre diatomeas e ICA son realmente útiles, debido a que:

El comportamiento de la calidad del agua se basa en el ensamblaje de las comunidades de diatomeas y su estrecha relación con sus parámetros ambientales,

clasificando a las cuencas hídricas en ambientes sanos, medianamente contaminados y fuertemente contaminados. (Calizaya-anco *et al.*, 2013)

## **9. Marco Legal.**

En la Constitución de la República del Ecuador, (2008) se mencionan los siguientes artículos en base a los derechos del agua:

### **Capítulo segundo Derechos del buen vivir.**

#### **Sección Primera (Agua y Alimentación).**

**Art. 12.-** El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

#### **Sección Sexta (Agua).**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

**Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que

tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

En el Código Orgánico del Ambiente, (2017), se encuentran artículos referentes a los cuidados y tratamientos de los cuerpos de agua.

**Art. 38.- Objetivos.** Las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas cumplirán con el siguiente objetivo:

5. Mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas;

#### **Capítulo V. Calidad de los Componentes Abióticos y Estado de los Componentes Bióticos**

**Art. 191.-** La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

**Art. 196.-** Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

**Art. 197.-** Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

En el Reglamento del Código Orgánico del Ambiente, (2019) también se encuentran los siguientes artículos con respecto a los recursos hídricos:

**Art. 141.-**Áreas de protección hídrica. - La Autoridad Única del Agua establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica. La Autoridad Ambiental Nacional las integrará al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, mediante declaratoria; y determinará la categoría de manejo y el subsistema que les corresponda. Reglamento del (Código Orgánico del Ambiente, 2019)

**Art. 759.-** Descargas. - Se prohíbe la descarga de desechos a las playas, la franja adyacente de titularidad del Estado y el mar. No se podrán descargar aguas residuales operacionales que no cumplan lo establecido en las normas nacionales que regulan los límites permisibles de descarga, y los convenios internacionales. (Código Orgánico del Ambiente, 2019)

Las aguas de lastre deberán ser descargadas tomándose como referencia lo establecido en el Convenio sobre la Gestión de Aguas de Lastre y Sedimentos. (Código Orgánico del Ambiente, 2019).

En la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, (2014), se mencionan los artículos más relevantes con respecto al agua y su uso:

### **Título I.- Disposiciones Preliminares (Capítulo I de los principios).**

**Art. 1.-** Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

**Art. 3.-** Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

**Art. 5.-** Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado mediante la Autoridad Única

del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

**Art. 8.-** Gestión integrada de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque eco-sistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

## **Título II.- Recursos Hídricos.**

### **Capítulo I (Definición, Infraestructura y Clasificación de los Recursos Hídricos).**

**Art. 12.-** Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

### **Capítulo II.- Institucionalidad y Gestión de los Recursos.**

#### **Sección Primera (Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua)**

**Art. 15.-** Sistema nacional estratégico del agua. Créase el sistema nacional estratégico del agua, que constituye el conjunto de procesos, entidades e instrumentos que permiten la interacción de los diferentes actores, sociales e institucionales para organizar y coordinar la gestión integral e integrada de los recursos hídricos. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

#### **Sección Segunda (Planificación Hídrica).**

**Art. 28.-** Planificación de los Recursos Hídricos. Corresponde a la Autoridad Única del Agua la ejecución de la planificación hídrica, sobre la base del Plan Nacional

de Recursos Hídricos y Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca hidrográfica. Las autorizaciones existentes de uso y aprovechamiento del agua deberán ser compatibles con lo establecido en los planes de gestión integral de recursos hídricos por cuenca, caso contrario, deberán revisarse en armonía con el Plan Nacional de Recursos Hídricos, de conformidad a lo previsto en el Reglamento a esta Ley. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

### **Sección Tercera (Gestión y Administración de los Recursos Hídricos).**

**Art. 32.-** Gestión pública o comunitaria del agua. La gestión del agua es exclusivamente pública o comunitaria. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

La gestión comunitaria la realizarán las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y juntas de organizaciones de usuarios del servicio, juntas de agua potable y juntas de riego. Comprende, de conformidad con esta Ley, la participación en la protección del agua de la que se beneficien los miembros de un sistema de agua y que no se encuentre bajo la administración del Estado. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

**Art. 34.-** Gestión integrada e integral de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque eco-sistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

### **Sección Cuarta (Servicios Públicos).**

**Art. 38.-** Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

### **Título III.- Derechos, Garantías y Obligaciones**

#### **Capítulo I (Derecho Humano al Agua).**

**Art. 57.-** Definición. Todas las personas merecen disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible en su uso personal o en el hogar en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

#### **Capítulo IV (Derechos de los Usuarios, Consumidores y de Participación Ciudadana).**

**Art. 67.-** Derecho de los usuarios y consumidores. Los usuarios del agua son personas naturales, jurídicas, Gobiernos Autónomos Descentralizados, entidades públicas o comunitarias que cuenten con una autorización para el uso y aprovechamiento del agua. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014)

### **10. Preguntas Científicas.**

¿Qué relación existe entre las Diatomeas Epilíticas y la calidad de agua del río Illuchi en cuanto al hallazgo realizado?

¿Según el estudio que se llevó a cabo, se puede determinar si el agua es apta para el riego de cultivos y para consumo humano?

### **11. Métodos, Técnicas e Instrumentos.**

#### **11.1. Métodos.**

##### **11.1.1. Método Analítico.**

Para el estudio de diatomeas epilíticas se realizó como primer punto la observación del lugar donde se hizo la investigación, en segundo lugar, se realizó la toma de muestras en determinados puntos de muestreo a lo largo del río Illuchi, por consiguiente, se realizó la respectiva observación en el área de laboratorio, de manera que se apreció por medio del microscopio la estructura de cada especie diatomea. A través del método analítico se realizó la identificación de las mismas, utilizando guías

taxonómicas las cuales detallan y distribuyen de manera efectiva las diferentes especies existentes clasificándolas en la familia y el género.

### **11.1.2. Método Cualitativo.**

La identificación de diatomeas epilíticas para el estudio de calidad de agua del río Illuchi tiene gran importancia pues se conoce que a lo largo del tiempo el nivel de contaminación ha ido incrementando y es así que cada diatomea tiene un grado de tolerancia a la polución según el nivel de nutrientes en el agua, esta característica es muy relevante para determinar la condición del agua según el lugar donde se encuentren ubicadas.

Mediante este método se realizó la identificación de la taxonomía de las diatomeas en cada muestra recolectada, las cuales se observaron de manera minuciosa en el microscopio para obtener resultados favorables y clasificar de tal manera que cada especie según sus cualidades se encuentren en su respectiva familia.

### **11.1.3. Método Cuantitativo.**

Este método permitió realizar conclusiones lógicas respecto a la investigación sobre diatomeas epilíticas y la calidad de agua, mediante la identificación y conteo de especies abundantes y el número total de individuos que existió en los tres puntos de muestreo durante los meses establecidos y de igual manera se procedió a recolectar las muestras para el cálculo de ICA de las cuales algunas se enviaron a laboratorios certificados para obtener una cantidad de valores en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

## **11.2. Técnicas.**

### **11.2.1. Técnica documental o bibliográfica.**

El estudio de diatomeas ha venido creciendo con el tiempo, tal es así que desde su descubrimiento como bioindicador de calidad de agua son varias las personas que han decidido dedicarle tesis o artículos con la finalidad de dar a conocer la importancia que estas algas tienen en el ecosistema acuático.

Para este estudio se tomaron en cuenta las investigaciones realizadas por varios autores donde se pudo conocer conceptos básicos, métodos de muestreo y las guías de

identificación de especies. A su vez, se indagó sobre metodologías para establecer la condición del agua en base a diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, por lo tanto, se aplicó las siguientes fórmulas para determinar la calidad de agua en el río Illuchi.

### **11.2.2. Técnica de campo.**

“Permiten al investigador la observación directa del objeto de estudio en su elemento o contexto dado, adaptando a ello sus herramientas, con el fin extraer la mayor cantidad de información in situ, es decir, en el lugar mismo” (Raffino,2020).

Mediante la georreferenciación del sitio de estudio (río Illuchi), se determinó los puntos específicos de muestreo (punto alto, medio y bajo) en donde se tomó las respectivas muestras de diatomeas epilíticas y de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos del río.

### **11.2.3. Técnica de Observación de Laboratorio.**

Según Malaver (2014) “consiste en examinar directamente algún hecho o fenómeno según se presenta espontáneamente y naturalmente, teniendo un propósito conforme a un plan determinado, permitiendo recopilar la mayor cantidad de datos en forma sistemática”.

Luego de que se tomaron las muestras en el río Illuchi, se procedió a llevarlas a laboratorio y se observó la taxonomía de las especies diatomeas encontradas y posteriormente se reconoció a las familias; además se analizó los parámetros de calidad del agua del río.

## **11.3. Instrumentos.**

### **11.3.1. Fichaje.**

Por medio de las fichas se registró los datos obtenidos ordenadamente, permitió recolectar y almacenar información sobre las diatomeas epilíticas y la calidad de agua del río Illuchi.

### **11.3.2. GPS.**

Mediante este aparato se tomó las coordenadas de los puntos de muestreo en el río Illuchi, y a través de estos datos se elaboró el mapa de la zona de estudio.

### **11.3.3. Guías taxonómicas.**

Facilitaron la identificación o distinción de una especie diatomea de otra, permitieron reconocer a qué familia pertenecen cada una de ellas.

### **11.3.4. Multiparámetros.**

“Equipo de medición de campo más utilizado cuando se realiza monitoreo de calidad de agua”(Junco,2015).

El equipo multiparámetro permitió medir principalmente los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto en cada uno de los puntos de muestreo del río Illuchi

### **11.3.5. Microscopio.**

“Es un instrumento que permite observar objetos no perceptibles al ojo humano. Esto se logra mediante un sistema óptico compuesto por lentes, que forman y amplifican la imagen del objeto que se está observando” (Gutiérrez, 2017).

Es decir que mediante el microscopio se identificó en el laboratorio de manera más profunda las características que poseían las especies diatomeas en relación a su estructura, tamaño y forma.

### **11.3.6. Espectrofotómetro.**

Este instrumento permitió medir la cantidad de intensidad de luz absorbida después de atravesar una solución muestra, y a su vez determinó la cantidad de nitritos y fosfatos que poseía el agua del río Illuchi.

### **11.3.7. Turbidímetro.**

Permitió medir el grado de transparencia que ha perdido el agua del río Illuchi por la existencia de partículas suspendidas.

## **12. Metodología de la Investigación.**

Para determinar los sitios de estudio de los tres puntos de muestreo del río Illuchi ubicado en la parroquia Latacunga se lo realizó mediante georreferenciación indicando con fotos y coordenadas la ubicación de los mismos, una vez que determinado el lugar se procedió a la recolección de las muestras para enviarlas a un laboratorio certificado y proseguir a identificar las especies de diatomeas epilíticas en cada uno de los puntos del río ya que estas son importantes para calcular el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) el cual tiene relación con el Índice de Calidad de Agua (ICA) que se obtiene mediante el estudio de los parámetros físicos, químico y microbiológicos, finalmente para una comparación acertada se usó la normativa TULSMA con la cual se pudo terminar la relación de cada uno de los datos encontrados, expresado a continuación:

### **12.1. Descripción del Área de Estudio.**

El área de estudio fue ubicada en tres puntos estratégicos a lo largo río Illuchi, dependiendo del grado de contaminación (punto alto, medio y bajo). El primero se denominó punto uno ya que es la parte más cercana de donde nace el río y por ende no existe alto grado de contaminación, la vertiente estaba ubicada cerca de la Laguna de Salayambo perteneciente al Parque Nacional Llanganates. El segundo punto se encuentra ubicado cerca de la Hacienda Noelanda y finalmente el tercer punto se georreferenció cerca del Barrio Saragosín, sitio que se denominará (punto bajo), ya que existe asentamientos en los alrededores de río el cual proporciona agua a la población cercana.

### **12.2. Ubicación del Estudio.**

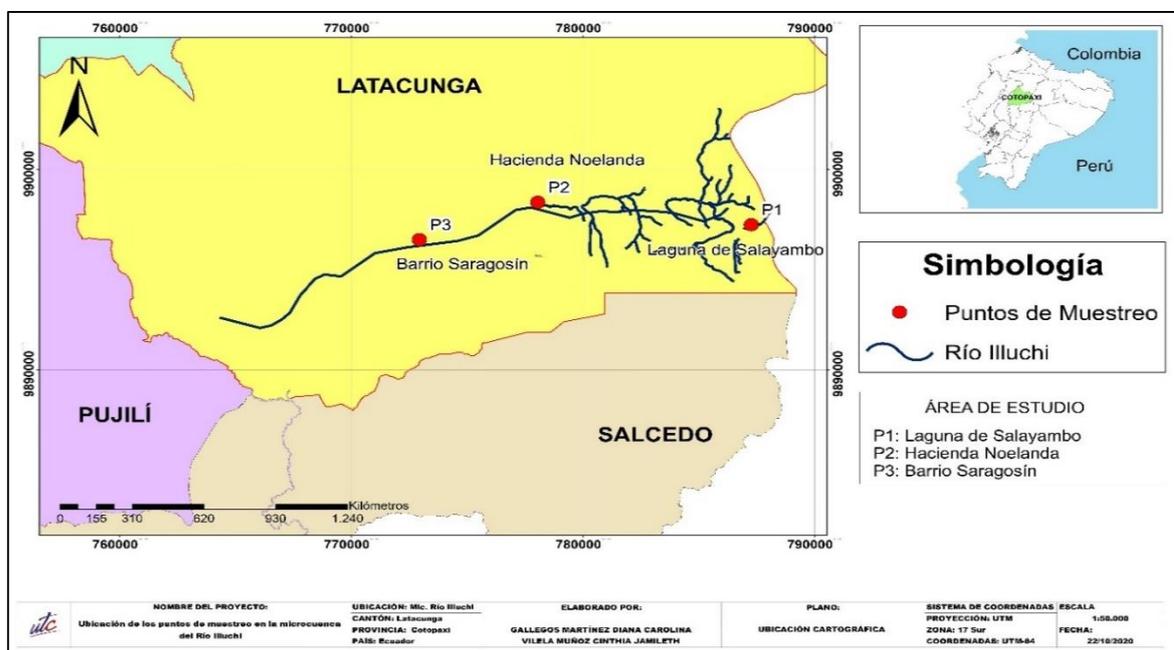
Se realizó la respectiva visita *in situ* a lo largo del río Illuchi en donde se georreferenció los tres puntos de muestreo mediante el GPS y se delimitó el área de estudio mediante un mapa a través del software ArcGIS.

**Tabla 5. Ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Illuchi.**

Código	Río	Ubicación	Puntos	Coordenadas (UTM)
1	Illuchi	Laguna de Salayambo	Alto	787263; 9897241
2	Illuchi	Hacienda Noelanda	Medio	778042; 9898362
3	Illuchi	Barrio Saragosín	Bajo	772933; 9896495

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 3. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

### 12.3. Descripción del sitio de estudio.

#### Punto 1.

El primer punto se ubicó cerca de donde nace el río Illuchi, como referencia se tomó en cuenta la Laguna de Salayambo a una altura de 3848 msnm la cual se encuentra en la zona occidental (páramo andino) dentro del Parque Nacional Llanganates considerada un área protegida en Ecuador, este trayecto posee una temperatura aproximada de 6°C a 8°C, donde se pudo observar un paisaje desértico de picos montañosos y valles altos. Es un refugio de vida silvestre y paisajes que atraen a turistas nacionales y extranjeros. A continuación, se mencionará la flora y fauna de la zona.

**Tabla 6. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 1)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Azorella	<i>Azorella pedunculata</i>
Bambú enano	<i>Neurolepis aristata</i>
Condor cebolla	<i>Wenia nubigena</i>
Manzanita de paramo	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>
Pasto	<i>Calamagrostis intermedia</i>
Rodamonte	<i>Escallonia myrtilloides</i>
Romero de paramo	<i>Displostephium sp</i>
Yerba de las pampas	<i>Cortaderia sp</i>

Nota: Tomado de (Vargas *et al.*, 2000)

**Tabla 7. Fauna Propia de la Zona (Punto 1)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Caballo	<i>Equus caballo</i>
Camélidos	<i>Camelidae</i>
Conejo de monte	<i>Sylvilagus varynaenis</i>
Ganado bravo	<i>Bos Taurus Taurus</i>
Gaviota andina	<i>Chroicocephalus serranus</i>

Nota: Tomado de (Castellanos, 2016)

**Punto 2.**

En este punto de muestreo se tomó como referencia a la Hacienda Noelanda que se encuentra ubicada a una altura de 3428 msnm, la temperatura oscila entre 10 a 11 °C. En sus alrededores se observó alta biodiversidad y sobre todo varias zonas de cultivo que la población tiene como medio de sustento principal, de igual manera cuentan con animales domésticos, como los mencionados a continuación:

**Tabla 8. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 2)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Cabuya	<i>Agave americano</i>
Carrizo	<i>Phragmites australis</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>

Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Maíz	<i>Zea Mays</i>
Paja	<i>Stipa ichu</i>
Papas	<i>Solanum tuberosum</i>
Quishuar	<i>Buldeja incana</i>

Nota: Tomado de (Castellanos, 2016)

**Tabla 9. Fauna Propia de la Zona (Punto 2)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Bovino	<i>Bos taurus</i>
Caballo	<i>Equus caballo</i>
Camélidos	<i>Camelidae</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Gato	<i>Felis silvestris catus</i>
Ovino	<i>Ovis orientalis aries</i>
Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>

Nota: Tomado de (Castellanos, 2016)

### **Punto 3.**

El último punto se realizó cerca del Barrio Saragosín a una altura de 2962 msnm, en donde alrededor del río se encuentra la Hidroeléctrica Illuchi 2 y la pesca deportiva San Nicolás ubicada en una zona más poblada y de igual manera se visualizó gran biodiversidad, esta parte es más turística por lo que existe pesca recreativa y una zona de camping en sus zonas verdes, la temperatura está entre 13 a 14°C. A continuación, se mencionará la flora y fauna de la zona:

**Tabla 10. Vegetación y Flora Propia de la Zona (Punto 3)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Capulí	<i>Pronus serotine</i>
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>
Chocho	<i>Lupinus bogotensis benth</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>

Eucalipto	<i>Eucalyptus globules</i>
Maíz	<i>Zea Mays</i>
Papas	<i>Solanum tuberosum</i>
Pino	<i>Pinus</i>
Tilo	<i>Tilia Platyphyllos</i>

Nota: Tomado de (Castellanos, 2016)

**Tabla 11. Fauna Propia de la Zona (Punto 3)**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Bovino	<i>Bos Taurus</i>
Caballo	<i>Equus caballo</i>
Cerdo	<i>Sus scrofa domesticus</i>
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Gato	<i>Felis silvestris catus</i>
Ovino	<i>Ovis orientalis aries</i>
Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>

Nota: Tomado de (Castellanos, 2016)

### **Fase de campo.**

Se realizó un muestreo en los tres puntos cada mes, en donde los dos primeros meses suelen ser lluviosos y el mes de enero es época seca; las muestras fueron recolectadas de acuerdo a la Norma ISO 5667-6 de forma manual de la superficie del río Illuchi en el punto (alto, medio y bajo). Se midió el caudal del río Illuchi por el método del flotador y dio un resultado de 3,79 m<sup>3</sup>/s es decir por el río pasan alrededor de 379 litros por segundo.

#### **12.3.1. Método de Muestreo de Diatomeas Epilíticas.**

Para realizar las debidas muestras de diatomeas en el río Illuchi se tomó en cuenta la Norma ISO 5667-6 la cual generó las pautas para muestrear adecuadamente y generar datos correctos.

La metodología utilizada fue la del investigador Eduardo Lobo y sus colegas, la cual consistió en muestrear tres puntos distintos de grado de contaminación del río Illuchi, estas

muestras se hicieron en los espacios establecidos donde se seleccionó una piedra con una coloración parda que indicó que estaba llena de diatomeas, debía tener una medida de entre 15 a 20 cm.

Se seleccionó de 3 a 5 piedras, posteriormente se procedió a cepillar la parte superior de las piedras, evitando así las áreas de erosión y sedimentación. Posteriormente se lavó con agua destilada recolectando aproximadamente 300ml de muestra en una botella de plástico, y por último se etiquetó y colocó la muestra en un contenedor para su conservación y transporte al laboratorio. (Lobo *et al.*, 2016)

### **12.3.2. Procesamiento de muestras de diatomeas en la fase de laboratorio.**

Para la preparación de diatomeas se colocó en tubos falcón 5 ml muestra 10 ml de ( $H_2SO_4$ ), obteniendo 15 ml. En un vaso de precipitación se colocó pedazos de cerámica (evita el alto burbujeo al hervir), y se añadió agua hasta que la muestra se cubrió, luego se llevó a una campana extractora de gases donde se puso a hervir en una estufa durante 60 minutos. Una vez fría la muestra se colocó 0.04 gr de ( $K_2Cr_2O_7$ ), se llevó nuevamente al vaso de precipitación y se calentó por 60 minutos a 90 °C y se dejó reposar por 24 horas.

Luego de reposar se centrifugó a 3000 rpm por 2 minutos y se retiró el sobrenadante, se vertió agua destilada hasta 10 ml a modo de enjuague y se centrifugó nuevamente (Repetir 6 veces). Ya retirado el sobrenadante se colocó 2ml de (HCl) y 10 ml de agua destilada se llevó el vaso de precipitación y se puso a hervir por 30 minutos en la campana extractora y se dejó enfriar la muestra. Una vez fría la muestra se centrifugó a 3000 rpm por 2 minutos, se retiró el sobrenadante, se añadió 10 ml de agua destilada a modo de enjuague, se centrifugó y se retiró el sobrenadante (repetir 6 veces).

Para la preparación de placas, se tomó dos gotas de la muestra, se colocó en los cubreobjetos en la plancha de calentamiento a 50°C, se añadió de 2 a 3 gotas de agua destilada y dos gotas de alcohol al 70%, se esperó hasta que la muestra se secó. Después de secarse se tomó el portaobjetos y se lo invirtió en un portaobjetos con 1 gota de Naphrax, que es un medio de montaje con un alto índice de refracción, luego se colocó nuevamente en la plancha de calentamiento a 200°C hasta su ebullición, después se retiró de la plancha de calentamiento y se procedió a presionar suavemente para un fijado homogéneo, finalmente fueron debidamente identificadas.

### **Identificación de diatomeas epilíticas**

Se usó un microscopio óptico, se realizó un barrido lento en el portaobjetos mediante el cual se tomó fotografías y se identificó a cada una de las diatomeas epilíticas presentes en las placas, se basó en la taxonomía de cada especie y se comparó con distintas fuentes bibliográficas y fichas taxonómicas.

### **12.3.3. Procesamiento de muestras de agua en la fase laboratorio.**

Para realizar las variables físico-químicas y microbiológicas se tomaron las respectivas muestras, algunas de las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, al momento de medir la turbidez se usó el TurbiDirect de Lovibond, para medir oxígeno disuelto y conductividad se necesitó del multiparámetro Orbeco Hellige- serie 150, para medir el pH se utilizó el pHmetro de Alla France, el único parámetro realizado in situ fue la temperatura la cual fue tomada con un termómetro de mercurio industrial.

### **Coliformes fecales.**

Para la identificación de Coliformes Fecales, se usó el Agar MacConkey, se procedió a colocar en dos recipientes 270 ml de agua destilada y 13,91 g de agar, se envolvió la parte de la tapa con papel aluminio y se lo dejó en el autoclave por 30 minutos, una vez pasado este tiempo se procede a colocar en las caja Petri dentro de la cámara de extracción para evitar contagios de las placas, se deja nuevamente reposar por 30 minutos, ya culminado ese tiempo se coloca 1ml de la muestra procedente del río estudiado con agua destilada, acabado ese proceso se mete a la estufa de incubación de 44°C a 45°C y se deja incubar de 24 a 72 horas, por consiguiente, con el contador de colonias se identifica el número existente según su tonalidad verdosa.

A continuación, se enlista el resto de parámetros físicos-químicos, que fueron enviados para analizar en laboratorios certificados tales como el Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos perteneciente al INAMHI y al Laboratorio ALS Ecuador:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DQO5).
- Nitratos.
- Fosfatos.
- Sólidos Totales Disueltos
- Clorofila.

### 13. Herramientas para analizar los Resultados.

Para el análisis de resultados de calidad de agua en el río Illuchi se utilizó lo siguientes programas:

#### 13.1. ArcGIS 10.1.

Este software permitió georreferenciar de manera específica el área de estudio a través de un mapa, y delimitar los tres puntos de muestreo (alto, medio y bajo) en el río Illuchi con ayuda de las coordenadas tomadas en campo por medio del GPS.

#### 13.2. IQA-Data.

Este programa ayudó a desarrollar los índices de calidad de agua del río Illuchi por medio de un rango de clasificación de calidad: Muy Mala, Mala, Media, Buena y Excelente con sus respectivos colores, de acuerdo a los parámetros a analizar (pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales).

### 14. Resultados.

#### 14.1. Indicadores Abióticos.

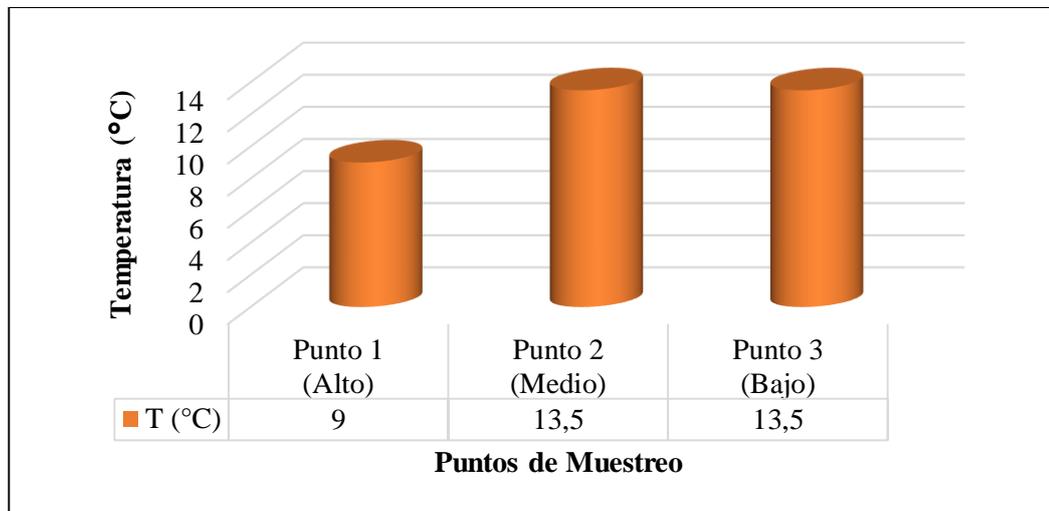
##### 14.1.1. Análisis *In Situ*.

**Tabla 12. Valores de Temperatura en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

Temperatura (°C)		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	9	9	9
	P 2	15	12	13,5
	P 3	13	14	13,5

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 4. Resultados promedio de Temperatura, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

La temperatura del agua en el río Illuchi a lo largo de los puntos a variado de manera evidente esto se debe a las condiciones geográficas y climáticas de cada uno de los puntos de muestreo, de acuerdo a la tabla 12 se encuentra desde 9 °C a 13,5 °C durante los meses de noviembre y diciembre del año 2020, donde el punto 1 posee menor temperatura debido a que encuentra ubicado a más de 1200 msnm.

Cabe recalcar que la hora del muestreo influyó el cambio de temperatura del agua, pero la misma no sobrepasa el límite máximo permisible ya que todos los puntos son menores que 40 °C.

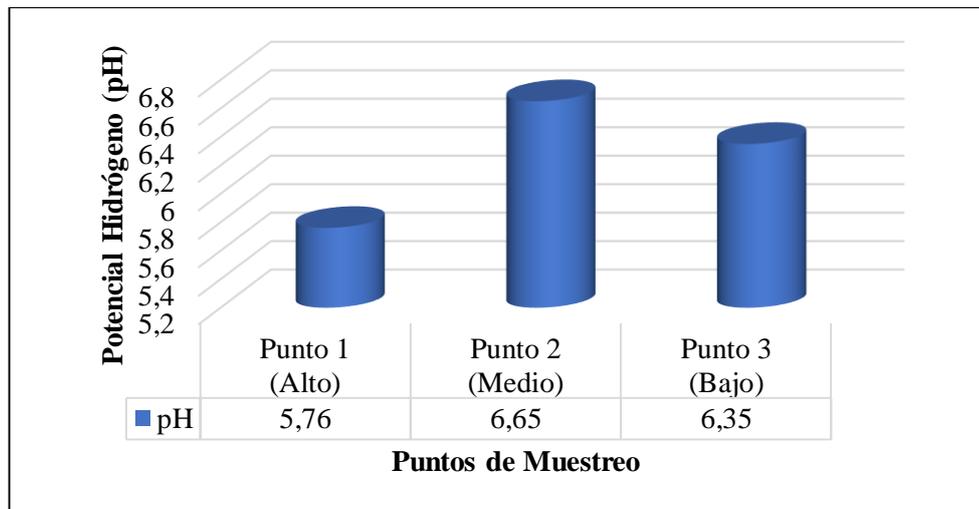
#### 14.1.2. Análisis de Laboratorio.

**Tabla 13. Valores de pH en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

Potencial Hidrogeno (pH)		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	6,17	5,35	5,76
	P 2	7,10	6,20	6,65
	P 3	6,90	5,80	6,35

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 5. Resultados promedio de pH, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

Mediante la Tabla 13 se puede observar los valores de potencial hidrógeno (pH) registrados en los tres puntos de muestreo en el río Illuchi, durante los meses de noviembre y diciembre del año 2020, en donde se obtiene una media de 5,76; 6,65 y 6,35.

De acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Anexo 1, referente al recurso agua para actividad de riego agrícola establece un límite máximo permisible de pH de 6 a 9, el cual se cumple totalmente en el punto 2 y 3. Por otro lado el agua es ligeramente ácida en el punto 1 (alto), el mismo que se encuentra ubicado en la Laguna de Salayambo perteneciente al Parque Nacional Llanganates.

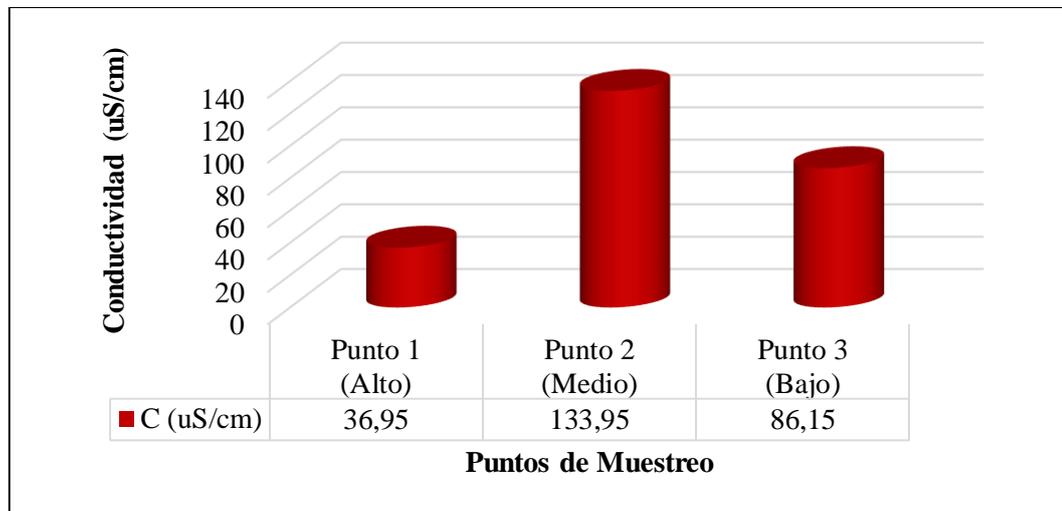
Por otro lado, en el punto 2 existe un incremento de pH lo cual indica que el agua en este trayecto es ligeramente alcalina lo cual indica que existe disminución de iones de hidrógeno, este suceso es debido a la presencia de iones de calcio o carbonato de calcio que suele encontrarse principalmente en los ríos.

**Tabla 14. Valores de Conductividad en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

Conductividad (uS/cm)		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	39,8	34,1	36,95
	P 2	101,5	166,4	133,95
	P 3	71,3	101,0	86,15

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 6. Resultados promedio de Conductividad, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la tabla 14 la conductividad en el punto 1 es de 36,97  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aumentando en el punto 2 (Medio) con un valor de 133,95  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y finalmente disminuyendo en el punto 3 a un valor de 86,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Este parámetro no se encuentra establecido dentro del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Anexo 1, referente al recurso agua para actividad de riego agrícola. Pero se toma en cuenta las normas europeas de aguas superficiales destinadas a ser potables donde la conductividad no debe tener un valor superior a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micro Siemens/centímetros). Es decir que el resultado de la investigación en los 3 puntos de muestreo se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

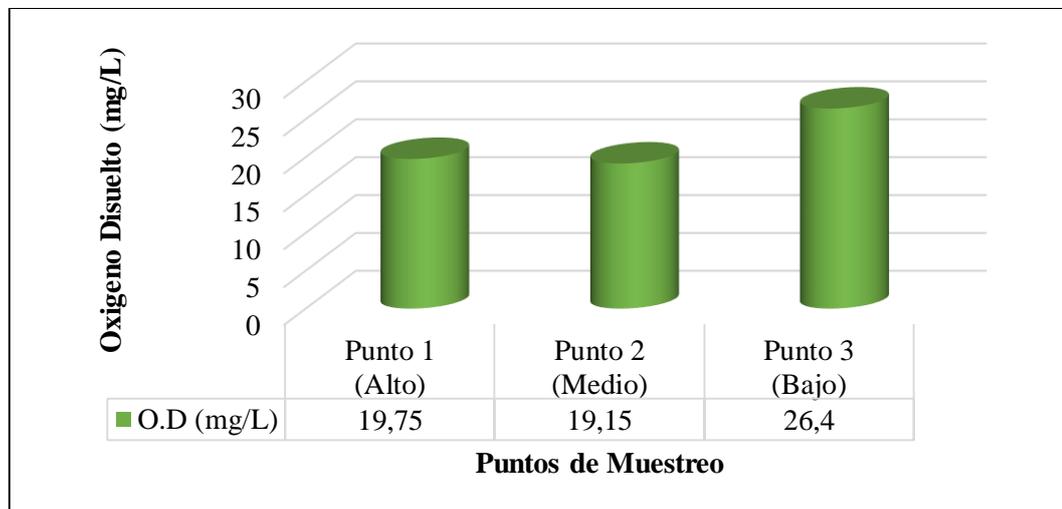
En el punto dos existe un elevado valor en la conductividad debido a la dureza de calcio existente en aguas superficiales o en este caso en el río Illuchi, como lo mencionamos en el parámetro anterior. Cabe recalcar que la dureza del agua es beneficiosa para el riego, ya que los iones alcalinotérreos aumentan la permeabilidad del suelo al agua.

**Tabla 15. Valores de Oxígeno Disuelto en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	21,9	17,6	19,75
	P 2	22,1	16,2	19,15
	P 3	30,9	21,9	26,4

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 7. Resultados promedio de Oxígeno Disuelto, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

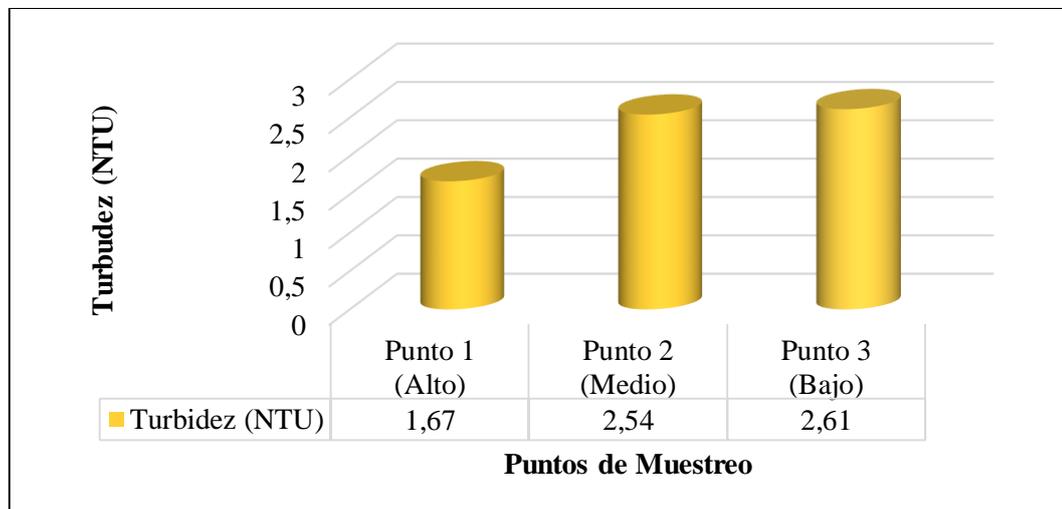
A continuación, en la Tabla 15 referente a oxígeno disuelto se evidencia que en el punto 1 existe 19,75mg/L este valor va disminuyendo en el punto 2 a 19,15 mg/L debido a que el caudal del río se va debilitando, en el punto 3 existe un aumento de 26,4 mg/L pues en esta parte el río posee mayor corriente ya que en ocasiones la hidroeléctrica Illuchi 2 abre sus compuertas, lo cual aumenta notablemente el caudal y el burbujeo del mismo, beneficiando a la actividad a su alrededor como lo es la pesca deportiva San Nicolás ubicada en este sector.

Es decir, los 3 puntos se encuentran fuera del límite máximo permisible, ya que los valores sobrepasan el 3 mg/L referente a oxígeno disuelto, de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en su Tabla 3 la cual indica los criterios de calidad de agua para riego agrícola.

**Tabla 16. Valores de Turbidez en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

<b>Turbidez (NTU)</b>		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	1,49	1,85	1,67
	P 2	1,64	0,90	2,54
	P 3	2,00	3,23	2,61

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 8. Resultados promedio de Turbidez, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

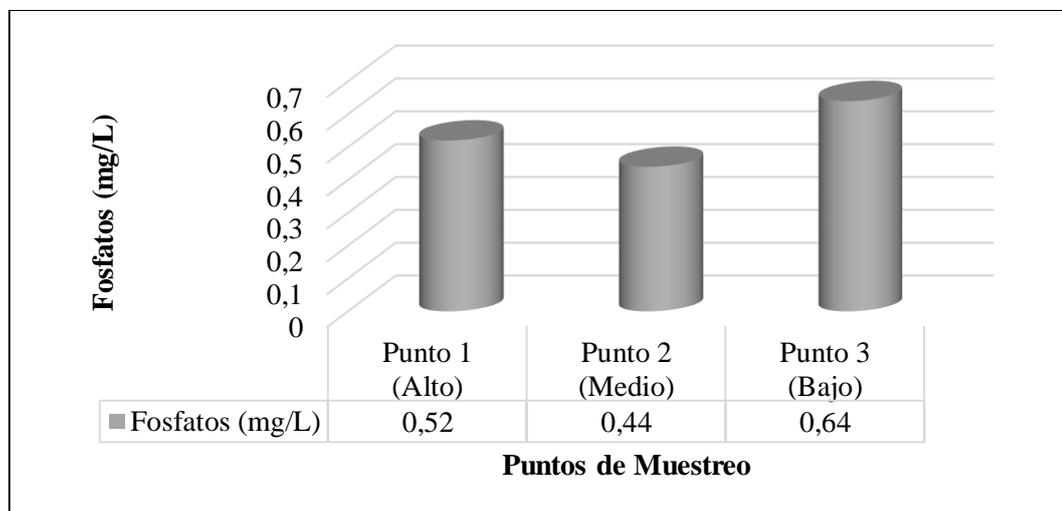
Según la Tabla 16, se presenta el parámetro de turbidez que es uno de los más cruciales al momento de saber la calidad del agua, pues indica si existe o contaminación en el recurso hídrico ya que entre más sucio esté, el nivel de turbidez será más alto. La turbidez está representada en Unidad Nefelométrica para los tres puntos de muestreo en los afluentes del río Illuchi, los cuales señalan que van en aumento desde el punto uno con un valor de 1,67 NTU elevándose hasta el punto 3 hasta 2,61 NTU.

Los valores que se han observado en la figura 8 son promedios de turbiedad los cuales aumentan ligeramente indicando que el río Illuchi poseen sólidos en suspensión con característica de agua cristalina. Es decir, en todos los trayectos este parámetro no afecta la vida acuática o de otros organismos, pero si en un futuro llega a aumentar su valor podría afectar notablemente el desarrollo natural de los mismos.

**Tabla 17. Valores de Fosfatos en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

<b>Fosfatos (mg/L)</b>		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	0,537	0,513	0,52
	P 2	0,465	0,424	0,44
	P 3	0,662	0,618	0,64

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 9. Resultados promedio de Fosfatos, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la Tabla 17 referente a fosfatos se observa desde el primer punto que existe una variante en cada mes consecutivo en los cuales se ha muestreado, estos valores van entre 0.44 mg/L a 0.64 mg/L en los puntos uno, dos y tres.

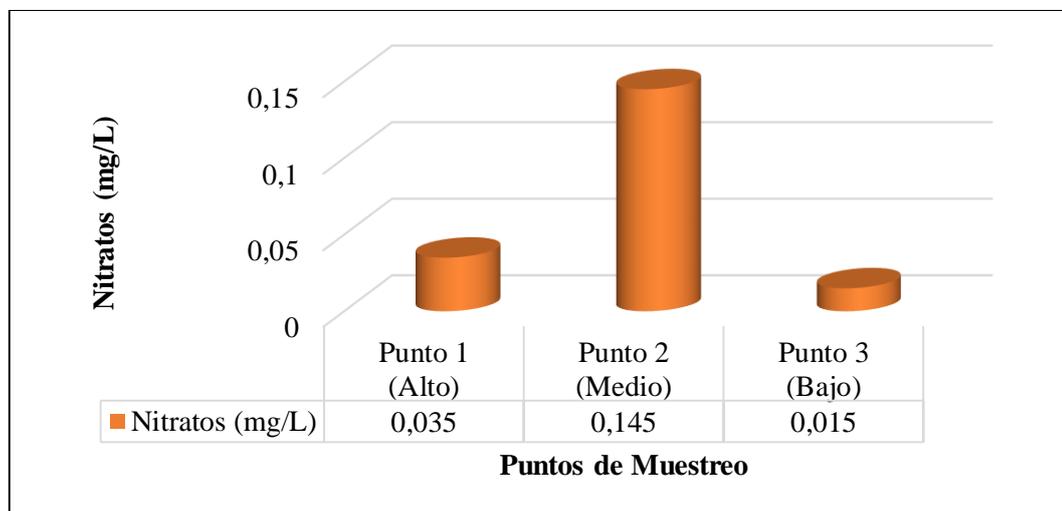
El enriquecimiento excesivo de nutrientes en el medio acuático más conocida como eutrofización se da por la existencia de fosfatos esto causa el crecimiento apresurado de algas Fitoplanctónicas, llegando a ser un problema por la demanda de oxígeno que causa la descomposición de las mismas.

Según la figura 9, los resultados promedios en el punto 1 va entre 0.52 mg/L, para el punto 2 el valor es de 0.44 mg/L en este punto se observa una variante que disminuye en baja cantidad y para el punto 3 el nivel de fosfato va en aumento y sube a 0.64 mg/L eso se da a medida que el río aumenta su carga contaminante debido a fertilizantes, excreciones humanas o animales y productos de limpieza como detergentes.

**Tabla 18. Valores de Nitratos en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

<b>Nitratos (mg/L)</b>		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	0,03	0,04	0,035
	P 2	0,14	0,15	0,145
	P 3	0,01	0,02	0,015

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 10. Resultados promedio de Nitratos, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la figura 18 se verifica que los valores de  $\text{NO}_3$  son bajos, estos varían entre 0.015 a 0.145 mg/L durante los tres meses de estudio.

En Ecuador, según la normativa TULSMA Anexo 1, referente al recurso agua para actividad de riego agrícola, se permite la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el agua, pero con un LMP 0,5 mg/L. Por consiguiente, este parámetro si cumple con los límites aceptables, así lo demuestra la figura 10 con los valores promedio de 0.035 mg/L P1 (Alto), 0.145 mg/L P2 (Medio) y 0.015 mg/L P3 (Bajo).

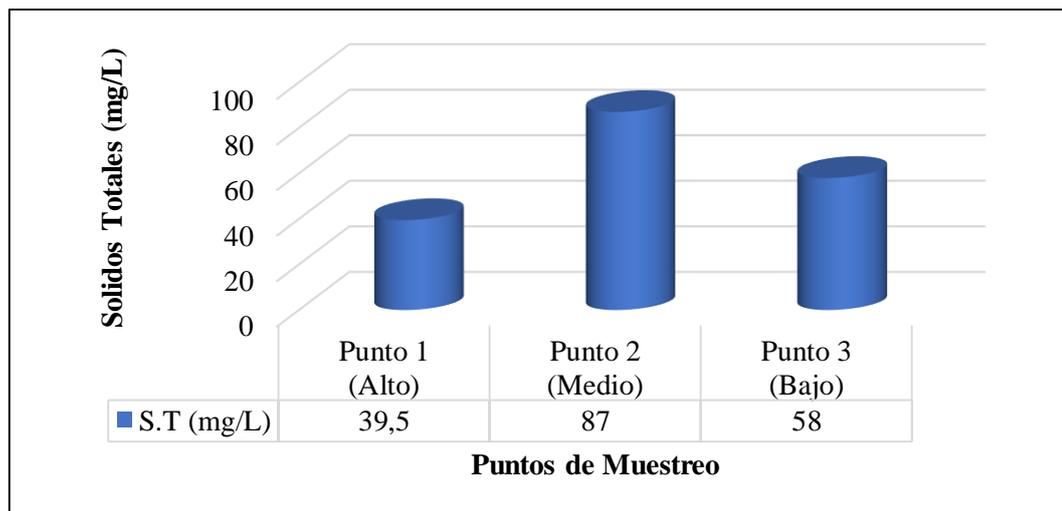
**Tabla 19. Valores de Solidos Totales en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

<b>Solidos Totales (mg/L)</b>		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	29	50	39,5

P 2	34	140	87
P 3	20	96	58

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 11. Resultados promedio de Sólidos Totales, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la Tabla 19 se puede observar los valores de sólidos totales tomados en cada punto en los cuales se observa que existe un cambio, entre el punto uno y dos, ya que va en aumento debido al grado de contaminación, pues si bien se sabe en el agua presente en el medio natural se pueden encontrar varias impurezas en formas suspendidas o disueltas.

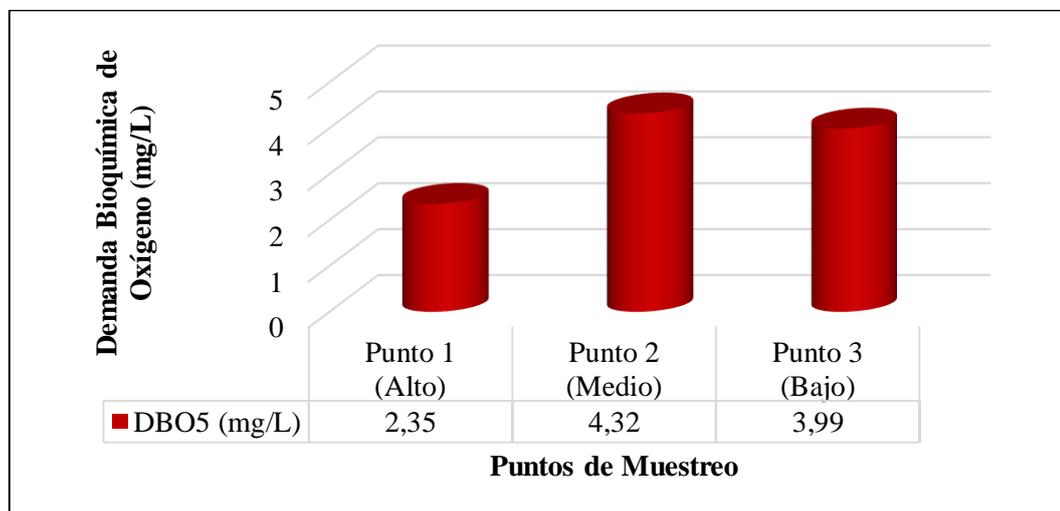
Los sólidos totales variaron entre 39.5 mg/L y 87 mg/L según lo indica la figura 11, siendo así el punto alto el que presentó menor concentración de sólidos totales y el punto medio se consideró por el alto valor hallado como el punto con elevados niveles de ST debido a que en esta zona existe en mayor cantidad el cultivo por lo que generan contaminantes de origen orgánico e inorgánico que son absorbidos por la tierra y por consiguiente aumenta la concentración de contaminantes que están presentes en los sólidos. Una vez obtenido estos valores y puestos en comparación según el TULSMA, se verifica que los niveles de concentración en el río Illuchi en la tabla 3, referente al recurso agua para actividad de riego agrícola no aplica ninguna cantidad como LMP.

**Tabla 20. Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

		<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)</b>		
		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	4,43	0,27	2,35
	P 2	3,96	4,68	4,32
	P 3	2,62	5,36	3,99

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 12. Resultados promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro el cual da los valores de cuánto oxígeno necesitan los microorganismos para oxidar la materia orgánica presente en el agua, en la tabla 20 se observa los promedios para el punto 1 es de 2.35 mg/L, para el punto 2 es de 4.32 mg/L y para el punto 3 es de 3.99 mg/L.

Según la Figura 12, los puntos 2 y 3 cuentan con mayor concentración de DBO5, porque a su alrededor existen vertidos de aguas residuales de uso doméstico que es uno de los factores que más incide.

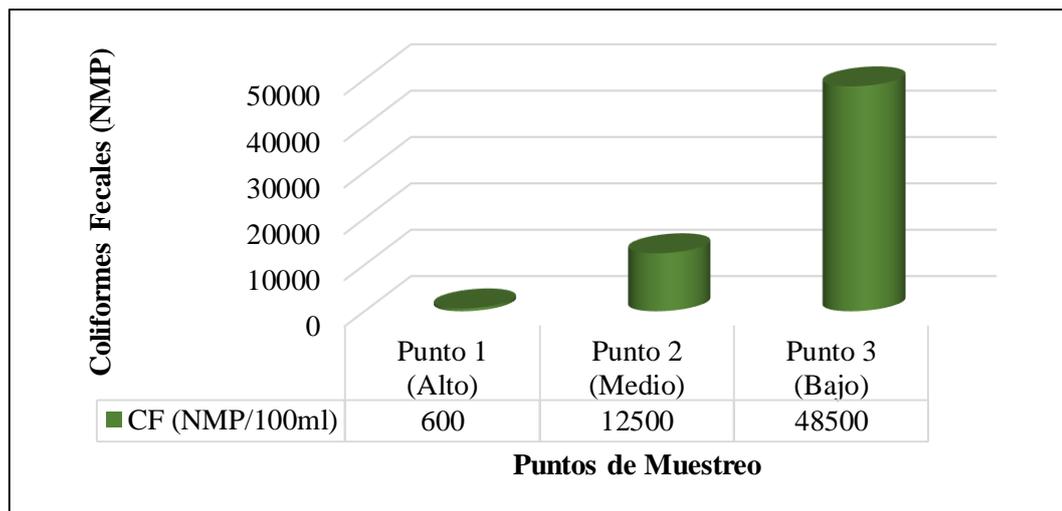
**Tabla 21. Valores de Coliformes Fecales en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

		<b>Coliformes Fecales (NMP/100ml)</b>		
		Noviembre	Diciembre	Media
Puntos	P 1	400	800	600

P 2	15000	10000	12500
P 3	27000	70000	48500

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 13. Resultados promedio de Coliformes Fecales, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la Tabla 21 se puede divisar los valores mensuales que se obtuvieron a partir del muestreo en tres puntos de río Illuchi que a su vez fueron analizados por un laboratorio certificado, en promedio se observa en el P1 un total de 600 NMP/100ml; en el P2 un promedio de 12500 NPM/100ml; y en el P3 un total de 48500 NPM/100ml.

Como se muestra en los resultados desde el punto alto ya existen cantidades de coliformes en baja cantidad, pero a medida que el río está más poblado existe un notable aumento en el punto medio y punto bajo, pues por lo general en estas zonas urbanas no existe alcantarillado y todo es desechado al río, según la normativa ecuatoriana TULSMA en la tabla 3, referente al recurso agua para actividad de riego agrícola el nivel máximo permisible para consumo humano es mínimo 1000 NMP/100 ml (Número más Probable por 100 mililitros de agua) en coliformes fecales y en estos últimos puntos no se cumple con lo establecido.

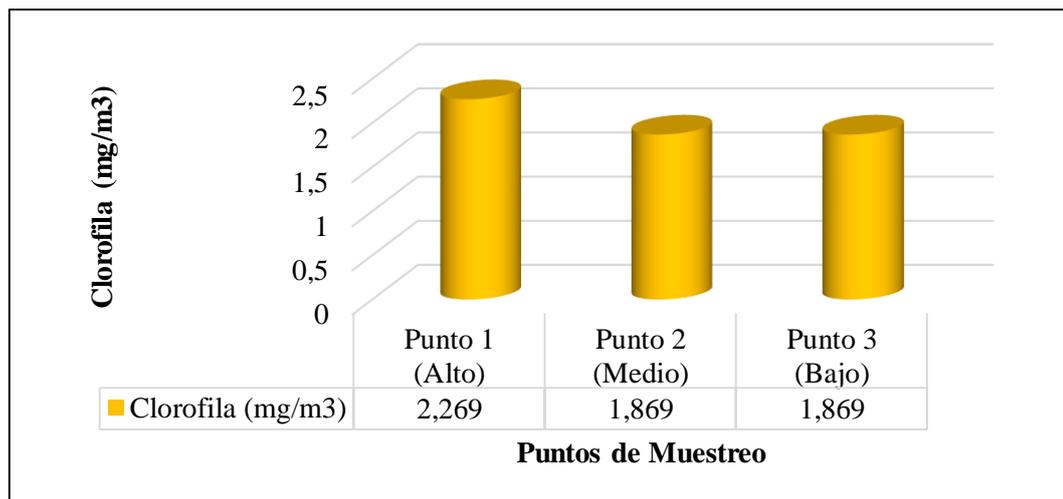
**Tabla 22. Valores de Clorofila en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

		Clorofila a (mg/m3)		
		Diciembre	Enero	Media
Puntos	P 1	2,937	1,602	2,269

P 2	1,869	1,869	1,869
P 3	1,869	1,869	1,869

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 14. Resultados promedio de Clorofila, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la Figura 14 se observa que en el punto 1 se obtuvo un valor promedio mayor de 2,269 mg/m<sup>3</sup> durante los 2 meses de muestreo, mientras que en el punto 2 se el valor fue de 1,869 mg/m<sup>3</sup> y finalmente para el punto 3 el valor medio es de 1,869 mg/m<sup>3</sup>.

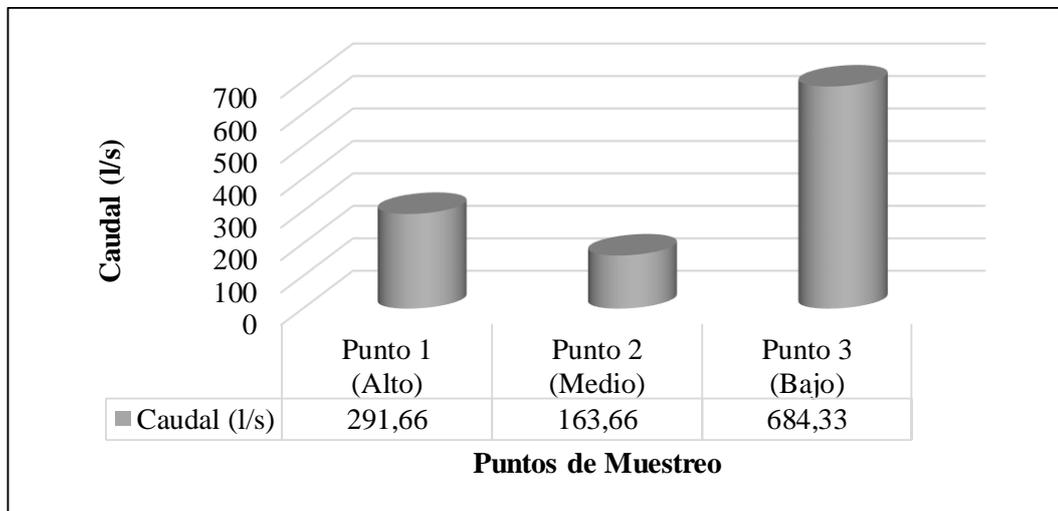
La clorofila es un resultado adicional, que sirve para ver la relación de la misma con la distribución de diatomeas en cada uno de los puntos. Se observa como la clorofila en este caso no se encuentra relacionada directamente con las especies más abundantes, debido a que en el punto 1 durante el mes de diciembre existió abundantes precipitaciones, esto pudo ser un factor para la abundancia de clorofila, ya que la misma corriente arrastró vegetación hacia el punto de muestreo y alteró los resultados de este parámetro durante este mes.

**Tabla 23. Valores de Caudal en 3 puntos de muestreo del río Illuchi.**

		Caudal (l/s)			
		Noviembre	Diciembre	Enero	Media
Puntos	P 1	324	286	265	291,66
	P 2	144	186	161	163,66
	P 3	896	703	454	684,33

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 14. Resultados promedio de Caudal, para tres puntos de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la figura 14 se puede observar el promedio de las mediciones que se realizó en los tres puntos de muestreo con respecto al caudal del río Illuchi, obteniendo así en el P1 (alto) 291 l/s; en el P2 (medio) 163,66 l/s; y en el p3 (bajo) un total de 684,33 l/s. A medida que el río va descendiendo se observa que en el punto medio disminuye su velocidad por la geografía del lugar, y en el punto bajo la velocidad incrementa velozmente ya que cerca de este punto está la Hidroeléctrica Illuchi 2 y la pesca deportiva San Nicolás que son factores que alteran la corriente.

#### 14.2. Índice de Calidad de Agua (ICA).

El Índice de Calidad (ICA) posee una calificación de 0 a 100 en donde el máximo valor indica óptimas condiciones del recurso hídrico, por el contrario, con la existencia de mayor contaminación en el mismo la calificación disminuye notablemente. El resultado fue obtenido por el programa IQA-Data como se muestra a continuación:

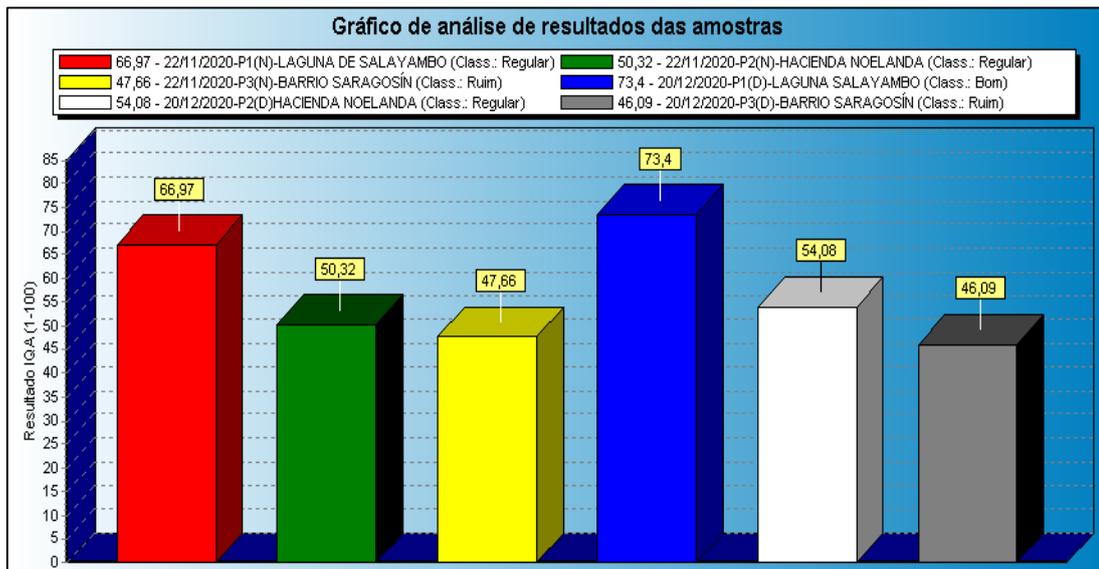
**Tabla 24. Resultados obtenidos según el IQA-Data en los tres puntos de muestreo ubicados en el río "Illuchi"**

Meses	Puntos	Valor de IQA-Data	Calificación
Noviembre	P1 (N)	66,97	Regular
	P2 (N)	50,32	Regular

	P3 (N)	47,66	Malo
Diciembre	P1(D)	73,4	Bueno
	P2(D)	54,08	Regular
	P3(D)	46,09	Malo

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Figura 15. Gráfico de análisis de resultados obtenidos en el IQA-Data en los tres puntos de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre 2020.**

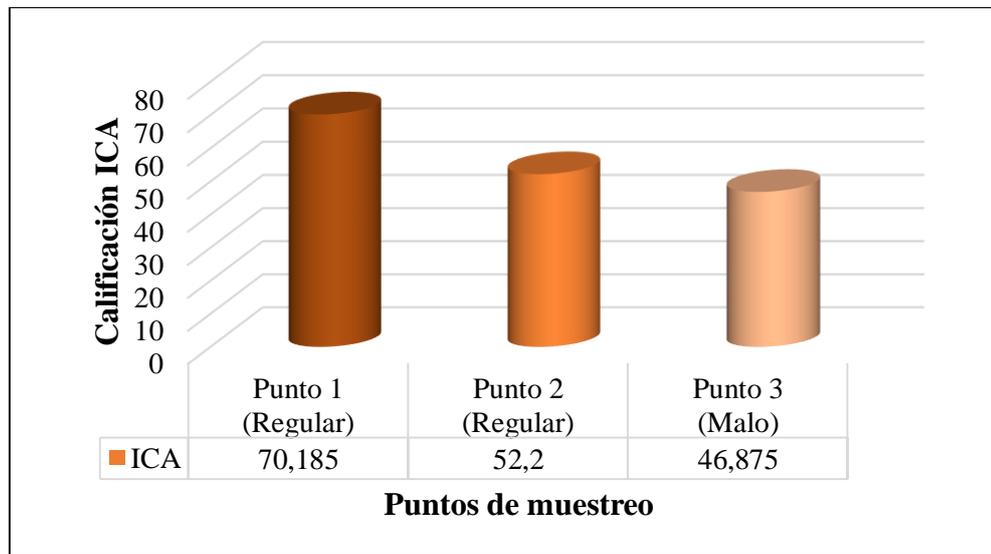


Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la figura 15 se puede observar los resultados obtenidos a través del programa IQA-Data en donde el punto 1 ubicado en la Laguna de Salayambo posee los valores más elevados, en el mes de noviembre de 66,97 con calificación (regular) y durante el mes de diciembre con un valor de 73,4 con clasificación (bueno). Por lo tanto, este punto de muestreo no posee un grado contaminación abundante, gracias a su ubicación en la parte alta en donde nace el río Illuchi y a su vez existen 1 o 2 asentamientos humanos que no perjudiquen la calidad del recurso hídrico.

Por el contrario, el punto 3 posee valores de 47,66 y 46,09 durante los meses de noviembre y diciembre respectivamente, adquiriendo una calificación de (malo) ya que se encuentra ubicado en el Barrio Saragosín en donde la contaminación antrópica es abundante debido a las poblaciones aledañas al río y las actividades de la pesca Deportiva San Nicolás.

**Figura 16. Resultados promedio ICA, para tres sitios de muestreo del río Illuchi.**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

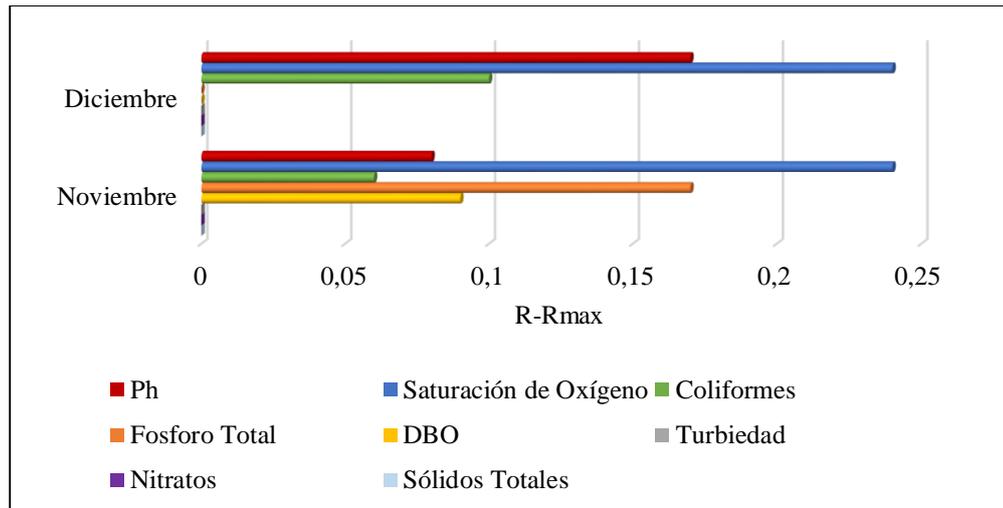
El índice de calidad del agua (ICA) se determinó con los resultados obtenidos de los nueve parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Estos análisis de la calidad del agua se realizaron en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como algunos parámetros fueron enviados a otros laboratorios certificados tales como el Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos perteneciente al INAMHI y al Laboratorio ALS Ecuador.

Según el gráfico 16, los resultados para el punto 1 ubicado en la Laguna de Salayambo tiene un valor medio equivalente a 70,185 con una calificación de ICA Regular, siendo el valor más alto y el cual requiere purificación mínima en el afluente para consumo humano; el punto 2 cerca de la Hacienda Noelanda obtuvo calificación de ICA de (Regular) con promedio de 52,2 la cual es considerada como agua de dudosa procedencia para consumo, ya que tiene índices de contaminación, y el punto 3 considerado punto bajo en el barrio Saragosín presentó el ICA más bajo (Malo) con un valor promedio de 46,875, es decir es el punto de muestreo del río Illuchi más contaminado de acuerdo a los resultados, debido a la descarga de aguas residuales domésticas y a la interacción de actividades humanas como la pesca deportiva San Nicolas sobre el caudal del río.

### 14.2.1. Variables que representan Mayor Impacto en la Calificación del Índice de Calidad del Agua.

#### Punto Uno (Alto).

**Figura 17. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, punto 1 (Alto)**



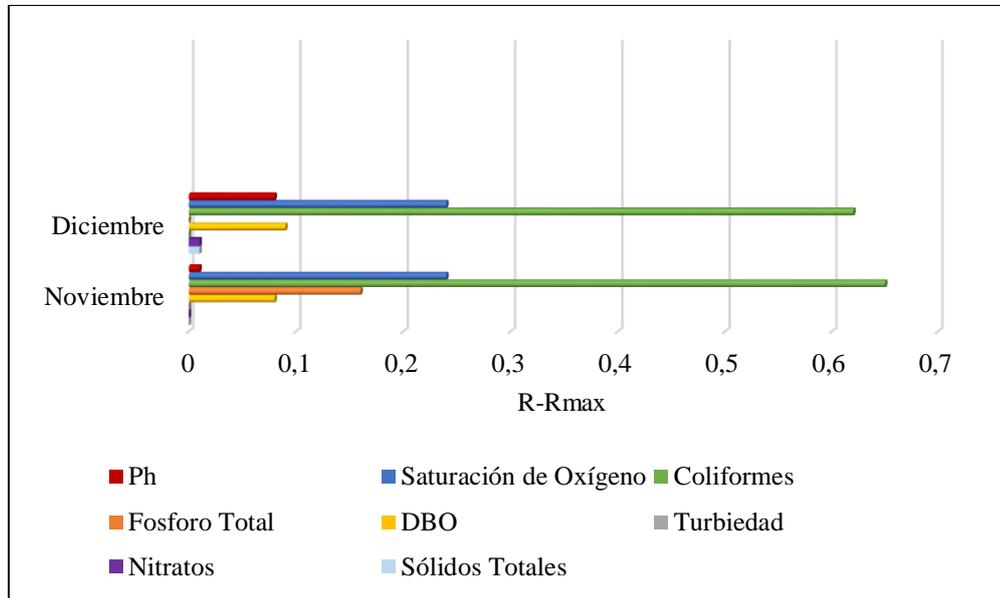
Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En la figura 17 se muestra las variables que poseen mayor representación para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA), en el mes de noviembre en el punto 1 son: saturación de oxígeno que tiene un valor de 0,24 representando el 37,55% del total para determinar el ICA, el fósforo total que tiene un valor de 0,17 representando el 26,56% para determinar el ICA y la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) que tiene un valor de 0,09 representando el 14,06 % para determinar el ICA.

En el mes de diciembre, la saturación de oxígeno tiene un valor de 0,24 representando el 47,06% del total para determinar el ICA, el potencial de hidrógeno (pH) tiene un valor de 0,17 representando el 33,33% y las coliformes fecales tienen un valor de 0,10 representando el 19,61 % del total para determinar el ICA.

**Punto Dos (Medio).**

**Figura 18. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, Punto 2 (Medio).**



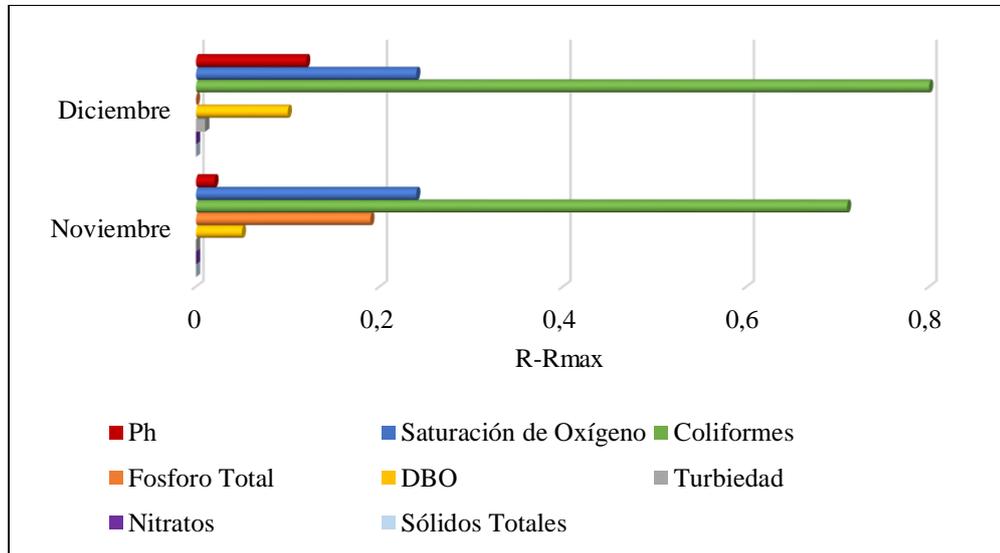
Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

Las variables que poseen mayor representación para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA) en el punto 2 en el mes de noviembre son: coliformes fecales que tiene un valor de 0,65 representando el 57,02% del total para determinar el ICA, la saturación de oxígeno que tiene un valor de 0,24 que representa el 21,05% y el fósforo total que tiene un valor de 0,16 representando el 14,04% del total para determinar el ICA como se muestra en la figura 18.

En el mes de diciembre, coniformes fecales tiene un valor de 0,62 representando el 59,05% y la saturación de oxígeno tiene un valor de 0,24 que representa el 22,86% del total para determinar el ICA.

### Punto Tres (Bajo).

**Figura 19. Variables con mayor impacto obtenidas durante los muestreos de noviembre y diciembre del 2020 en el río “Illuchi”, Punto 3 (Bajo).**



Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

A continuación, en la figura 19 las variables que poseen mayor representación para la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA) en el punto 3 en el mes de noviembre son: coliformes fecales las cuales tienen un valor de 0,71 representando el 58,68%, la saturación de oxígeno la cual tiene un valor de 0,24 representando el 19,83 % del total para determinar el ICA y el fosforo total tiene un valor de 0,19 representando el 15,70% del total para determinar el ICA

En el mes de diciembre, coliformes fecales tienen un valor de 0,80 representando el 62,99 % y la saturación de oxígeno tiene un valor de 0,24 representando el 18,90% del total para determinar el ICA.

### 14.3. Indicadores Bióticos.

Se identificaron un total de 31 especies de diatomeas epilíticas en los tres puntos de muestreo:

**Tabla 25. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el Punto 1 (Alto).**

#	Nombre	Noviembre	Diciembre	Enero	Especies Abundantes
1	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	0	7	6	13

2	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	2	7	7	16
3	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	0	9	7	16
4	<i>Caloneis bacillum</i>	1	5	0	6
5	<i>Cocconeis lineata</i>	2	15	5	22
6	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	13	37	76	126
7	<i>Cymbella excisa</i> var. <i>Angusta</i>	2	14	6	22
8	<i>Cymbella excisiformis</i>	0	14	9	23
9	<i>Cymbella tumida</i>	0	6	12	18
10	<i>Diatoma mesodon</i>	1	6	7	14
11	<i>Encyonema ventricosum</i>	0	5	14	19
12	<i>Epithemia turgida</i>	11	13	7	31
13	<i>Eunotia incisa</i>	4	7	5	16
14	<i>Fragilaria arcus</i>	66	115	76	257
15	<i>Fragilaria ulna</i>	36	41	68	145
16	<i>Frustulia vulgaris</i>	1	11	11	23
17	<i>Gomphoneis minuta</i>	1	6	6	13
18	<i>Gomphonema angustatum</i>	2	11	9	22
19	<i>Gomphonema clavatum</i>	1	8	11	20
20	<i>Grunowia sinuata</i>	5	9	13	27
21	<i>Melosira varians</i>	36	21	96	153
22	<i>Navicula decussis</i>	1	9	18	28
23	<i>Navicula tripunctata</i>	1	6	7	14
24	<i>Nitzschia acicularis</i>	21	31	67	119
25	<i>Nitzschia linearis</i>	44	53	38	135
26	<i>Pinnularia maior</i>	9	6	8	23
27	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	35	96	45	176
28	<i>Tabellaria fenestrata</i>	0	13	5	18
29	<i>Tabellaria flocculosa</i>	19	59	33	111
<b>TOTAL</b>		<b>1626</b>			

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En el punto uno se identificaron 29 especies de diatomeas de las cuales 8 son abundantes: *Cyclostephanos invisitatus*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Melosira*

*varians*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia linearis*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabellaria flocculosa*.

**Tabla 26. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el Punto 2 (Medio).**

#	Nombre	Noviembre	Diciembre	Enero	Especies Abundantes
1	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	14	53	47	114
2	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	18	29	8	55
3	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	13	48	12	73
4	<i>Caloneis bacillum</i>	21	31	11	63
5	<i>Cocconeis lineata</i>	0	17	27	44
6	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	11	78	113	202
7	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	3	5	37	45
8	<i>Cymbella excisa</i> var. <i>Angusta</i>	0	25	37	62
9	<i>Cymbella excisiformis</i>	0	33	19	52
10	<i>Cymbella tumida</i>	4	17	27	48
11	<i>Diatoma mesodon</i>	11	32	49	92
12	<i>Encyonema ventricosum</i>	12	26	18	56
13	<i>Epithemia turgida</i>	43	92	116	251
14	<i>Fragilaria arcus</i>	12	81	64	157
15	<i>Fragilaria ulna</i>	0	57	23	80
16	<i>Frustulia vulgaris</i>	0	31	25	56
17	<i>Gomphoneis minuta</i>	12	6	39	57
18	<i>Gomphonema angustatum</i>	15	27	31	73
19	<i>Gomphonema clavatum</i>	10	33	43	86
20	<i>Gomphonema truncatum</i>	0	23	15	38
21	<i>Grunowia sinuata</i>	23	24	91	138
22	<i>Melosira varians</i>	12	14	65	91
23	<i>Navicula decussis</i>	5	36	28	69
24	<i>Navicula tripunctata</i>	12	16	39	67
25	<i>Nitzschia acicularis</i>	8	23	41	72
26	<i>Nitzschia linearis</i>	3	36	26	65
27	<i>Pinnularia maior</i>	31	40	78	149
28	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	12	56	34	102

29	<i>Tabellaria fenestrata</i>	3	7	35	45
30	<i>Tabellaria flocculosa</i>	5	55	17	77
<b>TOTAL</b>		<b>2579</b>			

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En el punto dos se identificaron 30 especies de diatomeas de las cuales 9 son abundantes: *Achnantheidium minutissimum*, *Cyclostephanos invisitatus*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Grunowia sinuata*, *Melosira varians*, *Pinnularia maior*, *Rhoicosphenia abbreviata*.

**Tabla 27. Especies de diatomeas epilíticas encontradas en el punto tres.**

#	Nombre	Noviembre	Diciembre	Enero	Especies Abundantes
1	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	2	8	3	13
2	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>	11	6	9	26
3	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>	0	7	0	7
4	<i>Caloneis bacillum</i>	5	6	13	24
5	<i>Cocconeis lineata</i>	70	95	198	363
6	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	8	12	5	25
7	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	4	4	1	9
8	<i>Cymbella excisa var. Angusta</i>	3	13	10	26
9	<i>Cymbella excisiformis</i>	0	11	6	17
10	<i>Cymbella tumida</i>	6	9	8	23
11	<i>Diatoma mesodon</i>	87	113	67	267
12	<i>Encyonema ventricosum</i>	1	12	15	28
13	<i>Epithemia turgida</i>	41	55	33	129
14	<i>Eunotia incisa</i>	11	6	17	34
15	<i>Fragilaria arcus</i>	28	45	46	119
16	<i>Fragilaria ulna</i>	25	58	27	110
17	<i>Frustulia vulgaris</i>	1	7	5	13
18	<i>Gomphoneis minuta</i>	3	7	12	22
19	<i>Gomphonema angustatum</i>	12	9	7	28
20	<i>Gomphonema clavatum</i>	62	75	97	234
21	<i>Gomphonema truncatum</i>	1	0	0	1
22	<i>Grunowia sinuata</i>	5	15	8	28

23	<i>Melosira varians</i>	1	5	10	16
24	<i>Navicula decussis</i>	2	12	9	23
25	<i>Navicula tripunctata</i>	10	8	7	25
26	<i>Nitzschia acicularis</i>	6	9	6	21
27	<i>Nitzschia linearis</i>	3	5	7	15
28	<i>Pinnularia maior</i>	8	8	5	21
29	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	93	106	140	339
30	<i>Tabellaria fenestrata</i>	0	3	1	4
31	<i>Tabellaria flocculosa</i>	3	8	2	13
<b>TOTAL</b>		<b>2023</b>			

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

En el punto tres se identificaron 31 especies de diatomeas de las cuales 7 son abundantes: *Cocconeis lineata*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema clavatum*, *Rhoicosphenia abbreviata*

#### 14.4. Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA).

A continuación, para la determinación del Índice Trófico de Calidad del Agua se asignaron valores tróficos a las especies abundantes que se encontraron en el punto uno, punto 2 y punto 3, obteniendo lo siguiente:

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

Donde, vt= valor trófico de especies; h= abundancia relativa de especies

**Tabla 28. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto uno.**

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa (%)
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	126	2,6	6,07
<i>Fragilaria arcus</i>	257	4	12,38
<i>Fragilaria ulna</i>	145	3	6,98
<i>Melosira varians</i>	153	4	7,37
<i>Nitzschia acicularis</i>	119	2	5,73
<i>Nitzschia linearis</i>	135	3	6,50

<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	176	4	8,48
<i>Tabellaria flocculosa</i>	111	1,5	5,35
<b>ITCA</b>	1,41	Oligotrófico (Contaminación Despreciable)	

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Tabla 29. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto dos.**

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa (%)
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	114	4	5,49
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	202	2,6	9,73
<i>Diatoma mesodon</i>	92	4	4,43
<i>Epithemia turgida</i>	251	4	12,09
<i>Fragilaria arcus</i>	157	4	7,56
<i>Grunowia sinuata</i>	138	4	6,65
<i>Melosira varians</i>	91	4	4,38
<i>Pinnularia maior</i>	149	2,5	7,18
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	102	4	4,91
<b>ITCA</b>	1,53	$\beta$ -mesotrófico (Contaminación moderada)	

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

**Tabla 30. Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) para el punto tres.**

Nombre	Especies Abundantes	Valor Trófico	Abundancia Relativa (%)
<i>Cocconeis lineata</i>	363	4	17,49
<i>Diatoma mesodon</i>	267	4	12,86
<i>Epithemia turgida</i>	129	4	6,21
<i>Fragilaria arcus</i>	119	4	5,73
<i>Fragilaria ulna</i>	110	3	5,30
<i>Gomphonema clavatum</i>	234	4	11,27
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	339	4	16,33
<b>ITCA</b>	2,61	$\alpha$ -mesotrófico (Contaminación Fuerte)	

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

Se consideró como especies de diatomeas bioindicadoras exclusivamente a las especies más abundantes encontradas en cada punto de muestreo como se muestra a continuación:

**Tabla 31. Especies de diatomeas bioindicadores en cada punto de muestreo**

<b>Especies Punto uno</b>	<b>Especies Punto dos</b>	<b>Especies Punto tres</b>
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	<i>Achnantheidium minutissimum</i>	<i>Cocconeis lineata</i>
<i>Fragilaria arcus</i>	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	<i>Diatoma mesodon</i>
<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Diatoma mesodon</i>	<i>Epithemia turgida</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Epithemia turgida</i>	<i>Fragilaria arcus</i>
<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Fragilaria arcus</i>	<i>Fragilaria ulna</i>
<i>Nitzschia linearis</i>	<i>Grunowia sinuata</i>	<i>Gomphonema clavatulum</i>
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>
<i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Pinnularia maior</i> <i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	

Elaborado por: Gallegos Diana y Vilela Cinthia.

## 15. Discusión de Resultados.

En referencia a los resultados obtenidos con el Índice de Calidad del Agua (ICA), se relacionan con los niveles de polución obtenidos con el índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) de las especies de diatomeas epilíticas encontradas en cada uno de los puntos de muestreo del río Illuchi, donde para el ICA el punto 1(alto) obtuvo un resultado de 70,185 indicando una calificación Regular, mientras que el punto 2 (medio) indicó una calificación Regular con un valor de 52,2 y por último en el punto 3 (bajo) tuvo un valor de 46,875 siendo su calificación Mala. Luego, comparando con (ITCA) mediante sus tablas; se obtuvo en el punto 1 un valor de 1,41 indicando que es un valor Oligotrófico es decir su contaminación es despreciable, en el punto 2 el valor fue de 1,53 siendo  $\beta$ -mesotrófico determinando una contaminación moderada y para el punto 3 dio un valor de 2,61 determinando un estado  $\alpha$ -mesotrófico que indica contaminación fuerte. Es decir, en el punto 2 y 3 se asocian los dos índices ya que a medida que aumentaron los valores de parámetros físicos, químicos y microbiológicos tales como (turbidez, fosfatos y nitratos) aumentaron la cantidad de individuos de diatomeas epilíticas en estos trayectos.

Los parámetros que se encuentran elevados en el punto dos y tres es debido a los factores antrópicos como los vertidos de la agricultura y ganadería que son arrojados hacia el río Illuchi sin tratamiento previo; en el punto 2 existe un valor elevado de nitratos y sólidos totales esto es debido a las descargas de la producción agrícola de (chocho, papa, maíz, cebada, etc) cerca del sector de la Hacienda Noelanda. Por otro lado, cabe recalcar que existe un menor porcentaje de incidencia de factores climáticos en el caso del aumento de la clorofila en el punto 1 en la Laguna de Salayambo por las precipitaciones en el mes de diciembre; o factores geográficos que provocan la disminución del caudal en el punto dos lo cual hace que se estanque el agua en este trayecto y se enriquezca de nutrientes produciendo que el número de individuos de diatomeas aumente, constatando en este punto el proceso de eutrofización.

En el punto tres existió una calificación mala para el ICA y una contaminación fuerte para el ITCA esto es debido principalmente a los vertidos de los ganaderos, ya que se observó detenidamente en las fases de campo que la mayoría de pobladores de este sector se dedica a la producción de cerdos y vacas cuya actividad no cuenta con el debido tratamiento de aguas residuales y de la misma manera para los vertidos contaminantes en la producción agrícola. Otro factor importante que altera la condición del estado del río Illuchi son las actividades recreativas que se realizan en la pesca deportiva San Nicolás ubicada cerca del Barrio Saragosín, la cual los fines de semana es visitada por turistas nacionales o extranjeros que contaminan con desperdicios este recurso hídrico. Por lo tanto, la contaminación en este punto es alta, es por ello que el agua no está en óptimas condiciones para el consumo del ser humano sin haber tenido un tratamiento previo.

El en el ITCA da resultados con niveles de contaminación para el punto 1 de oligotrófico (contaminación despreciable) es decir, que las diatomeas epilíticas identificadas pueden vivir en un ambiente con niveles bajos de nutrientes por lo tanto la contaminación en este punto es mínima; en el punto 2 da un nivel  $\beta$ -mesotrófico (contaminación moderada) refiriéndose que la concentración de nutrientes es medido y las microalgas abundantes encontradas en este trayecto toleran las condiciones del río; y finalmente en el punto 3 da un  $\alpha$ -mesotrófico (contaminación fuerte) por consiguiente las especies diatomeas abundantes identificadas en este punto tiene un elevado nivel de tolerancia a la contaminación excesiva del río que se da por alteración en la composición del mismo. Los resultados obtenidos tienen una relación con el estudio realizado por (Uvillus, 2017) en el río “la compañía” en el cantón Mejía que presenta los mismos niveles de contaminación de: oligotrófico,  $\beta$ -mesotrófico y  $\alpha$ -mesotrófico en sus tres puntos respectivos, comprobando así que los indicadores bióticos son

el complemento de los análisis físico químicos y microbiológicos para una adecuada evaluación del índice de calidad de agua

Finalmente, lo expresado en el párrafo anterior concuerda con la investigación de (Urrea *et al.*,2011) el cual menciona que la aplicación de microorganismos unicelulares como bioindicadores pueden ir desde un control rutinario de la calidad de agua ya sea en ríos, lagos o lagunas, hasta la evaluación de un impacto de contaminación debido a causas naturales o antropogénicas, puesto que estos indicadores bióticos sensibles las condiciones ambientales y crecen en cortos periodos de tiempo.

## **16. Preguntas Científicas y Verificación.**

### **Pregunta Científica (1).**

¿Qué relación existió entre las Diatomeas Epilíticas y la calidad de agua del río Illuchi en cuanto al hallazgo realizado?

Al momento de hablar de calidad de agua se tomó en cuenta dos índices los cuales dieron como resultado un valor verdadero para saber si es una fuente hídrica que cumple con los LMP establecidos por la normativa TULSMA; en primer lugar se estudió el Índice de Calidad de Agua (ICA) el cual indica que un río que esté en óptimas condiciones debe obtener un puntaje alto dentro de su rango de calificación que va entre 0 a 100, de ser un valor mínimo se sobreentiende que el agua contiene mayor contaminación, una vez analizados los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se enviaron al laboratorio se obtuvo un valor ICA para tres puntos del río Illuchi, en el punto 1 dio un resultado de 70,18 (regular), en el punto 2 de 52,2 (regular) y en el punto 3 de 46,87 (malo), existe una relación inversamente proporcional, cuando cerca del río aumenta el número de habitantes la calificación del valor ICA baja, por lo tanto, la contaminación en el río Illuchi aumenta.

En segundo lugar, el Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) se estudió para saber los niveles de tolerancia de eutrofización, teniendo en cuenta la identificación de diatomeas epilíticas y su concentración que da el valor de especies abundantes y el grado de tolerancia los cuales fueron usados para la determinación ITCA, dando como resultado para el punto 1 un valor de 1,41 indicando que es un valor Oligotrófico es decir su contaminación es despreciable y son pocas las diatomeas que pueden sobrevivir con un número de nutrientes mínimo ya que su nivel de tolerancia en este punto es bajo, en el punto 2 el valor es de 1,53 siendo  $\beta$ -mesotrófico es decir de contaminación moderada, en este caso las diatomeas elevan su nivel de

tolerancia y crecen de forma mesurada y para el punto 3 dio un valor de 2,61 que en la tabla indica ser  $\alpha$ -mesotrófico donde se verifica que es de contaminación fuerte, es decir tienen alto nivel de tolerancia por lo que crecen en exceso, llegando a la determinación de que las diatomeas son consideradas como fuente bioindicadora, ya que cuando existe elevada cantidad de nutrientes se realiza la eutrofización indicando que el número de las diatomeas aumenta, es por ello que se realizó los estudios de calidad de agua donde se verificó el nivel de alteración en el medio acuático estudiado.

### **Pregunta Científica (2).**

¿Según el estudio que se llevó a cabo, se puede determinar si el agua es apta para el riego de cultivos y para consumo?

Según los resultados que arrojaron los laboratorios en cuanto al análisis de agua en el río Illuchi se observó en cifras reales el nivel de contaminación que existe en el mismo y mediante estudios de calidad de agua como son el índice de calidad de agua (ICA) con un promedio para el punto 1 de 70.18 indicando que es regular para su uso, para el punto 2 de 52,2 siendo también regular y para el último en el punto 3 de 46.87 este vendría a ser el punto con más problemas obteniendo a una calificación de malo y el índice trófico de calidad de agua (ITCA), para lo cual se realizó un estudio e identificación de diatomeas epilíticas que son microalgas bio-indicadoras permitiendo de esta manera calificar si este tipo de agua se encuentra en estado óptimo para su utilización. Siendo así que los resultados encontrados fueron puestos a comparación con la normativa TULSMA en base a la Tabla 3 sobre criterios de calidad de aguas para riego agrícola, según indica los resultados la mayoría de parámetros no sobrepasan los LMP quiere decir que es apta para riego, por otro lado cuando se habla de agua para consumo humano existen otros valores a cumplir para los parámetros según la normativa INEN-1108 lo cuales si permiten que el medio acuático sea considerada agua para consumo o agua potable.

## **17. Impactos (Técnicos, Sociales, Ambientales o Económicos)**

### **17.1. Impactos Técnicos.**

Para realizar investigaciones referentes a calidad de agua en la fase de campo se debe tomar en cuenta que los instrumentos utilizados se encuentren totalmente calibrados y en buen estado para que los datos arrojados sean válidos, de la misma manera en la fase de laboratorio.

Algunos parámetros físico-químicos fueron analizados en laboratorios certificados para mayor veracidad de los datos, pero la investigación se realizó en gran parte en el laboratorio de Medio Ambiente perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual cuenta con equipos, materiales y reactivos adecuados para la ejecución del proyecto, esto permitió que el análisis se realice de manera rápida, logrando que el proceso de identificación de diatomeas epilíticas sea preciso con ayuda de las guías taxonómicas elaboradas en su mayoría en Madrid, España, permitiendo que los resultados sean obtenidos dentro del tiempo de ejecución estimado.

### **17.2. Impactos Sociales.**

Este proyecto de investigación permite medir el nivel de contaminación existente en el río Illuchi, en los tres puntos de muestreo específicos P1, P2 y P3, demostrando así el estado de calidad de agua actual en el cual se encuentra dicho río.

Algunas poblaciones aledañas al cauce del río Illuchi dependen totalmente de él, tanto para el riego de sus cultivos, crianza de su ganado y uso doméstico, por lo tanto, se debe considerar alternativas para mitigar y disminuir la contaminación paulatina del mismo. Una debería ser la disponibilidad de servicios públicos acordes a sus respectivas necesidades por parte del estado tales como el agua potable y el alcantarillado público.

### **17.3. Impactos Ambientales.**

El impacto humano sobre el medio ambiente ha incluido cambios en los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos naturales, tal como se nota en esta indagación realizada a lo largo del río Illuchi en tres puntos específicos, cuyos resultados denotan que el agua no es apta para consumo, pues en la zona más poblada no existe alcantarillado lo que obliga a las personas a la utilización de pozos sépticos cerca del río, en el cual también se encuentra ubicada una pesca deportiva y zona de camping siendo así un lugar vulnerable a

contaminarse pues no existen medidas adecuadas para evitar dichas consecuencias, los moradores también usan el agua para riego y consumo animal, sin medir la peligrosidad que esto conlleva pues puede causar enfermedades en el ganado y un alto nivel de contaminación en sus cultivos que por ende saldrá a la venta para consumo humano. En este caso que aún están a tiempo de evitar grandes contaminaciones el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE), debería promover campañas y medidas de conservación para el medio ambiente y sus recursos naturales.

#### **17.4. Impactos Económicos.**

Un estudio para analizar la calidad de agua tiene costos elevados, pues cada parámetro físico, químico y microbiológico conlleva a seguir varios pasos y a utilizar equipos especiales creados para ese tipo de procesos, es por ello que para realizarlo parte de estos parámetros fueron enviados para analizar en laboratorios certificados y la otra parte se realizó un oficio para la UTC en el cual se solicitó se pueda realizar en sus laboratorios la identificación de las diatomeas epilíticas. Además, se adquirió de otras empresas materiales muy importante para la indagación entre ellos el mencionado Naphrax, claro que, a comparación de otros estudios de calidad de agua, cabe recalcar que la identificación de diatomeas es uno de los más económicos y verídicos.

### **18. Conclusiones.**

Luego de la realización del trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los puntos de muestreo en el río Illuchi, se georreferenciaron utilizando el sistema de información geográfica, obteniendo la ubicación de cada uno de los puntos P1 (alto), P2 (medio) y P3 (bajo) con sus respectivas coordenadas y altitudes por medio de un GPS, el punto uno se encuentra ubicado en la Laguna de Salayambo perteneciente al Parque Nacional Llanganates con una altitud de 3848 msnm, el punto dos está ubicado cerca de la Hacienda Noelanda con una altitud de 3428 msnm y el punto tres se encuentra ubicado en el Barrio Saragosín cerca de la Hidroeléctrica Illuchi 2 con una altitud de 2962 msnm, permitiendo la toma de muestras de agua y diatomeas de forma precisa en cada punto mencionado.

- Se identificaron un total de 31 especies de diatomeas epilíticas, reconociendo a su vez un total de 6228 individuos en los tres puntos de muestreo durante los meses noviembre,

diciembre 2020 y enero 2021, las mismas se asocian a distintos niveles de calidad del agua del cuerpo hídrico Illuchi. En el punto alto (Laguna de Salayambo) se identificaron un total de 29 especies de diatomeas epilíticas los cuales 8 son abundantes: *Cyclostephanos invisitatus*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia linearis*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Tabellaria flocculosa* y se reconocieron un total de 1626 individuos en este trayecto; mientras que en el punto medio (Hacienda Noelanda) se identificaron 30 especies de diatomeas epilíticas de las cuales 9 son abundantes: *Achnantheidium minutissimum*, *Cyclostephanos invisitatus*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Grunowia sinuata*, *Melosira varians*, *Pinnularia maior*, *Rhoicosphenia abbreviata* y se reconocieron un total de 2579 individuos ; finalmente en el punto bajo (Barrio Saragosín) se identificaron 31 especies de diatomeas epilíticas de las cuales 7 son abundantes: *Cocconeis lineata*, *Diatoma mesodon*, *Epithemia turgida*, *Fragilaria arcus*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema clavatum*, *Rhoicosphenia abbreviata* y a su vez fueron reconocidos 2023 individuos.

- El índice de calidad de agua determinado para el río Illuchi se realizó mediante el estudio de varios parámetros entre físicos, químicos y microbiológicos, arrojó resultados para la obtención de los valores ICA mediante el programa IQAData, con los cuales se pudo determinar si el agua podía usarse para el consumo y riego, para ello se clasificó los datos obtenidos en referencia a los rangos establecidos por Posselt y Costa sobre calidad del agua. Por consiguiente, para el P1, se obtuvo una media de 70,185 indicando una calificación regular, es decir que como el rango está cerca de ser bueno el agua de este si serviría para consumo humano pero purificando mínimamente y si se puede usar para el riego de cultivos; en el P2 su calificación media fue regular con un valor de 52,2 esto significa que solamente puede apoyar una diversidad baja de la vida acuática, puede utilizar para el cultivo y ganadería, mientras tanto que para el consumo humano debe ser purificada, y por último en el P3 su media fue de 46,875 siendo su calificación mala es decir que no se encuentra en óptimas condiciones para el consumo humano por lo tanto debe tener un tratamiento adecuado, y de la misma manera para el riego de cultivos ya que presentaría problemas para los animales y cultivos.

- El índice trófico de calidad de agua (ITCA) fue obtenido mediante la identificación de diatomeas epilíticas y su concentración que da el valor de especies abundantes las cuales fueron usadas para la determinación ITCA, dando como resultado para el punto 1 un valor de 1,41 que comparado con la tabla está en el rango de 1,0 a 1,5 indicando que es un valor Oligotrófico es decir su contaminación es despreciable, en el punto 2 el valor es de 1,53 este valor recae en

la tabla entre el rango 1,5 a 2,5 siendo  $\beta$ -mesotrófico es decir de contaminación moderada y para el punto 3 dio un valor de 2,61 que en la tabla indica estar en el rango de 2,5 a 3,5 verificando que ese valor se refiere a un estado  $\alpha$ -mesotrófico donde se indica que es de contaminación fuerte.

### **19. Recomendaciones.**

Concluida la investigación se propone las siguientes recomendaciones:

- Realizar las fases de campo y laboratorio dentro del tiempo de ejecución estimado, para obtener datos relevantes y verídicos en el proyecto de investigación. Cabe recalcar que para ello es necesario utilizar siempre el equipo de protección personal (EPP), sobre todo fue importante el distanciamiento social ya que el que se realizó el presente estudio fue realizado en el tiempo de la emergencia sanitaria del COVID-19.
- Analizar las muestras para índice de Calidad del Agua (ICA) e Índice Trófico de Calidad de agua (ITCA) en un tiempo máximo de 24 horas colocando las muestras siempre bajo refrigeración. Los recipientes que contienen las muestras para calidad de agua y diatomeas epilíticas deben estar debidamente etiquetados con el nombre del punto de muestreo, fecha y hora, además deben estar sellados en su totalidad para que no exista alteraciones al momento de la obtención de resultados en la fase de laboratorio.
- En el análisis ICA el uso del programa IQADData es de gran importancia es por ello que antes de ejecutar cualquier tipo de cálculo se verifique que este programa esté instalado correctamente en el computador pues puede arrojar resultados erróneos que alterarían con la veracidad del estudio
- En el caso de estudios de calidad de agua para futuras investigaciones sería necesario realizar de tres a cuatro muestreos, para obtener mayor relación en los resultados y elevar el nivel de eficacia, también es de mucha relevancia que al momento de identificar las especies de diatomeas se realicen tomando en cuenta documentos donde se encuentren ya determinadas sus características fisiológicas y morfológicas.

## 20. Glosario.

**Absorción de luz.** – “La cantidad de luz que un cierto volumen de agua puede absorber con el tiempo” (Lenntech, 2019).

**Acidez.** – “Sucede cuando en una solución el número de iones hidrógeno es superior, por lo tanto, se considera ácida” (Lenntech, 2019).

**Acondicionamiento de agua.** - “Cualquier forma de tratamiento de agua diseñado para mejorar la calidad del agua, mediante neutralización, inhibición o eliminación de sustancias indeseables” (Carbotecnia, 2020)

**Agricultura.** – “Actividad de producción de cultivos y productos de ganado” (Andrade, 2017).

**Agua.** - Es un compuesto químico estable formado, a nivel molecular, por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno “gracias a los denominados puentes de hidrógeno las distintas moléculas de agua se unen entre sí dando lugar a la sustancia que todos conocemos”. (Morales, 2017)

**Agua potable.** – “Es el agua que se considera segura y apta para el consumo humano, con fines culinarios y domésticos” (Carbotecnia, 2020).

**Aguas residuales.** – “El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida” (Lenntech, 2019).

**Aguas subterráneas.** – “Representa una fracción importante del agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más grande que el del agua retenida en lagos o circulante, aunque menor que el de los glaciares” (Santos, 2007).

**Aguas superficiales.** – “Son aquellas aguas que se encuentran o se desplazan por la superficie de la tierra, como los arroyos de montaña, ríos, lagos, lagunas y embalses” (Santos, 2007).

**Bentónico.** – “Los organismos bentónicos, son aquellos que cohabitan en el fondo de los ecosistemas acuáticos” (Garrido, 2016).

**Bioindicadores.** – “Son organismos que permiten analizar el impacto ambiental en un hábitat, comunidad o ecosistemas” (Thoman, 2020)

**Calidad del agua.** –“Condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos” (Infojardin, 2001).

**Conductividad.** - “La cantidad de electricidad que un agua puede conducir. Esta expresada en magnitudes químicas” (Lenntech, 2019).

**Contaminación.** – “Se define como contaminación como la disminución o aumento de una sustancia en la naturaleza que afecta negativamente al ambiente” (Villasante, 2000).

**Contaminación del agua.** - “Esta alteración en la calidad del agua, que se traduce en la existencia de sustancias como los microbios, los metales pesados o los sedimentos, hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio” (Zarza, 2018).

**Descarga.** - “La liberación de contaminantes que fueron capturados por un medio de filtración” (Lenntech, 2019).

**Desechos orgánicos.** - “Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno” (Zarza, 2018).

**Detergente.** –“Agente de limpieza soluble en agua, tal como jabón” (Lenntech, 2019).

**Dispersante.** - Químico que se añade al agua con la finalidad de que las partículas se mantengan en suspensión (Carbotecnia, 2020)

**Dureza del Agua.** – “Concentración de compuestos minerales que hay en el agua, como magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad” (FACSA, 2017).

**Eutrofización.** - Enriquecimiento del agua, la cual causa un crecimiento excesivo de plantas acuáticas e incrementan la actividad de microorganismos anaeróbicos. Como resultado los niveles de oxígenos disminuyen rápidamente y el agua se asfixia, haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos. (Lenntech, 2019)

**Iones de calcio.** - Uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Además, es uno de los dos principales constituyentes de la dureza en el agua. Contribuye a la formación

de incrustaciones blanquecinas en las superficies que están en contacto con agua dura. (Carbotecnia, 2020)

**Microalgas.** – “Las microalgas son microorganismos unicelulares que tienen la capacidad de realizar la fotosíntesis. Esto es, son capaces de generar biomasa orgánica a partir de CO<sub>2</sub> y luz, usando al agua como dador de electrones, oxidándose a O<sub>2</sub>” (Fernández, 2014)

**Microorganismos.** – “Organismos que son tan pequeños que sólo pueden ser observados a través del microscopio, por ejemplo, bacterias, fungi, levaduras, etc” (Lenntech, 2019).

**Morfología.** - “La morfología es la disposición, la distribución o la forma de algo. El término se utiliza con distintos alcances específicos de acuerdo con el contexto” (Pérez & Gardey, Reproducción, 2015).

**Nutriente.** – “Sustancia que ayuda al crecimiento de organismos vivos, tales como nitrógeno y fosforo” (Lenntech, 2019).

**Obras de Potabilización.** Son las plantas de tratamiento que se deben diseñar conforme a las características del agua a tratar. En los puntos precedentes hemos comentado las distintas posibilidades de tratamiento según el perfil o características del agua a tratar para el abastecimiento de poblaciones. (Orellana, 2005)

**Ornamentación.** – “Ornamentación es el proceso y el resultado de ornamentar. Este verbo, por su parte, refiere a embellecer algo a través de la inclusión de adornos y detalles decorativos. La ornamentación, por lo tanto, se asocia a la decoración” (Pérez & Gardey, Reproducción, 2015).

**Permeabilidad del suelo.** - Es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire y es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura. Un estanque construido en suelo impermeable perderá poca agua por filtración. (FAO,2012)

**Planta de tratamiento.** - “ Estructura para manejar el tratamiento de vertidos residuales antes de descargarlos en un cuerpo hídrico” (Lenntech, 2019).

**Protoplasma celular.** - El protoplasma es el material vivo de la célula. Esta estructura fue identificada por primera vez en 1839 como un fluido distinguible de la pared. Se

consideraba que era una sustancia transparente, viscosa y extensible. Se interpretó como una estructura sin organización aparente y con numerosos orgánulos. (Gomez, 2017)

**Purificación.** – “Tratamiento fisicoquímico mediante el cual se busca eliminar los contaminantes orgánicos e inorgánicos indeseables en el agua” (Carbotecnia, 2020).

**Reproducción.** – La noción de reproducción se refiere al proceso y la consecuencia de reproducir. Este verbo, por su parte, hace mención a producir nuevamente algo, a realizar una copia o, en el caso de los seres vivos, a dar a luz o generar otro organismo con las mismas características biológicas. (Pérez y Gardey, 2015)

**Residual.** - La cantidad de un material específico que permanece en el agua después de un proceso de tratamiento. Puede referirse a un material indeseado resultado de una eliminación incompleta, como una fuga de dureza, o a una sustancia destinada a permanecer en el agua tratada, como el cloro residual. (Carbotecnia,2020)

**Residuos fecales.** - “Material que se evacua durante la defecación. La materia fecal está compuesta de alimentos que no se digirieron, bacterias, moco y células del revestimiento de los intestinos. También se llama heces” (Instituto Nacional de Cancer).

**Río.** – “Corriente permanente de agua que recolecta las aguas de los distintos tipos de precipitaciones que caen sobre la superficie terrestre, así también como el agua que nace en manantiales o que procede del deshielo de glaciares y neveros”. (Santos, 2007)

**Saturación.** – “La condición de un líquido cuando toma de la solución la mayor posible cantidad de una sustancia dada” (Lenntech, 2019).

**Sedimentación.** – “Son materias sólidas, en forma de partículas o granos, que se encuentran en una superficie” (Carbotecnia, 2020)

**Sustancia.** - “Es aquella materia que no está mezclada con otra u otras y posee propiedades constantes a una temperatura y presión” (Pérez y Valera, 2009).

**Vertidos.**- “En el marco de la legislación de aguas continentales se considera vertido toda emisión de contaminantes que se realice directa o indirectamente a las aguas continentales, así como al resto del Dominio Público Hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada.” (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2019)

## 21. Bibliografía.

- Alba-Tercedor, J. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellowell (1978)*. *Limnética*, 4: 51-56. 1988.
- Andrade, N. (2017). *La importancia de la agricultura en nuestro país*. Obtenido de <https://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>
- Andrade, A. (2017). *La ciencia en otras palabras. Diatomeas*. Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/339-numero-39/614-diatomeas.html>
- Blanco, S. (2010). *Guía de las Diatomeas de la Cuenca del río Duero*. Confederación Hidrográfica del Duero, 15 -17.
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C., & Becares, E. (2010). *Guía de diatomeas de la cuenca del Duero*. En Confederación hidrográfica del Duero (págs. 14-15). Madrid-España: CONABIO.
- Brown. (2012). Índice de calidad de agua general "ICA". *Servicio Nacional de Estudios Territoriales*, 14.
- Calizaya-Anco, J., Avendaño-Cáceres, M., & Delgado-Vargas, I. (2013). Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*, 30(1), 58–63. <https://doi.org/36326085012>
- Carbotecnia. (2020). Sólidos disueltos totales (TDS). <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales/>
- Carbotecnia (2020). Términos de tratamiento de agua. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/glosario-de-terminos-de-tratamiento-de-agua/>
- Carretero, M. I., & Pozo Rodríguez, M. (26 de julio de 2007). *Mineralogía aplicada. Salud y medio ambiente*. Obtenido de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497324878/mineralogia-aplicada--salud-y-medio-ambiente>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales. *Pontificia Universidad Javeriana*
- Castellanos, M. (2016). Daterminación de Calidad del agua del rpio Illuchi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3241>
- Castillejo, P., & Paz, L., (2017). Identificación de especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río pita en la provincia de Pichincha. Obtenido de: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2538>
- Castillo, E. (2013). *La contaminación del agua para consumo humano como problema social en la parroquia Quinara*. Loja.
- Chacón, E., Beraldi, H., Cevallos, S., Knoll, A., & Golubic, S. (2002). *70 Ma nonmarine diatoms from northern Mexico*. *Geology*, 30, 279-281.
- COA. (2017). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. Obtenido de [file:///C:/Users/cinth/Downloads/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](file:///C:/Users/cinth/Downloads/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)

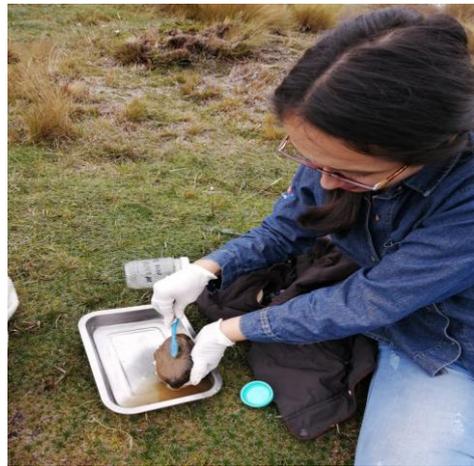
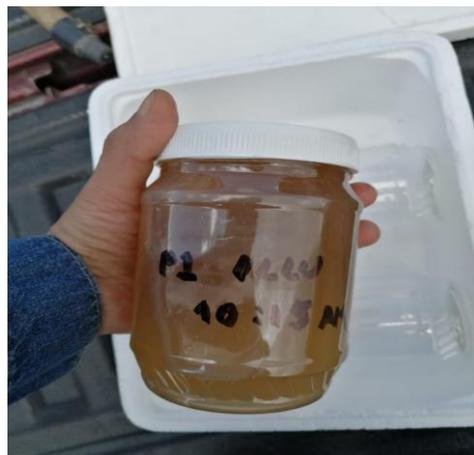
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR* 2008. Obtenido de [file:///C:/Users/cinth/Downloads/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](file:///C:/Users/cinth/Downloads/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Cruz, I. (2017). *Diatomeas, origen, pared celular, hábitat y reproducción*. Obtenido de [ecured.cu/Diatomeas](http://ecured.cu/Diatomeas).
- Duró, A., & García, J. (2010). *Arquitectura de las diatomeas. Investigación y ciencia*. Obtenido de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/multiverso-499/arquitectura-de-las-diatomeas-877>
- FACSA, (2017). La dureza del Agua. Obtenido de <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/#:~:text=%C2%BFQU%C3%89%20ES%3F,contiene%20en%20muy%20poca%20cantidad>.
- Fernández, J. (2014). *Microalgas*. Obtenido de <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-1-microalgas.html>
- Gamarra Torres, O., Barrena Gurbillón, M., Barboza Catillo, E., Rascón Barrios, J., & Corroto, F. (2018). *Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú*. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a11v25n1.pdf>
- García, G. (2002). La contaminación del Agua. *Ciencias de la tierra y el medio ambiente*.
- Garrido, C. (2016). Organismos marinos pelágicos y bentónicos. Obtenido de <https://www.depeces.com/organismos-marinos-pelagicos-y-bentonicos.html>
- Gomez, V. (2017). *Protoplasma: historia, características, componentes, funciones*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/protoplasma/>
- Gobierno de España. (2011). *Guía de las de las diatomeas de la cuenca del Duero*. Obtenido de España : [https://www.researchgate.net/publication/232571035\\_Guia\\_de\\_las\\_diatomeas\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_Duero](https://www.researchgate.net/publication/232571035_Guia_de_las_diatomeas_de_la_cuenca_del_Duero)
- Goyonela, G. (2007). *Transparencia, color y turbidez . Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos , 1*.
- Harris, D. (2003). Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría. <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0304/guiones0304.pdf>
- Harwood, D. M., & Gersonde, R. (1990). *Resting spores, chrysophycean cysts, and endoskeletal dinoflagellate, and notes on the origin of diatoms. In: Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Result*.
- Hellawell, J. M. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier, England. 1986. 546 pp*.
- HIDRICOS, L. O. (6 de Agosto de 2014). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. Obtenido de REPUBLICA DEL ECUADOR.
- Hustedt, F. (1930). *Bacillariophyta (Diatomeae), Fisher, Jena*.
- Infojardin. (2001). *Infojardin.com*. Obtenido de <https://www.infojardin.com/glosario/cal/calidad-del-agua.htm>
- INEN. (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2169-1.pdf>

- Instituto Nacional de cáncer (s.f.). *Instituto Nacional de Cancer*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/materia-fecal>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). INEC. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultadosprovinciales/cotopaxi.pdf>
- Jiménez Cisneros , B., Torregrosa , M., & Aboites Aguilar, L. (2010). *El agua en México:cauces y encauces*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/elaguaenmexico-caucesyencauces.pdf>
- Jiménez, G. (2015). Presencia de fosfatos en aguas. <http://www.xtec.cat/~gjimene2/licencia/students/05aguas.html#Presencia>
- Kelly, M., & Whitton, B. (1995). *The Trofic Diatom Index: a New Index for Monitoring Eutrofication in River*. *Journal of Applied Phycology* 7: 433-444. 1995.
- Lenntech. (2019). *Lenntech.es*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/glosario-agua.htm>
- Lenntech. (2019). *Glosario del agua*. Obtenido de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc\\_pdf\\_8439.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/filespdf/doc_pdf_8439.pdf)
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, ( 2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua*. Obtenido de REPUBLICA DEL ECUADOR.
- Lobo, E. (2016). *Estado del arte del uso de diatomeas para la evaluación de la calidad del agua, con especial referencia a los sistemas lóticos subtropicales y templados brasileños*. Santa Cruz do Sul: (UNISC).
- Lobo, E., Heinrich, C. G., Schuch, M., Düpont, A., Costa, A., & Wetze, C. E. (2016). *Indice Trófico de calidad de agua*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- MAAE. (2017). *Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente y Agua*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- Medlin, L. K., & Kaczmarska, I. (2004). *Evolution of the diatoms: V. revision*. *Phycologia*, 43, 245-270.
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2019). *¿Qué es un vertido?* Obtenido de Gobierno de España: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/que-es-vertido/>
- Morales, F. (2017). Propiedades del agua. <http://www.lineaverdeceutatracede.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/propiedades-del-agua.asp>
- Ocasio, F. (2008). *Evaluación de calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río Piedras*. San Juan, Puerto Rico: Universidad Metropolitana.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Permeabilidad del Suelo. obtenido de [http://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#top](http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#top)
- Orellana, J. (2005). Ingeniería Sanitaria. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)

- Norma EN14407. (2005). Guía para la identificación, recuento e interpretación de muestras de diatómicas bentónicas de ríos. Madrid - España: AENOR. Obtenido de Norma española.
- Parada Puig, G. (2012). El agua virtual: conceptos e implicaciones. *Orinoquia*, 2.
- Paredes, J. (2013). Importancia del agua. <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pauta Calle, G., Velaco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., & Morales, O. y. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 76-88.
- Pérez, & Gardey. (2015). *Reproducción*. Obtenido de <https://definicion.de/reproduccion/>
- Pérez, & Valera. (2009). *Ciencias Naturales para Secundaria Básica: Octavo Grado: Proyecto de Contenido. (Material digitalizado)*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Sustancia>
- Posselt, E. L. (2010). Santa Cruz do Sul. Patente nº NPI nº 10670-2.
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 71-80.
- RCOA. (2019). *REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE*. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Roldán, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (88): 375-387. 1999.
- Sánchez, E. (2019). *El Banco Mundial advierte del peligro de nitratos, salinidad, bajo nivel de oxígeno y restos de medicamentos y plásticos*. Obtenido de [https://elpais.com/sociedad/2019/08/20/actualidad/1566322372\\_387777.html](https://elpais.com/sociedad/2019/08/20/actualidad/1566322372_387777.html)
- Santos, M. (2007). *Aguas Superficiales y Subterráneas*. Obtenido de [http://infoambiental.org/jdownloads/Presentaciones/Aguas\\_Superficiales\\_y\\_Subterran\\_eas\\_-Zenn\\_Much\\_Santos\\_-\\_2007.pdf](http://infoambiental.org/jdownloads/Presentaciones/Aguas_Superficiales_y_Subterran_eas_-Zenn_Much_Santos_-_2007.pdf)
- Sardiñas, O., & Pérez, A. (2004). Determinación de nitrógeno amoniacal y total en aguas de consumo y residuales por el método del fenato. *SciELO*.
- Secretaría del Agua. (2016). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA*. Obtenido de QUITO: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)
- Thomann, M. (2020). *Organismos Bioindicadores*. Obtenido de <https://www.expertoanimal.com/organismos-bioindicadores-definicion-tipos-y-ejemplos-24936.html>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739>
- Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., & Escobar, J. &. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 86.
- Ulloa Enríquez, F. (17 de febrero de 2016). *Los seis ríos de Latacunga*. Obtenido de <http://panchoullloaenriquez.blogspot.com/2016/02/los-seis-rios-de-latacunga.html>

- Urrea, G., & Sabater, S. (2011). *Epilithic diatoms assemblages and their relationship to environmental characteristics in an agricultural watershed*. Brasil: Guadiana River.
- Uvillus, S. (2017). *Caracterización de la composición florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río "la Compañía", cantón Mejía*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Vargas, H., Nell, D., Asanza, M., & Frere-Fierro, A. (2000). *Vegatación y flora del Llanganates*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/237686769\\_VEGETACION\\_Y\\_FLORA\\_D\\_EL\\_PARQUE\\_NACIONAL\\_LLANGANATES](https://www.researchgate.net/publication/237686769_VEGETACION_Y_FLORA_D_EL_PARQUE_NACIONAL_LLANGANATES)
- Vázquez, D. (2003). Estudio de Factibilidad para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la UDLA-P. *Universidad de las Américas Puebla*, 2.
- Villasante, J. (2000). Tipos de contaminación, sus fuentes y efectos en el estudio de la bahía de Santoña. *Dialnet*, 211-224.
- Water Boards. (2013). Recursos para agricultores. Agua potable. *Central Coast*, 1.
- Wehr, J. and Sheath, R.G. (2003) *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification Academic Press, 917 pp.*
- Zarza, L. (11 de julio de 2018). *Igua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

## 22. Anexos.

**Anexo A. Fotografías del punto 1 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi”****Fotografía 1.** Recolección de muestras de agua.**Fotografía 2.** Medición de temperatura del agua.**Fotografía 3.** Selección de piedras.**Fotografía 4.** Cepillado superficial de las piedras.**Fotografía 5.** Recolección de la muestra.**Fotografía 6.** Identificación de la muestra (P1).

**Anexo B. Fotografías del punto 2 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi”**



**Fotografía 7.** Conservación de las muestras.



**Fotografía 8.** Cepillado superficial de las piedras.



**Fotografía 9.** Enjuague de las piedras.

**Anexo C. Fotografías del punto 3 durante los muestreos de noviembre, diciembre 2020 y enero de 2021 en el río “Illuchi”**



**Fotografía 10.** Identificación de las muestras.



**Fotografía 11.** Enjuague de las piedras.

**Anexo D. Fotografías de los análisis físico- químico y microbiológico del Rio “Illuchi” durante los meses de noviembre, diciembre 2020 y enero 2021.**



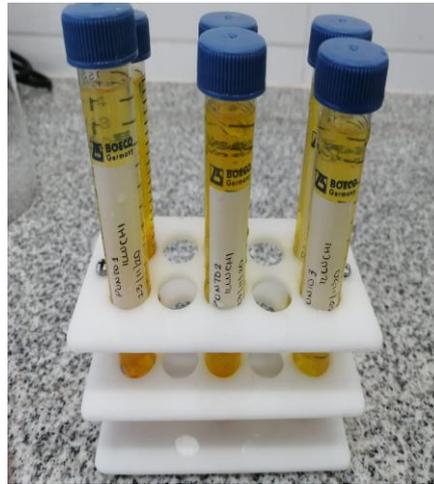
**Fotografía 12.** Muestras de agua de los 3 puntos.



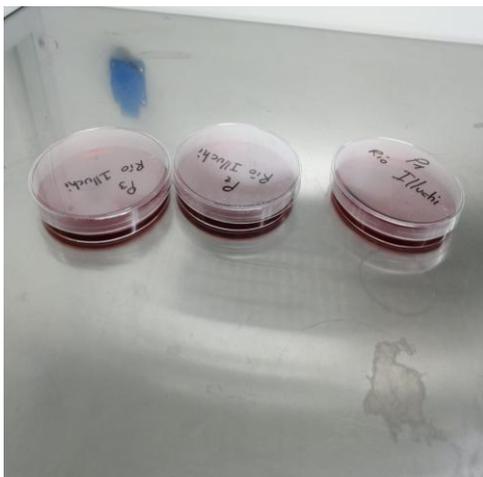
**Fotografía 13.** Medicón de Oxígeno Disuelto.



**Fotografía 14.** Muestras de diatomeas-



**Fotografía 15.** Colocación de  $K_2Cr_2O_7$



**Fotografía 16.** Coliformes fecales de.



**Fotografía 17.** Fijación de muestras de diatomeas.

**Anexo E. Datos obtenidos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para la determinación del IQA del río “Illuchi”**

Parámetros	T(°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Coliformes UFC/100ml	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Turbidez (NTU)
P1 (N)	9	6,17	21,9	4,43	0,03	0,537	400	29	1,49
P2 (N)	15	7,10	22,1	3,96	0,14	0,465	15000	34	1,64
P3 (N)	13	6,90	30,9	2,62	0,01	0,662	27000	20	2
P1 (D)	9	5,35	17,6	0,27	0,04	0,513	800	50	1,85
P2 (D)	12	6,20	16,2	4,68	0,15	0,424	10000	140	0,90
P3 (D)	14	5,80	21,9	5,36	0,02	0,618	70000	96	3,23

**Anexo F. Diatomeas encontradas en el punto uno del río Illuchi durante los meses de noviembre, diciembre 2020 y enero 2021.**

#	Nombre	Fotografía	Características
1	<i>Achnantheidium minutissimum</i>		<p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se le identifica por su forma valvar variable (linear, lanceolada o elíptica), ápices curvados en visión pleural y sus medidas aproximadas son en longitud de 5-25<math>\mu</math>m, en anchura de 2.5-4<math>\mu</math>m y sus estrías de 25-33 <math>\mu</math>m/ 10<math>\mu</math>m. (Gobierno de España, 2011)</p> <p>Esta especie cuenta con frústulos ligeramente asimétricos, estrías visibles y ápices no curvados en visión pleural, origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 6-35 <math>\mu</math>m, en anchura de 3-6<math>\mu</math>m y sus</p>
2	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i>		

---

3	<i>Aulacoseira muzzanensis</i>		<p>estrías de 24-30 <math>\mu\text{m}</math>/ 10<math>\mu\text{m}</math>. (Gobierno de España, 2011)</p> <p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se le identifica por sus areolas gruesas, espinas y manto valvar más cortos que en <i>A. granulata</i> y sus medidas aproximadas son en diámetro de 8-25<math>\mu\text{m}</math> y altura de 4-8<math>\mu\text{m}</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
4	<i>Caloneis bacillum</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 15-48 <math>\mu\text{m}</math> y en anchura de 4-9<math>\mu\text{m}</math>. (Gobierno de España, 2011)</p> <p>A esta especie se le reconoce por su valva sin rafe con areolas circulares y un pseudorrafe central lanceolado, es de origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 11-23 <math>\mu\text{m}</math>, en anchura de 6-14<math>\mu\text{m}</math> y sus estrías de 25-33 <math>\mu\text{m}</math>/ 10<math>\mu\text{m}</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
5	<i>Cocconeis lineata</i>		<p>Esta especie tiene origen planctónico y de agua dulce, no posee nombre común, cuenta con valva plana, no se observa estriación en el centro valvar, sus medidas aproximadas son en diámetro de 6.4-14 <math>\mu\text{m}</math> y perforaciones de 15-20 <math>\mu\text{m}</math> /10<math>\mu\text{m}</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
6	<i>Cyclostephanos invisitatus</i>		

---

7	<i>Cyclotella meneghiniana</i>		Es una especie que tiene origen bentónico y planctónica, no posee nombre común, se cuenta con un área central lisa o ligeramente ondulada, sus medidas aproximadas son un diámetro de 5-43 $\mu m$ y sus estrías de 10 $\mu m$ / 10 $\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
8	<i>Cymbella excisa</i> <i>var. Angusta</i>		Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, cuenta con valvas más estrechas que en <i>C. excisa</i> , ápices fuertemente rostrados, areolas visibles y un solo estigma, sus medidas aproximadas son en longitud de 17-34 $\mu m$ , en anchura de 7-8 $\mu m$ , sus estrías de 11-14 $\mu m$ / 10 $\mu m$ . y perforaciones de 25-28 $\mu m$ / 10 $\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
9	<i>Cymbella excisiformis</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se les identifica por sus ápices ligeramente capitados, presencia de un único estigma, medidas aproximadas son en longitud de 18-44 $\mu m$ , en anchura de 6-9 $\mu m$ , sus estrías de 9-11 $\mu m$ / 10 $\mu m$ y en perforaciones de 24-30 $\mu m$ / 10 $\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
10	<i>Cymbella tumida</i>		Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, cuenta con un margen dorsal fuertemente convexo, amplia área central, estrías radiantes en el

---

11	<i>Diatoma mesodon</i>		<p>centro valvar, estigma bien diferenciado sus medidas aproximadas son en longitud de 35-120 <math>\mu m</math>, en anchura de 12-25 <math>\mu m</math>, sus estrías de 8-10 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p> <p>Células pequeñas con valvas lanceoladas, rómbicas o elípticas tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, se las sus medidas aproximadas son en longitud de 10-40 <math>\mu m</math>, en anchura de 6-14 <math>\mu m</math> y sus costillas de 3-6 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
12	<i>Encyonema ventricosum</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se le reconoce por su margen ventral expandido en la zona central, ápices rostrados o capitados curvados hacia la zona ventral, sus medidas aproximadas son en longitud de 9-21 <math>\mu m</math>, en anchura de 5-7 <math>\mu m</math>, sus estrías de 14-19 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. y en perforaciones de 33-36 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
13	<i>Epithemia turgida</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 15-150 <math>\mu m</math>, en anchura de 7-14 <math>\mu m</math>, sus estrías de 7-9 <math>\mu m/ 10\mu m</math> y sus fíbulas de 3-5 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>

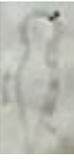
---

---

14	<i>Eunotia incisa</i>		Esta especie posee ápices estrechos y afilados, uno ligeramente más estrecho que el otro, es de origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no cuenta con nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 12-30 $\mu m$ , en anchura de 6-8 $\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
15	<i>Fragilaria arcus</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 15-150 $\mu m$ , en anchura de 4-8 $\mu m$ y sus estrías de 13-16 $\mu m/10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
16	<i>Fragilaria ulna</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 50-250 $\mu m$ , en anchura de 2-3 $\mu m$ y sus estrías de 17-20 $\mu m/10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
17	<i>Frustulia vulgaris</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 50-250 $\mu m$ , en anchura de 2-3 $\mu m$ y sus estrías de 17-20 $\mu m/10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)

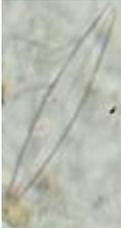
---

---

18	<i>Gomphoneis minuta</i>		Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, tiene valvas grandes y robustas, un área central de forma rómbica con estigma grueso bien diferenciado, sus medidas aproximadas son en longitud de 50-70 $\mu m$ , en anchura de 10-13 $\mu m$ y sus estrías de 13-19 $\mu m/ 10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
19	<i>Gomphonema angustatum</i>		Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 40-100 $\mu m$ , en anchura de 15-22 $\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
20	<i>Gomphonema clavatum</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 12-55 $\mu m$ , en anchura de 5-10 $\mu m$ , sus estrías de 11-12 $\mu m/ 10\mu m$ .y perforaciones de 30-10 $\mu m/ 10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)
21	<i>Gomphonema truncatum</i>		Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se les identifica porque tiene polo apical capitado y fuertemente expandido, varias líneas de puntos en vista pleural sus medidas aproximadas son en longitud de 18-39 $\mu m$ , en anchura de 5-6 $\mu m$ y sus estrías de 9-14 $\mu m/ 10\mu m$ . (Gobierno de España, 2011)

---

---

22	<i>Grunowia sinuata</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 10-50 <math>\mu m</math>, en anchura de 3-8 <math>\mu m</math>, sus estrías de 18-25 <math>\mu m/ 10\mu m</math> y sus fíbulas de 5-8 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
23	<i>Melosira varians</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, tiene un manto con ornamentación tenue, célula sin espinas, sus medidas aproximadas son en longitud de 11.2-26 <math>\mu m</math>, y en altura 4-14 <math>\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
24	<i>Navicula decussis</i>		<p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, cuenta con un área central con estrías radiantes de distinta longitud y ligeramente onduladas, ápices capitados: sus medidas aproximadas son en longitud de 15-33 <math>\mu m</math>, en anchura de 6-9 <math>\mu m</math> y sus estrías de 14-18 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
25	<i>Navicula tripunctata</i>		<p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, tiene forma linear, ápices apuntados, sus medidas aproximadas son en longitud de 30-70 <math>\mu m</math>, en anchura de 6-10 <math>\mu m</math> y sus estrías de 9-12 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>

---

26	<i>Nitzschia acicularis</i>		<p>Es una especie que tiene origen planctónico y salobre, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 30-150 <math>\mu m</math>, en anchura de 2-5 <math>\mu m</math> y sus estrías de 55-60 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
27	<i>Nitzschia linearis</i>		<p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, para su indentificación se toma en cuenta las valvas lineares estrechadas en el centro, ápices curvados. Elevada densidad de fíbulas, irregulares y con un marcado interespacio centra sus medidas aproximadas son en longitud de 34-228 <math>\mu m</math>, en anchura de 3-8 <math>\mu m</math> y sus estrías de 28-41 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
28	<i>Pinnularia maior</i>		<p>Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 14-100 <math>\mu m</math>, en anchura de 8-15 <math>\mu m</math>, sus estrías de 8-10 <math>\mu m/ 10\mu m</math>. (Gobierno de España, 2011)</p>
29	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		<p>Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, se la reconoce por su frústulo arqueado en visión pleural, cuya valva convexa presenta rafe reducido (no visible). Estrías gruesas y septos cercanos a los polos: sus medidas aproximadas son en longitud</p>

30

*Tabellaria fenestrata*



de 10-75  $\mu\text{m}$ , en anchura de 3-8  $\mu\text{m}$  y sus estrías de 15-20  $\mu\text{m}/10\mu\text{m}$ . (Gobierno de España, 2011)

Esta especie tiene origen bentónico y de agua dulce, crecen formando colonias y no poseen nombre común, sus medidas aproximadas son en longitud de 40-75  $\mu\text{m}$ , en anchura de 4-10  $\mu\text{m}$ , sus estrías de 17-19  $\mu\text{m}/10\mu\text{m}$  y perforaciones 5-10  $\mu\text{m}$ . (Gobierno de España, 2011)

31

*Tabellaria flocculosa*



Es una especie que tiene origen bentónico y de agua dulce, no posee nombre común, cuenta con valvas con engrosamiento central donde se observa una rimopórtula, ápices capitados sus medidas aproximadas son en longitud de 11.2-82.7  $\mu\text{m}$ , en anchura de 3.2-8.8  $\mu\text{m}$  y sus estrías de 13-19  $\mu\text{m}/10\mu\text{m}$ . (Gobierno de España, 2011)

**Anexo G. Informes de resultados de parámetros físico-químicos de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de noviembre del 2020.**

**INAMHI**  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS** N° 20-409  
Pág. 1 de 3

USUARIO: UTC  
PERSONA DE CONTACTO: Diana Calleja  
DIRECCIÓN: Laticunga - El Salto  
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR: 99399188 No Reporte Email: dianacalleja@inamhi.gob.ec  
MÉTODO DE MUESTREO: No Aplica  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: 23/11/2020 10:40 DT: 20-103  
LUGAR DE ANÁLISIS: LANCAS Núñez de Vela N06-15 y Corea  
FECHA DE ANÁLISIS: 23/11/2020 a 23/11/2020  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 4/12/2020

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:						
Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-409	Agua Natural	ILLU 1 PUNTO 1	Río Illuchi	20110200	09:45D	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
No Aplica

**INAMHI**  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS** N° 20-409  
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE50	Standard Methods Ed 23, 2017 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0.00 <sup>ND</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE26	Standard Methods Ed 23, 2017 5210 B y 4500-D C	mg/L	4.43 <sup>ND</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 1299 7 ed	mg/L	g <sup>ND</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017 4500-P C	mg/L	0.537 <sup>ND</sup>

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del "SAC"  
\*\* Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del "SAC"

Autorizado por:  
Dra. Jeanneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio

**INAMHI**  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

**Imagen 1.** Resultados de parámetros físico-químicos del Punto 1 (Laguna de Salayambo).

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-410  
Pág. 1 de 3

USUARIO:		UTC			
PERSONA DE CONTACTO:		Diana Gallegos			
DIRECCIÓN:		Latacunga - El Salto			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:		991474155	No Reporta	Email:	diana@utc@utrcat.com
MÉTODO DE MUESTREO:		No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:		23/11/2020	10H00	OT:	20-103
LUGAR DE ANÁLISIS:		LANCAS: Nuez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:		23/11/2020		28/11/2020	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:		4/12/2020			

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:**

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-410	Agua Natural	ILLU 2 Punto 2	Río Illuchi	23/11/2020	13H45	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
No Aplica

Imagen 2. Resultados de parámetros físico-químicos del Punto 2 (Hacienda Noelanda).

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-410  
Pág. 2 de 3

Parámetro	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0,00 <sup>10</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE26	Standard Methods Ed 23, 2017: 5210 B y 4500-C	mg/L	3,96 <sup>10</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH Ho 8000 12/59 7 ed	mg/L	8 <sup>10</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500-P C	mg/L	0,465 <sup>10</sup>

\* Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE<sup>10</sup>  
<sup>10</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE<sup>10</sup>

Autorizado por:  
Dra. Jeanneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-411  
Pág. 1 de 3

USUARIO:		UTC			
PERSONA DE CONTACTO:		Diana Gallegos			
DIRECCIÓN:		Latacunga - El Salto			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:		991474155	No Reporta	Email:	diana@utc@utrcat.com
MÉTODO DE MUESTREO:		No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:		23/11/2020	10H00	OT:	20-103
LUGAR DE ANÁLISIS:		LANCAS: Nuez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:		23/11/2020		28/11/2020	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:		4/12/2020			

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:**

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-411	Agua Natural	ILLU 3 Punto 3	Río Illuchi	23/11/2020	14H02	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
No Aplica

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-411  
Pág. 2 de 3

Parámetro	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0,00 <sup>10</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE26	Standard Methods Ed 23, 2017: 5210 B y 4500-C	mg/L	2,52 <sup>10</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH Ho 8000 12/59 7 ed	mg/L	12 <sup>10</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500-P C	mg/L	0,622 <sup>10</sup>

\* Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE<sup>10</sup>  
<sup>10</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE<sup>10</sup>

Autorizado por:  
Dra. Jeanneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Imagen 3. Resultados de parámetros físico-químicos del Punto 3 (Barrio Saragosín).

**Anexo H. Informes de resultados de parámetros físico-químicos de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de diciembre del 2020.**

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-516  
Pág. 1 de 3

USUARIO:		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI			
PERSONA DE CONTACTO:		Diana Gallegos			
DIRECCIÓN:		Latacunga - El Salto			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:		No Reporta	0991474155	Email:	diana@utc@utrcat.com
MÉTODO DE MUESTREO:		No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:		21/12/2020	10H00	OT:	20-125
LUGAR DE ANÁLISIS:		LANCAS: Nuez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:		21/12/2020		28/12/2020	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:		30/12/2020			

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:**

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-516	Agua Natural	Punto 1 ILLU1	Río Illuchi	20/12/2020	09H02	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
La muestra de DBO<sub>5</sub> presenta un espacio de aire en el frasco.

**INAMHI**  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N° 20-516  
Pág. 2 de 3

Parámetro	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0,04 <sup>10</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE26	Standard Methods Ed 23, 2017: 5210 B y 4500-C	mg/L	0,22 <sup>10(1)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH Ho 8000 12/59 7 ed	mg/L	7 <sup>10</sup>
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017: 2540 A y B	mg/L	50,0 <sup>10</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017: 4500-P C	mg/L	0,000 <sup>10</sup>

**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:**  
<sup>10</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE<sup>10</sup>  
<sup>10(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra<sup>10</sup>

Autorizado por:  
Dra. Jeanneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

Imagen 4. Resultados de parámetros físico-químicos del Punto 1 (Laguna de Salayambo).

De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 566620/2020-1.0  
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION

NOMBRE DEL CLIENTE: DIANA CAROLINA GALLEGO MARTINEZ  
DIRECCION DE ATENCION A: DIANA CAROLINA GALLEGO MARTINEZ  
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS DE AGUA  
DIRECCION DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE  
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LAS MUESTRAS: DICIEMBRE 21 DEL 2020 A LAS 10:50 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 001004 / Nº ESPECIFICACION PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
LUGAR DE ANALISIS: COMPLAREC S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES  
FECHA DE ANALISIS: DICIEMBRE 21 DEL 2020 AL 14 DE ENERO DEL 2021  
FECHA DE EMISION DEL INFORME: 14 DE ENERO DEL 2021

INFORMACION DE LA MUESTRA

AGUA SUPERFICIAL						
CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE MUESTRO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTRO	HORA DE MUESTRO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
6021-1	EL102 - Punto 1	EL101 - Punto 1	20/12/2020	9:20	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

Imagen 5. Resultados de clorofila del Punto 1 (Laguna de Salayambo).

De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 566620/2020-1.0  
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	METODO INTERNO ALS	UNIDAD	ME71-1 EL101 - Punto 1	INCERTIDUMBRE (K=2)
CLOROFILA (a)	Standard Method C4 21, 2017, 10200 H	PA-78.00	mg/L	2.007	+ 0.3 mg/L

INAMHI  
L.A.N.C.A.S.  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS  
N°: 20-517  
Pág. 1 de 3

USUARIO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI  
PERSONA DE CONTACTO: Clara Gallardo  
DIRECCIÓN: Latacunga- El Salto  
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR: No Reporta / 0991474155 / Email: [clara@utdelc.com](mailto:clara@utdelc.com)  
MÉTODO DE MUESTRO: No Aplica  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: 21/12/2020 10:40 Q: 20-125  
LUGAR DE ANÁLISIS: LANCAS: Nudo de Vela N36-15 y Coroa  
FECHA DE ANÁLISIS: 21/12/2020 a 28/12/2020  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 30/12/2020

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-517	Agua Natural	Punto 2 EL102	Rio Eluche	20/12/2020	12:45	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
La muestra de DBO<sub>5</sub> presenta un espacio de aire en el frasco.

Imagen 6. Resultados de parámetros fisico-químicos del Punto 2 (Hacienda Noelanda).

INAMHI  
L.A.N.C.A.S.  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS  
N°: 20-517  
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Method EG 23, 2017, 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0.10 <sup>(*)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	PE28	Standard Method EG 23, 2017, 5210 B y 4500-C-C	mg/L	4.68 <sup>(**)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12099 7 ed	mg/L	15 <sup>(**)</sup>
Sólidos Totales	PE38	Standard Method EG 23, 2017, 2540 A y B	mg/L	140.0
Fosfatos	PE48	Standard Method EG 23, 2017, 4500-P-C	mg/L	0.000 <sup>(**)</sup>

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:  
<sup>(\*)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE.  
<sup>(\*\*)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra.

Autógrafa por:  
Cla Jeanneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
INAMHI  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS

De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 566621/2020-1.0  
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION

NOMBRE DEL CLIENTE: DIANA CAROLINA GALLEGO MARTINEZ  
DIRECCION DE ATENCION A: DIANA CAROLINA GALLEGO MARTINEZ  
NOMBRE DEL PROYECTO: ANALISIS DE AGUA  
DIRECCION DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE  
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LAS MUESTRAS: DICIEMBRE 21 DEL 2020 A LAS 10:50 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 001004 / Nº ESPECIFICACION PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
LUGAR DE ANALISIS: COMPLAREC S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES  
FECHA DE ANALISIS: DICIEMBRE 21 DEL 2020 AL 14 DE ENERO DEL 2021  
FECHA DE EMISION DEL INFORME: 14 DE ENERO DEL 2021

INFORMACION DE LA MUESTRA

AGUA SUPERFICIAL						
CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE MUESTRO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTRO	HORA DE MUESTRO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
6021-2	EL102 - Punto 2	EL101 - Punto 2	20/12/2020	12:51	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

Imagen 7. Resultados de clorofila del Punto 2 (Hacienda Noelanda).

De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 566621/2020-1.0  
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION

RESULTADOS OBTENIDOS

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	METODO INTERNO ALS	UNIDAD	ME71-2 EL101 - Punto 2	INCERTIDUMBRE (K=2)
CLOROFILA (a)	Standard Method C4 21, 2017, 10200 H	PA-78.00	mg/L	1.888	+ 0.3 mg/L

INAMHI  
L.A.N.C.A.S.  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS  
N°: 20-518  
Pág. 1 de 3

USUARIO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI  
PERSONA DE CONTACTO: Clara Gallardo  
DIRECCIÓN: Latacunga- El Salto  
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR: No Reporta / 0991474155 / Email: [clara@utdelc.com](mailto:clara@utdelc.com)  
MÉTODO DE MUESTRO: No Aplica  
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS: 21/12/2020 10:40 Q: 20-125  
LUGAR DE ANÁLISIS: LANCAS: Nudo de Vela N36-15 y Coroa  
FECHA DE ANÁLISIS: 21/12/2020 a 28/12/2020  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 30/12/2020

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-518	Agua Natural	Punto 3 EL103	Rio Eluche	20/12/2020	13:00	No Reporta

Observaciones / Condición de recepción de la muestra  
La muestra de DBO<sub>5</sub> presenta un espacio de aire en el frasco.

Imagen 8. Resultados de parámetros fisico-químicos del Punto 3 (Barrio Saragosín).

INAMHI  
L.A.N.C.A.S.  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS  
N°: 20-518  
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Method EG 23, 2017, 4500 NO <sub>3</sub> -A y B	mg/L	0.02 <sup>(*)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	PE28	Standard Method EG 23, 2017, 5210 B y 4500-C-C	mg/L	5.28 <sup>(**)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12099 7 ed	mg/L	11 <sup>(**)</sup>
Sólidos Totales	PE38	Standard Method EG 23, 2017, 2540 A y B	mg/L	95.0
Fosfatos	PE48	Standard Method EG 23, 2017, 4500-P-C	mg/L	0.000 <sup>(**)</sup>

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:  
<sup>(\*)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE.  
<sup>(\*\*)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra.

Autógrafa por:  
Cla Jeanneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio  
INAMHI  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS - LANCAS



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

**PROTOCOLO: 566622/2020-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**NOMBRE DEL CLIENTE:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**DIRECCION EN ATENCION A:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**NOMBRE DEL PROYECTO:** ANALISIS DE AGUA  
**DIRECCION DEL PROYECTO:** NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
**MUESTREO REALIZADO POR:** EL CLIENTE  
**PROCEDIMIENTO MUESTREO:** NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
**FECHA Y HORA DE RECEPCION DE MUESTRAS:** DICIEMBRE 21 DEL 2020 10:00 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 0013004 / Nº ESPECIFICACION PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
**LUGAR DE ANALISIS:** COMPLEJOS S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES  
**FECHA DE ANALISIS:** DICIEMBRE 21 DEL 2020 AL 14 DE ENERO DEL 2021  
**FECHA DE EMISION DE INFORME:** 14 DE ENERO DEL 2021

**INFORMACION DE LA MUESTRA**

MATRIZ		AGUA SUPERFICIAL				
CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
60271-3	ILLU3 - Punto 3	ILLU3 - Punto 3	20/12/2020	15:00	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

**PROTOCOLO: 566622/2020-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**RESULTADOS OBTENIDOS**

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	METODO INTERNO ALS	UNIDAD	3816-2	INCERTIDUMBRE (K=2)
				ILLU3 - Punto 3	
CLOROFILA (A*)	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10300 H	PA - 76.00	mgm <sup>3</sup>	1,869	+ 6.2 mgm <sup>3</sup>

Imagen 9. Resultados de clorofila del Punto 3 (Barrio Saragosín).

### Anexo I. Informes de resultados de clorofila de los tres puntos de muestreo en el río Illuchi durante el mes de enero del 2021.



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

**PROTOCOLO: 34462/2021-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**NOMBRE DEL CLIENTE:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**DIRECCION EN ATENCION A:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**NOMBRE DEL PROYECTO:** ANALISIS DE AGUA  
**DIRECCION DEL PROYECTO:** RIO ILLUCHI / LATACUNGA / COTOPAXI  
**MUESTREO REALIZADO POR:** EL CLIENTE / DIANA GALLEGOS  
**PROCEDIMIENTO MUESTREO:** NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
**FECHA Y HORA DE RECEPCION DE MUESTRAS:** ENERO 21 DEL 2021 10:40 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 0013002 / Nº ESPECIFICACION PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
**LUGAR DE ANALISIS:** COMPLEJOS S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES  
**FECHA DE ANALISIS:** ENERO 21 AL 01 DE FEBRERO DEL 2021  
**FECHA DE EMISION DE INFORME:** 01 DE FEBRERO DEL 2021

**INFORMACION DE LA MUESTRA**

MATRIZ		AGUA SUPERFICIAL				
CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
3816-1	Ilu 1 - Punto 1	Ilu 1 - Punto 1	17/01/2021	8:20	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

**PROTOCOLO: 34462/2021-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**RESULTADOS OBTENIDOS**

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	METODO INTERNO ALS	UNIDAD	3816-1	INCERTIDUMBRE (K=2)
				Ilu 1 - Punto 1	
CLOROFILA (A*)	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10300 H	PA - 76.00	mgm <sup>3</sup>	1,802	-

Imagen 5. Resultados de clorofila del Punto 1 (Laguna de Salayambo).



INAMHI  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Medio Ambiente



INAMHI  
Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Medio Ambiente

**INFORME DE RESULTADOS**

Nº: 20-517  
Pág. 1 de 3

**USUARIO:** UNIVERSIDAD TECNICA DEL COTOPAXI  
**PERSONA DE CONTACTO:** Diana Gallegos  
**DIRECCION:** Latacunga- El Salto  
**TELEFONO CONVENCIONAL Y CELULAR:** No Reporte / 0991474123 Email: [dgallego@unco.edu.ec](mailto:dgallego@unco.edu.ec)  
**METODO DE MUESTREO:** No Reporte / No Aplica  
**FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LAS MUESTRAS:** 21/12/2020 18:00 OT: 30-125  
**LUGAR DE ANALISIS:** LANCAS, Ruta de Voto N36-15 y Cores  
**FECHA DE ANALISIS:** 21/12/2020 20:12/2020  
**FECHA DE EMISION DEL INFORME:** 20/12/2020

**INFORMACION DE LA MUESTRA:**

Código del laboratorio	Muestra	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-517	Agua Natural	Punto 2 ILLU2	Rio Illuchi	20/12/2020	12:04:00	No Reporte

**Observaciones / Condición de recepción de la muestra:**  
La muestra de DCO<sub>2</sub> presenta un espacio de aire en el frasco.

**INFORME DE RESULTADOS**

Nº: 20-517  
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitritos	PE05	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO <sub>2</sub> -A y B	mg/L	0,10 <sup>(1)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	PE02	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B y 4500-O <sub>2</sub> -G	mg/L	4,62 <sup>(1)(2)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE06	HACHM No 8000 10500 7 and 8	mg/L	1,0 <sup>(1)</sup>
Sólidos Totales	PE08	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y B	mg/L	140,0
Fosfatos	PE46	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P-C	mg/L	0,000 <sup>(1)</sup>

**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:**  
<sup>(1)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE.  
<sup>(2)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra.

Autorizado por:  
Cecilia Caragena  
Coordinadora de Laboratorio  
INAMHI  
LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE

Imagen 7. Resultados de clorofila del Punto 2 (Hacienda Noelanda).



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

**PROTOCOLO: 34465/2021-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**NOMBRE DEL CLIENTE:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**DIRECCION EN ATENCION A:** DIANA CAROLINA GALLEGOS MARTINEZ  
**NOMBRE DEL PROYECTO:** ANALISIS DE AGUA  
**DIRECCION DEL PROYECTO:** RIO ILLUCHI / LATACUNGA / COTOPAXI  
**MUESTREO REALIZADO POR:** EL CLIENTE / DIANA GALLEGOS  
**PROCEDIMIENTO MUESTREO:** NO REPORTADO POR EL CLIENTE  
**FECHA Y HORA DE RECEPCION DE MUESTRAS:** ENERO 21 DEL 2021 10:40 / Nº CADENA DE CUSTODIA: 0013002 / Nº ESPECIFICACION PLAN DE MUESTREO: NO APLICA  
**LUGAR DE ANALISIS:** COMPLEJOS S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES  
**FECHA DE ANALISIS:** ENERO 21 AL 01 DE FEBRERO DEL 2021  
**FECHA DE EMISION DE INFORME:** 01 DE FEBRERO DEL 2021

**INFORMACION DE LA MUESTRA**

MATRIZ		AGUA SUPERFICIAL				
CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
3816-2	Ilu 3 - Punto 3	Ilu 3 - Punto 3	17/01/2021	12:20	No reportado por el cliente	Ninguna Observación

**PROTOCOLO: 34465/2021-1.0**

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

**RESULTADOS OBTENIDOS**

PARAMETROS ANALIZADOS	METODOLOGIA DE REFERENCIA	METODO INTERNO ALS	UNIDAD	3816-2	INCERTIDUMBRE (K=2)
				Ilu 3 - Punto 3	
CLOROFILA (A*)	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10300 H	PA - 76.00	mgm <sup>3</sup>	1,869	-

Imagen 9. Resultados de clorofila del Punto 3 (Barrio Saragosín).

## Anexo J. Hoja de Vida de los Autores.

<b>HOJA DE VIDA</b>
---------------------

**1.- DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: Gallegos Martínez  
 NOMBRES: Diana Carolina  
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 110465073-2  
 LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Loja, 26 de agosto de 1997  
 DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Lago Agrio- Sucumbíos  
 NÚMEROS TELEFÓNICOS: 0991474155  
 E-MAIL: [dianita97w@hotmail.com](mailto:dianita97w@hotmail.com)

**2.- ESTUDIOS REALIZADOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT
Segundo	Bachiller En Ciencias	21 de julio del 2015
Tercer	Ingeniera En Medio Ambiente	05 de mayo del 2021

**3.- EXPERIENCIA LABORAL**

- Asistente en la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotopaxi. agosto 2019 - enero 2020.
- Coordinadora de mesa en el Consejo Nacional Electoral. Marzo 2019

**4.- CERTIFICADOS**

- “Introducción al Cambio Climático”. UNCC: Learn. 22 de junio del 2018
- “Capacitación a los Sujetos de Control en planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorías en el Cantón Latacunga, Enfocado en la Educación sobre problemas de cambio climático”. 21 de noviembre del 2018.
- “Las Ciudades y el Cambio Climático”. UNCC: Learn. 24 de abril del 2019
- “I Jornada de Difusión Ambiental - 2019”. 17 de julio del 2019.
- “Primer Simposio Ecosistemas Forestal y su incidencia en el Cambio Climático, realizado el 16 noviembre de 2019 en la ciudad de Ambato.”
- “Gestión de Recursos Hídricos como Estrategia de Adaptación al Cambio Climático”. 26 de noviembre del 2019.
- “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental - 2020”. 07 de febrero del 2020.
- “El Cambio Climático y la Pandemia del COVID-19. 03 de septiembre 2020.
- “III Jornada de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental - 2020”. 22 de septiembre del 2020

<b>HOJA DE VIDA</b>
---------------------

### 1.- DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** Vilela Muñoz  
**NOMBRES:** Cinthia Jamileth  
**CIUDADANÍA:** 050453752-3  
**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Pedernales, 04 de enero de 1996.  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** Cotopaxi-Latacunga  
**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 0989388977  
**E-MAIL:** [cinthivile2013@gmail.com](mailto:cinthivile2013@gmail.com)

### 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT
Segundo	Bachiller En Ciencias	31 de julio del 2014
Tercer	Ingeniera En Medio Ambiente	05 de mayo del 2021

### 3.- EXPERIENCIA LABORAL

- Servicio atención al cliente e impulsadora en JBG Lotería Nacional. febrero 2017- noviembre 2018.
- Asistente en la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotopaxi. mayo– junio 2019.
- Servicio atención al cliente e impulsadora en Tiendas Industriales Asociadas TIA. mayo- septiembre 2019.
- Servicio atención al cliente e impulsadora como comisionista en JBG Lotería Nacional. octubre 2019 hasta la fecha.

### 4.- CERTIFICADOS

- Voluntaria por 10 meses (tercer ciclo del Proyecto Servicio Civil Ciudadano). 2014- 2015.
- Actividades de vinculación con la comunidad sobre seguridad ECU 911. septiembre 2014 - junio 2015.
- “Estado de conservación del cóndor andino y el del oso de anteojos en Ecuador”. Marzo del 2018.
- “Introducción al Cambio Climático”. UNCC: Learn. 22 de junio del 2018
- “Las Ciudades y el Cambio Climático”. UNCC: Learn. 24 de abril del 2019
- “I Jornada de Difusión Ambiental - 2019”. 17 de julio del 2019.
- “Primer Simposio Ecosistemas Forestal y su incidencia en el Cambio Climático, realizado el 16 noviembre de 2019 en la ciudad de Ambato.”
- “Gestión de Recursos Hídricos como Estrategia de Adaptación al Cambio Climático”. 26 de noviembre del 2019.

## Anexo K. Hoja de Vida del Tutor.

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

**1.- DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS  
 NOMBRES: MANUEL PATRICIO  
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 050144458-2  
 LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: SALCEDO, 24 DE SEPTIEMBRE DE 1965

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: CIUDADELA LAS ACACIAS –FICOA – AMBATO.

NÚMEROS TELEFÓNICOS: 032824577 – 0992050541

E-MAIL: patricio\_clavijo2005@yahoo.com  
[manuel.clavijo@utc.edu.ec](mailto:manuel.clavijo@utc.edu.ec)

**2.- ESTUDIOS REALIZADOS.**

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

**3.- EXPERIENCIA LABORAL**

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin-Galápagos. 1991.
- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.

- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ 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 UTC– 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 SEGURIDA 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 TALLER DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTALES PARA UN	SEPTIEMBRE 2013	80
CERTIFICADO	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 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 METEREOLOGIA	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 IIJORNADA 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 ACTUALIZACIÓN DE	MARZO 2018	40
CERTIFICADO	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 TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGRARIO – LIMA-PERÚ	AGOSTO 2018	40
CERTIFICADO	I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019”	ENERO 2019	40

## 5.-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 UTC, 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.

## **6.- SEMINARIOS DICTADOS**

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

## **7.- PROYECTOS REALIZADOS**

- 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
- 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.

## **8.- ARTÍCULOS**

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – UTC – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – UTC – 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 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> Y SO<sub>2</sub> 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

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**Anexo L. Aval de traducción.**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las Srtas.: **GALLEGOS MARTÍNEZ DIANA CAROLINA** con C.C. **110465073-2** & **VILELA MUÑOZ CINTHIA JAMILETH** con C.C. **050453752-3** Egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa “**IDENTIFICACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ILLUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO OCTUBRE 2020 - MARZO 2021**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, marzo de 2021

Atentamente,

**MSc. Lidia Rebeca Yugla L.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**050265234-0**

1803027935  
Firmado digitalmente por  
1803027935 VICTOR HUGO ROMERO GARCÍA  
VICTOR HUGO ROMERO GARCÍA  
Fecha: 2021.03.08 16:44:09 -05'00'