



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

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE  
MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO  
PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros  
Ambientales

**Autores:**

Narváez Chilingua Jonathan José  
Tipán Rodríguez Santiago Alejandro

**Tutora:**

Ruiz Depablos Joseline Luisa

**LATACUNGA- ECUADOR**

**Agosto 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jonathan José Narváez Chilibuquina, con cédula de ciudadanía No. 1726620659 y Santiago Alejandro Tipán Rodríguez, con cédula de ciudadanía No. 1754594438, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, período 2022”, siendo la Profesora M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora 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, 25 de Agosto del 2022

Jonathan José Narváez Chilibuquina

Estudiante

CC: 1726620659

Santiago Alejandro Tipán Rodríguez

Estudiante

CC: 1754594438

Prof. Joseline Ruiz Depablos, M.Sc.

Docente Tutora

CC: 1758739062

## 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 **NARVAEZ CHILQUINGA JONATHAN JOSE**, identificado con cédula de ciudadanía **1726620659** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, período 2022”, 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: Octubre 2018 – Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutora: Licenciada MSc. Joseline Ruiz Depablos

Tema: “Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, período 2022”

**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, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

a) 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 **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comuniquen, 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 25 días del mes de agosto del 2022.

Jonathan José Narváez Chiliquinga

**EL CEDENTE**

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

**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 **TIPAN RODRIGUEZ SANTIAGO ALEJANDRO**, identificado con cédula de ciudadanía **1754594438** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, período 2022”, 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: Octubre 2018 – Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutora: Licenciada MSc. Joseline Ruiz Depablos

Tema: “Análisis de la calidad de agua y presencia de microplásticos en la parte alta media y baja del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, período 2022”

**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, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- e) 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.
- f) La publicación del trabajo de grado.
- g) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- h) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- b) 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 **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 25 días del mes de agosto del 2022.

Santiago Alejandro Tipán Rodríguez

**EL CEDENTE**

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022”** de Narváez Chilibingua Jonathan José y Tipán Rodríguez Santiago Alejandro, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 25 de agosto del 2022

Prof. Joseline Ruiz Depablos, M.Sc.

Docente Tutora

CC: 1758739062

## **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, los postulantes: Narváez Chilibingua Jonathan José y Tipán Rodríguez Santiago Alejandro, con el título del Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022” 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, 25 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa Ph.D.

CC: 060414790-0

Lector 2

Lcd. Javier Roberto Morales Irazabal, MSc.

CC: 172007102-4

Lector 3

Lcd. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.

CC: 171375993-2



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a toda la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, a mis docentes que día a día comparten sus conocimientos con mucha paciencia, dedicación y respeto. En especial a la M.Sc. Joseline Ruiz que con su enseñanza y valiosos conocimientos hicieron posible al desarrollo de este proyecto de investigación. Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a cada una de las personas que me acompañaron en todo este proceso de formación ya que me ayudaron en este momento tan importante, estoy totalmente agradecido con todos.

Jonathan José Narváez Chilibingua

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme acompañado durante toda mi formación académica, fortaleciéndome y dándome la valentía para poder superar cualquier obstáculo, de igual manera estoy muy agradecido con mis padres quienes me han apoyado de principio a fin, enseñándome a ser una persona de bien, humilde y de buenos valores, asimismo agradezco a mi novia Estefania quien me ha ayudado moralmente para poder seguir adelante con mis estudios. También agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi donde me forme y a la M.Sc Joseline Ruiz que con su ayuda pudimos concluir este proyecto de titulación, de la misma manera agradezco a mis compañeros con quienes compartí buenos momentos durante toda mi formación.

Santiago Alejandro Tipán Rodríguez

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mis padres José Narváez y Elizabeth Chiliquinga, quienes con su amor, esfuerzo y paciencia. Me han permitido cumplir una meta más de ser un profesional, todo esto es por y para ustedes. A mis hermanos Bryan y Neythan Narváez quienes, con su amor, cariño y apoyo incondicional en buenos y malos momentos, han estado conmigo son mi razón de ser, los amo mis hermanos. Finalmente, a todos mis familiares que me acogieron en sus hogares me apoyaron en el transcurso de mi formación académica y también a mis amigos quienes me ayudaron me apoyaron con un granito de arena durante todo este tiempo.

Jonathan

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos, familiares y mi novia que me han ayudado en toda mi formación académica con su gran apoyo incondicional y dándome consejos para superar cualquier meta.

Santy

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

**TÍTULO:** “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022”

**AUTORES:** Narváez Chilingua Jonathan José  
Tipán Rodríguez Santiago Alejandro

**RESUMEN**

La contaminación del agua debida al crecimiento demográfico, las actividades industriales, agrícolas sin responsabilidad ambiental y el uso excesivo de los derivados de polímeros es un problema a nivel mundial. El presente proyecto de investigación se basa en la determinación de la calidad del agua e identificación de microplásticos (MPs) en el río Pumacunchi ubicado en la provincia de Cotopaxi cantón Saquisilí en tres puntos estratégicos (P1 Cochapamba, P2 Canchagua y P3 Chantilin). Para ello, se aplicó el índice de calidad de agua canadiense (CCME\_QWI) con 10 parámetros que son: Arsénico, Nitratos, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno disuelto, Nitratos como NO<sub>3</sub>, Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Totales Disueltos (SDT) y pH, tomando como referencias umbrales establecidos en normativas nacionales como internacionales, por otro lado, la identificación de microplásticos se realizó mediante microfiltración con dos filtros, se analizó su tipo de morfología mediante la observación. Los resultados obtenidos muestran que la calidad del agua, en P1 presenta un índice de 82 situándose en una calidad de agua buena, los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP) fueron: DBO (>5mg/L) y oxígeno disuelto (>4mg/L). El P2 presenta un índice de 86 que indica una calidad de agua buena, los parámetros que sobrepasan los LMP son: DBO (>5mg/L) y Oxígeno Disuelto (>4mg/L). El P3 presenta un índice de 67 que indica una calidad de agua regular, los parámetros que sobrepasan los LMP son: DBO (>5mg/L), Oxígeno Disuelto (>5mg/L), CE (>750us/cm), SDT (>500mg/L), Arsénico (>0,1mg/L). En los resultados de los dos muestreos realizados para microplásticos fueron: el primer muestreo en P1 y P2 se identificaron microplásticos con morfología tipo fibra representando el 100% en todo el análisis del mismo, el P3 se encontraron microplásticos con morfología tipo fibra y morfología tipo fragmentos representando que el 89% corresponde a fibra y un 11% corresponde a fragmento de microplásticos. Para el segundo muestreo el P1 se identificó microplásticos con morfología tipo fibra y morfología tipo fragmento, caracterizando que el 93% corresponde a fibras y el 7 % corresponde a fragmentos de microplásticos, de igual manera el punto 2 se encontró microplásticos con morfología tipo fibra y fragmento determinando que 89% concierne a fibras de microplásticos y el 11% corresponde a fragmentos de microplásticos y por último el P3 de los microplásticos observados corresponden a fibras dando a conocer que el 100 % de microplásticos analizados son fibras. Las microplásticos con morfología tipo fibra son las que predominan en el río Pumacunchi. Las fibras suelen ser el principal tipo de contaminación microplástica que se encuentra en los ambientes acuáticos. Finalmente, los resultados obtenidos deberían socializarse a las comunidades y autoridades competentes del cantón de Saquisilí para que estén al tanto del estado actual de la calidad del agua y, lo más importante, la presencia de microplásticos en el río, para que se logre incentivar posibles biorremediaciones, que ayuden a reducir la contaminación. A su vez, el proyecto logró aportar a más investigaciones sobre la presencia de microplásticos en ríos.

**Palabras clave:** Calidad del agua, Calidad ambiental, Parámetros, Microplásticos, Microfibras.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**TOPIC:** " WATER QUALITY ANALYSIS AND MICROPLASTICS PRESENCE INTO THE PUMACUNCHI RIVER UPPER, MIDDLE AND LOW PARTS INTO COTOPAXI PROVINCE, 2022 PERIOD".

**AUTHORS:** Narváez Chiliquina Jonathan José

Tipán Rodríguez Santiago Alejandro

**ABSTRACT**

Water pollution, due to population growth, industrial and agricultural activities without environmental responsibility and the polymer derivatives excessive use are a worldwide problem. This research project is based on the water quality determination and microplastics (MPs) identification into Pumacunchi river, located in the Cotopaxi province, Saquisilí canton, at three strategic points (P1 Cochapamba, P2 Canchagua and P3 Chantilín). For this, it was applied the Canadian Water Quality Index (CCME\_QWI) with 10 parameters: Arsenic, Nitrates, Turbidity, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dissolved oxygen, Nitrates as NO<sub>3</sub>, Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solids (TDS) and pH, taking as reference thresholds established in national and international regulations, on the other hand, it was performed the microplastics identification, by means microfiltration with two filters, it was analyzed their morphology type, through observation. The got results show, what the water quality, in P1 presents an 2 index, placing it into a good water quality, the parameters that exceed the maximum permissible limits (LMP) were: DBO (>5mg/L) and dissolved oxygen (> 4mg/L). P2 has an 86 index, indicating good water quality, the parameters, what exceed the LMP are: DBO (>5mg/L) and Dissolved Oxygen (>4mg/L). P3 presents a 67 index that indicates a regular water quality, the parameters, what exceed the LMP are: DBO (>5mg/L), Dissolved Oxygen (>5mg/L), EC (>750us/cm), TDS (>500mg/L), Arsenic (>0.1mg/L). Into two samplings results made for microplastics were: the first sampling in P1 and P2 were identified microplastics with fiber-like morphology, representing 100% in the entire analysis thereof, in P3 microplastics with fiber-like morphology and fragment-like morphology were found, representing that 89% corresponds to fiber and 11% corresponds to microplastic fragments. For the second sampling, P1 was identified microplastics with fiber-like morphology and fragment-like morphology, characterizing that 93% corresponds to fibers and 7% corresponds to microplastic fragments, likewise, point 2 found microplastics with fiber-like morphology and fragment, determining that 89% concerns microplastic fibers and 11% corresponds to microplastic fragments and finally, the P3 of got microplastics correspond to fibers revealing that 100% of analyzed microplastics are fibers. Microplastics with fiber-like morphology are the ones that predominate in the Pumacunchi River. Fibers are usually the main microplastic pollution type, which found into aquatic environments. Finally, the got results should be shared with the communities and competent authorities from Saquisilí canton, so that they are aware of water quality current state and, most importantly, the microplastics presence in the river, so that, it achieved to incentive possible bioremediation, which. helps reduce pollution. In turn, the project managed to contribute to more research about the microplastics presence in the rivers.

**Keywords:** Water quality, environmental quality, parameters, microplastics, microfibers.

## INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA .....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xx
1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1 Título del Proyecto: .....	1
1.2 Lugar de ejecución: .....	1
1.3 Institución, unidad académica y carrera que auspicia .....	1
1.4 Nombres de equipo de investigación: .....	1
1.5 Área de Conocimiento: .....	1
1.6 Línea de investigación: .....	1
1.7 Sub-línea de Investigación de la Carrera:.....	1
1.8 Línea de Vinculación de la Facultad:.....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	2
4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5 OBJETIVOS .....	4
5.1 Objetivo General .....	4
5.2 Objetivos Específicos .....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
CAPÍTULO I.....	6
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6

7.1	Antecedentes de calidad de agua .....	6
7.2	Recurso Hídrico .....	7
7.3	El agua.....	7
7.4	Aguas Superficiales .....	7
7.5	Ciclo del Agua .....	8
7.6	Contaminación del Agua.....	8
7.7	Calidad de Agua.....	8
7.8	Contaminación de ríos .....	9
7.9	Índice de Calidad de Agua (ICA) .....	9
7.10	Índice de Calidad de Agua Canadiense.....	9
7.11	Parámetros físicos-químicos del Índice canadiense de calidad de agua .....	10
7.11.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	10
7.11.2	Oxígeno disuelto .....	10
7.11.3	Metales Pesados .....	11
7.11.4	Arsénico.....	11
7.11.5	Conductividad eléctrica .....	12
7.11.6	Potencial de Hidrógeno (pH).....	13
7.11.7	Temperatura .....	13
7.11.8	Sólidos Totales Disueltos (TDS) .....	13
7.11.9	Demanda Química de Oxígeno.....	13
7.11.10	Nitratos.....	14
7.11.11	Turbidez .....	14
8	Microplásticos .....	14
8.1	Antecedentes microplásticos .....	14
8.2	Contaminación de los Microplásticos .....	15
8.3	Clasificación de Microplásticos .....	16
8.4	Microplásticos primarios .....	18
8.5	Microplásticos secundarios .....	18
8.6	Contaminación microplástica de los sistemas acuáticos.....	18
8.7	Microplásticos en el aire .....	19
8.8	Degradación ambiental de microplásticos .....	20
CAPÍTULO II .....		21
9	MARCO LEGAL .....	21
9.1	Constitución de la Republica del Ecuador.....	21



9.2	Código Orgánico del Ambiente.....	22
9.3	Acuerdo Ministerial 097-A (Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua).....	22
9.4	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. ....	22
10	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS. ....	23
11	METODOLOGÍAS .....	23
11.1	MÉTODO.....	23
11.1.1	Investigación no experimental.....	23
11.1.2	Método Cualitativo .....	24
11.1.3	Método Inductivo .....	24
11.2	TÉCNICA.....	24
11.2.1	Descripción del área de estudio .....	24
11.2.2	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS TRANSECTOS A MONITOREAR.....	26
11.2.3	Materiales y Reactivos.....	26
11.2.4	PROTOCOLO DE RECAUDACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA.....	27
11.2.5	Procedimiento del muestreo .....	27
11.2.5.1	Muestreo de pH, Conductividad eléctrica, Sólidos Totales Disueltos (TDS) y Temperatura.....	27
11.2.5.2	Muestreo de Turbidez .....	27
11.2.5.3	Muestreo de Arsénico .....	27
11.2.5.4	Muestreo de Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	27
11.2.5.5	Muestreo de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	28
11.2.5.6	Muestreo de Oxígeno Disuelto .....	28
11.2.6	Cálculo del índice CCME_WQI.....	28
11.2.7	Muestreo de microplásticos.....	30
11.2.7.1	Selección del punto de muestreo .....	30
11.2.8	Tratamiento de las muestras .....	30
11.2.9	Identificación de microplásticos .....	30
	CAPÍTULO III.....	32
12	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	32
12.1	Descripción de la zona de estudio .....	32
12.2	Concentración de parámetros físicos-químicos .....	34

12.2.1	Arsénico (As).....	34
12.2.2	Nitratos .....	35
12.2.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	35
12.2.4	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	36
12.2.5	Oxígeno Disuelto.....	36
12.2.6	Nitratos como NO <sub>3</sub> .....	37
12.2.7	Conductividad Eléctrica (CE).....	38
12.2.8	Sólidos Totales Disueltos (SDT) .....	38
12.2.9	Potencial de Hidrógeno (pH).....	39
12.3	Índice CCME_WQI.....	39
12.4	Resultados Microplásticos .....	41
12.4.1	Caracterización de microplásticos .....	41
12.5	Posible origen .....	47
13	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	48
13.1	Sociales.....	48
13.2	Tecnológico .....	48
13.3	Ambientales .....	48
14	PRESUPUESTO .....	49
15	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
15.1	Conclusiones.....	50
15.2	Recomendaciones.....	51
16	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
17	ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Beneficiarios del Proyecto.</i> .....	2
<b>Tabla 2.</b> <i>Actividades</i> .....	4
<b>Tabla 3.</b> <i>Criterios para la clasificación de calidad del agua.</i> .....	10
<b>Tabla 4.</b> <i>Relación de los valores de la C.E. y la calidad del agua.</i> .....	12
<b>Tabla 5.</b> <i>Clasificación de microplásticos por tamaño.</i> .....	16
<b>Tabla 6.</b> <i>Flotabilidad de diferentes polímeros.</i> .....	17
<b>Tabla 7.</b> <i>Ubicación de los puntos de muestreo.</i> .....	25
<b>Tabla 8.</b> <i>Criterios para la clasificación de las aguas.</i> .....	29
<b>Tabla 9.</b> <i>Clasificación de la calidad de agua de los tres puntos del río Pumacunchi.</i> .....	40
<b>Tabla 10.</b> <i>Clasificación de microplásticos por morfología muestreo 1(M1).</i> .....	41
<b>Tabla 11.</b> <i>Clasificación de microplásticos por morfología muestreo 2 (M2).</i> .....	42
<b>Tabla 12.</b> <i>Formas de microplásticos identificados.</i> .....	46
<b>Tabla 13.</b> <i>Presupuesto para la elaboración del proyecto.</i> .....	49
<b>Tabla 14.</b> <i>Resultados y su comparación con los LMP de normativas nacionales e internacionales.</i> .....	59
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados y su comparación con los LMP de normativas nacionales e internacionales.</i> .....	60
<b>Tabla 16.</b> <i>Resultados de la calidad del agua con el índice CCME_WQI. Correspondiente a los muestreos 1 y 2 del río Pumacunchi.</i> .....	61
<b>Tabla 17.</b> <i>Concesiones consumo humano.</i> .....	74
<b>Tabla 18.</b> <i>Concesiones riego.</i> .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Procesos que controlan la acumulación de MP en los ríos.</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Área de estudio.</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Sistema sexagesimal.</i> .....	32
<b>Figura 4.</b> <i>Puntos georreferenciados</i> .....	33
<b>Figura 5.</b> <i>Concentración de Arsénico.</i> .....	34
<b>Figura 6.</b> <i>Concentración de Nitratos.</i> .....	35
<b>Figura 7.</b> <i>Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).</i> .....	36
<b>Figura 8.</b> <i>Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO).</i> .....	36
<b>Figura 9.</b> <i>Concentración de Oxígeno Disuelto.</i> .....	37
<b>Figura 10.</b> <i>Concentración de Nitratos como NO<sub>3</sub>.</i> .....	37
<b>Figura 11.</b> <i>Concentración de Conductividad Eléctrica.</i> .....	38
<b>Figura 12.</b> <i>Concentración de Sólidos Totales Disueltos (SDT).</i> .....	39
<b>Figura 13.</b> <i>Concentración de Potencial de Hidrógeno (pH).</i> .....	39
<b>Figura 14.</b> <i>Clasificación de la calidad del agua de los tres puntos del río Pumacunchi.</i> ....	40
<b>Figura 15.</b> <i>Porcentaje de microplásticos encontrados muestreo 1.</i> .....	42
<b>Figura 16.</b> <i>Porcentaje de microplásticos encontrados muestreo 2.</i> .....	43
<b>Figura 17.</b> <i>Número de microplásticos de los dos muestreos punto 1.</i> .....	44
<b>Figura 18.</b> <i>Número de microplásticos de los dos muestreos punto 2.</i> .....	44
<b>Figura 19.</b> <i>Número de microplásticos de los dos muestreos punto 3.</i> .....	45
<b>Figura 20.</b> <i>Contaminación de microfibras de aguas residuales domésticas.</i> .....	48
<b>Figura 21.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 1 Cochapamba.</i> .....	62
<b>Figura 22.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 2 Canchagua.</i> .....	64
<b>Figura 23.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 3 Chantilín.</i> .....	66
<b>Figura 24.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 1 Cochapamba.</i> .....	68
<b>Figura 25.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 2 Canchagua.</i> .....	70
<b>Figura 26.</b> <i>Resultados de análisis Físico-Químico del punto 3 Chantilín.</i> .....	72
<b>Figura 27.</b> <i>Guía de descarte.</i> .....	76

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1 Título del Proyecto:**

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022”

### **1.2 Lugar de ejecución:**

Cantón Saquisilí, Provincia de Cotopaxi.

### **1.3 Institución, unidad académica y carrera que auspicia**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

### **1.4 Nombres de equipo de investigación:**

Tutora: Ing. Ruiz Depablos Joseline Luisa

Estudiantes: Sr. Narváez Chiliquinga Jonathan José, Sr. Tipán Rodríguez Santiago Alejandro.

LECTOR 1: PhD. Mercy Ilbay

LECTOR 2: MSc. Javier Irazabal

LECTOR 3: Mgs. Jaime Lema

### **1.5 Área de Conocimiento:**

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

### **1.6 Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **1.7 Sub-línea de Investigación de la Carrera:**

Manejo y Conservación del Recurso hídrico.

### **1.8 Línea de Vinculación de la Facultad:**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

## 2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la provincia de Cotopaxi se realiza varias actividades productivas tales como la agricultura, ganadería y operaciones industriales, también existe el uso excesivo de derivados de plásticos, si bien, estas acciones representan grandes ingresos económicos para la población, a su vez son grandes fuentes de contaminación para el ambiente, por ejemplo, los sembríos, la ganadería y el aumento de la actividad industrial genera poluciones extremas ya que la mayoría de todos los residuos son vertidas a los ríos aledaños de la provincia de Cotopaxi. Adicionalmente todo objeto que es derivado de plásticos es encontrado en las orillas de los ríos, generando un problema socioambiental con respecto al crecimiento de la contaminación hídrica. El río Pumacunchi presenta indicios de contaminación por las descargas de contaminantes provenientes de actividades florícolas, descargas de aguas residuales sin previo tratamiento y residuos sólidos que son arrojados en el cauce. De igual manera se ha evidenciado la presencia de micropartículas derivadas de los polímeros en el recurso hídrico, es importante su respectiva identificación ya que los microplásticos son capaces de absorber, acumular y transportar sustancias químicas peligrosas adversas a la salud por medio del agua de riego que es utilizada en el regadío de los cultivos pasando a las cadenas tróficas. La presente investigación aportó con resultados inéditos obtenidos de tres puntos de muestreo en el río Pumacunchi en donde se determinó la calidad de agua por el índice de calidad de agua Canadiense y así estimar el estado actual del cauce así como también se logró identificar la presencia de microplásticos.

## 3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos de la presente investigación beneficiarán directamente a los habitantes del cantón Saquisilí, debido a que tendrán información confiable sobre la calidad del recurso hídrico, y la presencia de microplásticos en el río Pumacunchi, esta información servirá de base para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en el manejo del recurso hídrico del río Pumacunchi.

### Tabla 1

*Beneficiarios del Proyecto.*

---

#### **BENEFICIARIOS**

---

**Población del cantón Saquisilí**

---

---

**Hombres:** 11,957

---

**Mujeres:** 13,363

---

**Total:** 25,320

---

*Nota. Número de población del cantón Saquisilí (INEC, 2010).*

#### **4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Ecuador es considerado uno de los países que cuentan con mayor reserva de agua en América del Sur sin embargo sus recursos se encuentran amenazados por la destrucción del hábitat, la sobrepesca, la pesca ilegal, desperdicios generados en los municipios, industria, agricultura, ganadería, materia orgánica y varios macroorganismos que son los contaminantes más habituales descargados de manera directa a los ríos. Bajo este contexto existe un incremento de contaminación que afecta la calidad y cantidad del recurso hídrico. Por otro lado, en estudios recientes se han identificado la presencia de microplásticos en las aguas superficiales siendo estos portadores de contaminantes como metales pesados, microorganismos bacterianos que de igual manera afectan a las cadenas tróficas del ecosistema acuático y posteriormente se incorporan a la cadena alimentaria humana, aumentando las enfermedades catastróficas en la población debido a la ingestión de estos microplásticos.

La provincia de Cotopaxi cuenta con varias actividades productivas como la ganadería, agricultura y operaciones industriales que funcionan aledañas a los ríos y conforman la provincia siendo este el lugar de destino de los residuos, afectando a las fuentes hídricas, estas fuentes no han recibido un previo tratamiento ya que son utilizadas para la red de distribución de agua de riego en donde se ha evidenciado una coloración amarilla que indica la presencia de desechos sólidos. Los cantones Latacunga y Saquisilí que forman la microcuenca del río Pumacunchi, reciben continuamente despojos que son los desperdicios de distintas actividades antrópicas como la ganadería y la agricultura, también se considera el crecimiento poblacional por lo cual el río recibe una gran cantidad de agua servidas, de igual manera se pudo observar que existe poblaciones y concesiones aledañas las que se abastecen del río para riego y consumo humano. Existen varios estudios que determinan la calidad de agua de río Pumacunchi aplicando diferentes índices de calidad del agua, pero no con el índice canadiense, los resultados que obtuvieron en un estudio realizado en el año 2020, muestran la calidad de agua regular comparados con los criterios de calidad de agua del índice NSF (Changoluisa & Quishpe, 2020).

## 5 OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de agua en puntos estratégicos del río Pumacunchi de la provincia de Cotopaxi, caracterizando el recurso hídrico con relación a la presencia de contaminantes y microplásticos.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Establecer los puntos estratégicos para el muestreo de calidad de agua y presencia de microplásticos en el río Pumacunchi mediante la observación.
- Estimar la calidad de agua del río Pumacunchi mediante el índice canadiense.
- Evaluar la presencia de microplásticos en la parte alta, media y baja del río Pumacunchi mediante un proceso de microfiltración.

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

**Tabla 2**

*Actividades*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- • Establecer los puntos estratégicos para el muestreo de calidad de agua y presencia de microplásticos en el río Pumacunchi mediante la observación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una visita in situ al área de estudio.</li> <li>• Delimitar los puntos altos, medios y bajos en el área de estudio.</li> </ul>	Se Georreferencio los puntos del área de estudio por medio del software ArcGIS, se tomó las coordenadas geográficas con el GPS, y realizamos el mapa y exteriorizamos los puntos de la zona de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntos del área de estudio georreferenciados</li> <li>• Mapa de la zona de estudio</li> </ul>
O.2.- • Estimar la calidad de agua del río Pumacunchi mediante el índice canadiense.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el índice canadiense de calidad de agua.</li> <li>• Recolección de muestras de agua</li> </ul>	Se investigó sobre el índice de calidad de agua canadiense y seleccionamos el área de estudio en puntos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de la calidad de agua</li> </ul>



	<p>en puntos estratégicos, recolectamos y os. río Pumacunchi, monitoreamos las • Informes para su muestras de agua en de respectiva frascos estériles para laboratorio evaluación de luego ubicarlos en un acreditado. calidad de agua. ambiente frío para su • Análisis del conservación a índice</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar los parámetros dentro del índice de calidad de agua Canadiense</li> </ul>	<p>Se llevó las muestras a un laboratorio certificado para su respectivo análisis así mismo monitoreamos los parámetros físicos con el multiparámetro Danoplus 5/1.</p>	<p>os. • Análisis del índice canadiense.</p>
<p>O.3.-• Evaluar la presencia de microplásticos en la parte alta, media y baja del río Pumacunchi mediante un proceso de microfiltración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de muestras de agua</li> <li>• Filtración del agua en un tamiz Endecotts de 63 <math>\mu\text{m}</math>.</li> <li>• Proceso de microfiltración con filtros startech de 0,22 <math>\mu\text{m}</math> y 0,45 <math>\mu\text{m}</math>.</li> <li>• Caracterización del microplástico.</li> </ul>	<p>Se seleccionó el área de estudio estableciendo puntos estratégicos de muestreo. Filtramos con el tamiz Endecotts de 0,63 <math>\mu\text{m}</math> y recolectamos en frascos de vidrio, para su proceso de microfiltración, en laboratorio se utilizó los filtros starterch de 0,45 <math>\mu\text{m}</math> y 0,22 <math>\mu\text{m}</math> y por último se caracterizó la forma del microplástico en el estereoscopio</p>	<p>Informe técnico de la presencia de microplásticos en las muestras analizadas.</p>

## CAPÍTULO I

### 7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

#### 7.1 Antecedentes de calidad de agua

En el estudio de Robles (2021), la calidad de agua en los ríos del Ecuador se ve afectado por varias actividades antrópicas como industrialización, aguas servidas domésticas, aguas de plantas de tratamiento en abandono, aguas residuales de minerías, desechos sólidos, desechos de heces fecales por ganado ovino y vacuno, otra forma de identificación de fuentes contaminantes es aquellas no puntuales que indican que presentan en un lugar distinto a la descarga. De igual manera para determinar la calidad de agua en el recurso hídrico se utiliza varios índices de calidad de agua en donde se evalúan varios parámetros físicos-químicos que en otra investigación se concluye que la afectación o contaminación del recurso hídrico con los parámetros físicos-químicos (DBO, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad, y Turbidez), determina que existe una afectación negativa proveniente de aguas residuales de varias minerías ya que el Ecuador presenta mayor actividad minera donde los minerales y metales pesados que se encuentra al momento de descargas de aguas residuales son transportadas por todo el afluente hídrico que conforma ríos y quebradas.

Al determinar el uso y calidad de agua al nivel local en la provincia de Cotopaxi en el estudio de Fernández y Tuso (2020), la prioridad para el uso del agua es de consumo humano ya que la provincia en las poblaciones aledañas a los ríos de Cotopaxi utilizan para consumo humano y, para el aprovechamiento riego para producción agropecuaria, la calidad de agua se ve afectada por dichas actividades antrópicas y a su vez no existe una biorremediación frente a los contaminantes que pueden existir en los varios ríos de la provincia de Cotopaxi ya que el agua para consumo humano no es 100% potable, las personas que ingieren el agua sin un previo tratamiento causa enfermedades de corto a largo plazo ya que existe demasiados minerales, metales pesados y microorganismos como coliformes fecales que sobrepasan los límites máximos permisibles. De igual manera el uso y aprovechamiento del efluente hídrico en la provincia utilizan para agua de riego afectando a la cadena trófica y a la salud humana ya que la provincia se dedica a la exportación de productos agrícolas a nivel nacional.

## **7.2 Recurso Hídrico**

Las cuencas hidrográficas son espacios geográficos superpuestos donde las acciones combinadas de los procesos naturales conducen a la gestión, planificación, aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos, teniendo en cuenta que las aguas superficiales y subterráneas están íntimamente relacionadas (Pasquini, 2014).

## **7.3 El agua**

El agua es un elemento el cual está compuesto por enlaces covalentes que poseen dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, es fundamental para el sostenimiento y reproducción de la vida en los ecosistemas naturales. Está conformada por tres estados físicos de los cuales dependen la temperatura y la presión atmosférica, se dividen en tres: sólido, líquido y gaseoso. En el estado sólido se manifiesta cuando tiene una temperatura que desciende a 0°C se encuentra en casquetes polares, glaciares o superficies congeladas, el estado líquido es el más abundante en la naturaleza el cual se encuentra en océanos, lagos y ríos, el estado gaseoso se muestra cuando la temperatura asciende a 100°C y se revela en evaporación (Pilaguano, 2020).

El total de agua que se estima es de 1.400 millones de km<sup>3</sup> los cuales los 3% de total corresponde agua dulce, la provisión global de agua en la tierra está sometida al denominado Ciclo Hidrológico el cual consiste en una serie de cambios, de características físicas, químicas y microbiológicas (Quishpe, 2022).

## **7.4 Aguas Superficiales**

Las aguas superficiales son las aguas que circulan sobre la superficie del suelo, estas aguas se producen por la escorrentía que es generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas, la cual tiene que seguir el camino que le ofrece menor resistencia en donde se presenta en forma correntosa como en el caso de los ríos y arroyos (Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col., 2019).

Las aguas superficiales hacen referencia a los ríos, arroyos, lagos, estanques, y embalses, por lo general las aguas superficiales reciben agua de escorrentías, pero a su vez reciben insumos de agua subterránea el cual son en los periodos de flujo bajo. Los arroyos y ríos se forman donde el agua superficial se acumula y fluye desde la tierra de mayor altitud o menor altitud, mientras que los lagos o estanques se forman donde la escorrentía superficial se acumula en un área plana (Guerra & Echeverría, 2022).

## **7.5 Ciclo del Agua**

Según León, J. A. C. (2022):

El ciclo del agua es el flujo constante y caótico de grandes masas de agua que son transportadas por la energía del sol a través de los diferentes reservorios del planeta como los ríos, lagos y mares hasta los más inadvertidos como la humedad contenida en el aire o el suelo. Cuando se habla del ciclo del agua hace referencia al movimiento en el planeta las cuales constan de las siguientes etapas:

- Precipitación
- Escorrentía
- Infiltración
- Transpiración
- Evaporación

## **7.6 Contaminación del Agua**

En el estudio de Antúnez y Guanoquiza (2019) la contaminación del recurso hídrico es llevada a cabo por la actividad antropogénica, la fuente de contaminación en aguas superficiales proviene de los residuos domésticos, químicos y agrícolas que altera la flora y fauna acuática que estos residuos provienen de las áreas pobladas, en el Ecuador los ríos cercanos a zonas urbanas tienen alto nivel de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitrógeno y fósforo. La contaminación en el río es un problema ambiental y a su vez social ya que se involucra directa e indirectamente a la humanidad quienes son los causantes de la contaminación, la contaminación del agua es causada por el mal manejo de disposición y eliminación de residuos en donde se estima que por debajo los 2000 metros de altitud los cauces del Ecuador están contaminados por desechos industriales y la falta de sistemas de remediación de aguas servidas. La mayor parte del consumo del agua en el Ecuador tiene el uso para agua de riego el cual se estima el 80% del consumo, es por ello de gran importancia determinar la calidad de agua ya que es utilizada para el sistema de riego el cual no debe alterar el desarrollo de las plantas ni presentar contaminaciones químicas ya que los cultivos son consumidos por la humanidad el cual presenta gran afectación a la salud humana (Changoluisa & Quishpe, 2020).

## **7.7 Calidad de Agua**

Calidad de agua es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, el impacto antropogénico en los sistemas acuíferos ha originado problemas de control de calidad del agua los cuales se han detectado contaminantes químicos los cuales dañan la vida vegetal y animal (USGS, 2017).

En el estudio de Palacios y Velastegui (2020) el agua se considera apta para el consumo humano si satisface los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos mínimos que exigen en la normativa vigente. El agua presenta contaminación cuando presenta alteración o cambios el cual afecta al uso real y no cumple con los requisitos mínimos, al presentar una mala calidad se debe aplicar tratamientos los cuales ayudarán a disminuir o eliminar las cargas de contaminación.

### **7.8 Contaminación de ríos**

El río transporta agua de dilución de lo que proviene de una cuenca que es vegetación, el clima y las actividades humanas, así mismo transporta sales, sedimentos, organismos y reacciones químicas como biológicas que producen en los cauces fluviales. Los ríos pueden recuperarse ágilmente de los residuos degradables ya que el enorme calor y la del oxígeno del agua forman una mezcla de desintegración bacteriana y dilución, este proceso natural de restauración funciona solo en las partes que no están con sobrecarga con contaminantes y no produzcan sequías, también este proceso natural no desintegra lo que debe ser relacionado con los metales pesados (Rodrigo, 2020).

### **7.9 Índice de Calidad de Agua (ICA)**

El Índice de Calidad de Agua es un indicador que integra información de varios parámetros de calidad del agua el cual presenta diferentes metodologías, de la misma forma indica el grado de contaminación del agua a la fecha actual del muestreo que se realiza en el campo el cual deben ser representados en porcentaje del agua pura, el agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0% y cuando el agua esté en excelentes condiciones tendrá un valor cercano al 100% (Gutiérrez, 2019).

### **7.10 Índice de Calidad de Agua Canadiense**

En el estudio de Gutierrez (2018) el ICA CCME\_WQI aparece en el año 1997 en el estado canadiense el cual se convocó a un comité de ministros del medio ambiente para que evaluaran varios enfoques, que genere una formulación y se desarrolle un índice que permita resumir el reporte de la evaluación de la calidad del agua de todo el territorio, el subcomité técnico del Water Quality Index adoptó el modelo conceptual de otro índice, el British Columbia Índice, que está conformado por tres factores (alcance, frecuencia y amplitud), los cuales resultan en una escala entre 0 y 100, generando un índice, representando 0 valores bajos que indican una calidad del agua muy pobre y valores altos cercanos a 100 indican una calidad excelente.

En el estudio de Sucapuca (2022) este índice se basa en determinar tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud.

- **F1-Alcance:** es el porcentaje de las diferentes variables que tienen los valores que se encuentran fuera del rango de los niveles admisibles para los criterios de uso que se esté evaluando.
- **F2-Frecuencia:** es la relación entre cantidad de valores que estén fuera de los niveles admisibles con respecto al total de los datos de las variables estudiadas.
- **F3-Amplitud:** es la desviación que existe entre los datos, en donde se determina la magnitud de los excesos de cada dato fuera de su rango admisible al compararlo con su límite máximo permisible.

Según Sucapuca (2022) que una vez que se ha calculado el valor de CCME\_WQI, la calidad del agua se puede catalogar como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Criterios para la clasificación de calidad del agua.*

<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
<b>100-95</b>	Excelente
<b>94-90</b>	Bueno
<b>79-65</b>	Regular
<b>64-45</b>	Marginal
<b>44-0</b>	Pobre

*Nota. Rangos para la clasificación de calidad de agua (Sucapuca 2022).*

## **7.11 Parámetros físicos-químicos del Índice canadiense de calidad de agua**

### **7.11.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno**

En el estudio de Guerra (2020), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) nos ayuda a medir la cantidad de materia orgánica contenida en el recurso hídrico ya sean naturales o residuales, para su análisis en el laboratorio se utiliza bicromato de potasio como oxidante de la materia orgánica y este análisis tiene un tiempo de proceso de 3 horas. Es el indicador más importante en la medición de los parámetros físico-químicos de la contaminación de las aguas residuales y en el control del agua potable (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014).

### **7.11.2 Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto es la concentración de oxígeno que existe a una determinada presión y temperatura, la solubilidad del oxígeno en el agua tiene una relación

inversamente proporcional con la temperatura eso quiere decir que a mayor temperatura la solubilidad del oxígeno es menor. La concentración del oxígeno disuelto es necesaria para que los microorganismos aerobios puedan respirar al igual que otras formas de vida. Este parámetro es de suma importancia, en los casos que el nivel de oxígeno disuelto disminuye a concentraciones menores de 4mg/L se pueden producir efectos nocivos en algunas especies y el ecosistema; la cantidad de oxígeno también es menor cuando el caudal de los ríos disminuye en épocas de estiaje el cual llega hacer a menor concentración de oxígeno disuelto mayor es el valor de coliformes totales (Manrique, 2017).

### **7.11.3 Metales Pesados**

Los metales pesados están naturalmente presentes en el suelo debido a los procesos geológicos y de formación del suelo, y estos metales pesados se bioacumulan con el tiempo en comparación con otros metales que se acumulan en el medio ambiente (Gutierrez, 2018). Los metales pesados son tóxicos ya que se agrupan en los tejidos y músculos del organismo, alteran sus defensas y producen enfermedades a corto y largo plazo. Los metales pesados más importantes son el plomo, el cadmio, el arsénico y el mercurio. El arsénico es un metal pesado tóxico, está presente en aguas naturales, por descargas industriales o el uso de pesticidas.

### **7.11.4 Arsénico**

En el estudio de Espinoza (2020), el arsénico se encuentra distribuido en todo el planeta se lo puede encontrar de manera orgánica e inorgánica, de forma inorgánica el arsénico se lo conoce como arseniato As (v) y arsenito As (III) este último es considerado más tóxico. La arsenita se encuentra en los lugares con descargas de aguas geotermales, en las aguas superficiales se encuentra al arsénico en la forma inorgánica, pero depende de cómo se une el arsénico al medio ambiente y sus actividades biológicas.

El arsénico no es esencial para el ser humano ya que los cuerpos de agua se encuentran de forma orgánica el arsénico en donde las poblaciones presentan signos de arsenicismo crónico con lesiones dérmicas, cáncer al pulmón y vejiga, neuropatía periférica y enfermedad cardiovascular, la EPA reconoce que de sus dos formas que el arsénico se presenta como orgánico e inorgánico es considerado como sustancias carcinogénicas (Plasencia, 2022).

### 7.11.5 Conductividad eléctrica

Es la variable que depende de la cantidad de sales disueltas para que puedan conducir la corriente eléctrica en un líquido. La unidad de medición es el siemens/cm (S/cm) o milisiemens/cm (mS/cm) (Cabrejos, 2018).

Este indicador se usa para determinar el daño producido por la salinidad en este sentido existen múltiples clasificaciones de la calidad del agua en base a la C.E.A., a continuación, en la tabla 4 se presenta el nivel de aceptabilidad.

**Tabla 4**

*Relación de los valores de la C.E. y la calidad del agua.*

VALORES DE LA C. E.	CRITERIO SOBRE LA SALINIDAD	VALORES DE LA C.E.	CRITERIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA
C1 < 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Baja	< 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Excelente
C2 250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Media	250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Buena
C3 750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Alta	750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Aceptable
C4 > 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Muy Alta	2 250-5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Dudosa
-	-	>5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	No aceptable

*Nota. Valores en relación a criterios sobre salinidad y C.E. (Cuvi & Ruiz, 2022).*

La conductividad en las soluciones acuosas el valor es proporcional a la concentración de los sólidos totales disueltos. Por lo tanto, cuanto mayor sea la concentración, mayor será la conductividad (Cuvi & Ruiz, 2022), como puede observarse en los valores apuntados a continuación:

- Agua pura: 0,055  $\mu\text{S/cm}$ .
- Agua destilada: 0,5  $\mu\text{S/cm}$ .
- Agua de montaña: 1,0  $\mu\text{S/cm}$ .
- Agua de uso doméstico: 500-800  $\mu\text{S/cm}$ .
- Agua de mar: 50.000-60.000  $\mu\text{S/cm}$ .



#### **7.11.6 Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH es un factor que indica el balance entre ácidos y bases del agua los cuales están representados por el número de iones libres de hidrógeno (H<sup>+</sup>) en una sustancia (Lascano & Muñuz, 2020).

Es la medida de la concentración de iones de hidrógeno o la acidez del agua, es clasificado como un contaminante secundario por la USEPA con un rango sugerido de 6.5 a 8.5. Valores expresados bajo los 6.5 se debe considerar el análisis de corrosión o análisis de metales pesados (Sigler & Bauder, 2017).

#### **7.11.7 Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes para la vida acuática, ya que la temperatura del agua por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la disposición de oxígeno en el agua, la precipitación de compuestos, la desinfección. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura varíe continuamente (Hernández, 2018).

La temperatura presente en el cuerpo de agua es a causa de la absorción de la radiación en las capas superiores del líquido, a medida que aumenta la temperatura, la solubilidad de las sales y gases en el agua se ven afectados, así como cambia de la misma forma las propiedades químicas como también su comportamiento de microbios, al aumentar su temperatura cambia la solubilidad de dicha sustancia (Ordoñez & Yáñez, 2018)

#### **7.11.8 Sólidos Totales Disueltos (TDS)**

Los Sólidos Totales Disueltos (TDS) es una medida de la materia de las muestras de agua que son más pequeñas de 2 micrones y no se pueden ser removidos por un filtro tradicional, son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad de agua (Sigler & Bauder, 2017).

El contenido de los sólidos totales disueltos del agua depende de los carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, y nitratos, se recomienda límites de 500 a 1000 mg/L, pero en regiones se aceptan de 1500 mg/L. Las concentraciones aceptables de sólidos totales disueltos en aguas dulces son de 200 a 10000 mg/L (Ordoñez et al., 2017)

#### **7.11.9 Demanda Química de Oxígeno**

La demanda química de oxígeno equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes sin la intervención de los organismos vivos, la eliminación de la materia orgánica se lleva mediante la coagulación-floculación, la

sedimentación y la filtración, el cual se consume en ciertas condiciones durante la oxidación de materia orgánica e inorgánica oxidable presente en el agua de desechos (de la Cruz et al., 2017).

#### **7.11.10 Nitratos**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y plantas acuáticas, por lo general en el agua se lo encuentra en las formas de amoníaco, nitratos y nitritos, si el recurso hídrico tiene descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal el cual con contacto del oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y en nitratos, este proceso dependerá de la temperatura del contenido del oxígeno disuelto y del pH del agua (Changoluisa & Quishpe, 2019).

#### **7.11.11 Turbidez**

El término de turbidez se refiere a la presencia del material particulado en forma de coloide el cual causa la reducción de transparencia. Estas partículas pueden ser: arcilla, limo, tierra finamente dividida. En cuanto a la medición de turbidez se realiza mediante un turbidímetro y se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (Chura, 2020).

La turbidez se define como la suspensión de materiales en el agua que obstaculiza el paso de la luz, es un parámetro el cual genera repudio a los consumidores, además si presentan altos niveles de turbidez se trata de presencia de organismos patógenos los cuales causan afecciones a la salud humana causadas por distintas enfermedades hídricas, la turbidez en aguas superficiales se encuentra entre 20 y 50 NTU (Calo & Guerrero, 2019).

## **8 Microplásticos**

Los microplásticos son partículas sólidas sintéticas o matrices poliméricas de forma regular o irregular, cuyo tamaño oscila entre 1 micra y 5 micras. Estos materiales se pueden clasificar y agrupar principalmente según dos parámetros: forma y origen. Por su forma, en general se identifican como esferas, pellets, fragmentos irregulares, fibras, gránulos y películas (Acosta et al., 2022).

### **8.1 Antecedentes microplásticos**

Estudios de distintas universidades han determinado que en varios ríos del Ecuador se ha encontrado presencia de microplásticos. En el Estudio de Donoso y Ríos (2020), establecen que la mayoría de partículas de microplásticos encontrados en los puntos fueron fibras. Estas fibras están relacionadas con las prendas de vestir sintéticas y han generado gran preocupación

debido a su alarmante cantidad. En el río San Pedro y el río Pita son sitios con menor número de habitantes por metro cuadrado, el número de fibras encontradas fue similar a otras partículas como películas o fragmentos sin embargo en zonas bajas de los mismos ríos donde existe mayor número de habitantes las fibras aumentaron significativamente, incluso superando valores conocidos para otras partes del mundo, así mismo el río Guayllabamba del mismo análisis fue el más contaminado en relación a microplásticos debido que recibe descargas de aguas residuales sin pasar por una planta de tratamiento.

## **8.2 Contaminación de los Microplásticos**

En los últimos años, el uso de plásticos en la sociedad actual ha crecido exponencialmente, sobre todo a partir de su aplicación a productos de un solo uso. Su difícil reciclaje y baja degradabilidad conducen a la acumulación de estas sustancias en el medio ambiente, lo que ha sido reconocido como un problema ambiental emergente. El uso de productos etiquetados como "biodegradables" u "oxo degradables" (que se degradan rápidamente) no parece reducir significativamente la cantidad de plástico que llega a las aguas ni los efectos físicos o químicos en el medio acuático (océano) ni tampoco en el medio terrestre donde también ha sido identificada su existencia. A pesar de su alta estabilidad física, los plásticos pueden ser atacados física y químicamente con el tiempo, degradándose en piezas más pequeñas: microplásticos y nanoplásticos. (Pastor & Agulló, 2019).

Según el estudio de Pazos y Gómez (2021) recalcan que debido a que los MPs (microplásticos) son persistentes, ampliamente distribuidos, y considerados como un potencial transportador de compuestos químicos tóxicos, su efecto negativo en el ambiente no es sólo físico, sino también químico ya que tienen la capacidad de absorber y acumular varios tipos de contaminantes. Los MPs y los contaminantes orgánicos están fuertemente relacionados, ya que interactúan tanto durante la manufacturación de los plásticos (incorporación de aditivos químicos), y después, una vez que son desechados e ingresan a los ambientes naturales, donde pueden adsorber PCBs, pesticidas, fertilizantes y metales pesados, entre. Los MPs suelen ser hidrofóbicos, al igual que los contaminantes orgánicos siendo los factores que permiten la gran capacidad de los MPs para concentrar contaminantes la hidrofobicidad y lipofilia de los compuestos orgánicos y la alta relación superficie/volumen de los MPs. Además, los MPs pueden actuar como sustrato para parásitos patógenos y microorganismos elevando la preocupación sobre sus efectos ecológicos. Estudios previos han propuesto la hipótesis de que los MP actúan como "caballos de Troya", lo que sugiere un mecanismo por el cual las partículas plásticas (MPs y NPs), incluidas las sustancias tóxicas, son ingeridas o inhaladas involuntariamente por los organismos. Los MPs, entonces, se consideran como un vector de transporte de contaminantes y patógenos, y su

ingestión proporciona una vía potencial para la transferencia de contaminantes como monómeros y aditivos tóxicos, entre otros contaminantes (Castañeta et al., 2020).

### 8.3 Clasificación de Microplásticos

Los microplásticos se clasifican como primarios y secundarios. Los primarios son manufacturados con esas dimensiones para cumplir una función en específico; por ejemplo, los pellets se utilizan para fabricar botellas de refresco o de crema, entre muchos otros artículos, y las microesferas se incluyen en algunos productos de cuidado personal, como bloqueadores y exfoliantes. Por otro lado, los microplásticos secundarios son resultado de la degradación de los residuos plásticos de mayor tamaño, los cuales sufren la fragmentación al estar sometidos a factores abióticos como la luz del sol, el viento, la humedad, la temperatura o el desgaste mecánico y a factores bióticos como la formación de una biopelícula. En 2014, los microplásticos se incluyeron en el informe anual del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) por primera vez. Hasta ahora, la magnitud del problema es clara porque los microplásticos están en todas partes y en todas las situaciones posibles: desde los lugares más profundos de la Tierra, como la Fosa de las Marianas, hasta las montañas más altas, como el Monte Everest; desde el Océano Pacífico, la isla más remota, hasta la comida que comemos todos los días. Su impacto ambiental es desfavorable debido a que su superficie atrae diferentes contaminantes. Así, cuando son ingeridos por especies marinas, además de provocar lesiones y daños en los organismos, permiten la introducción de sustancias tóxicas en la cadena alimenticia (Academia mexicana de ciencias, 2022). La producción de nanoplásticos ha crecido en los últimos años, aunque el conocimiento sobre su presencia, destino, comportamiento y toxicidad en el medio marino es aún muy limitado. Según los expertos en la materia, este segmento de los microplásticos puede ser el menos conocido pero el más peligroso. El tamaño de estas partículas (de menos de  $1\mu\text{m}$ ) las hace susceptibles de ser ingeridas incluso por los organismos que están en la base de la cadena trófica (Rojo & Montoto, 2017). En la tabla 5 se puede observar la clasificación por tamaño de los microplásticos

**Tabla 5**

*Clasificación de microplásticos por tamaño.*

<b>Prefijo</b>	<b>Clase tamaño</b>	<b>Rango de tamaño</b>
	Nanoplástico	<0.2 $\mu\text{m}$
<b>Micro</b>	Microlitter	~0.06 a 0.5 $\mu\text{m}$
	Microplástico	<0.5 $\mu\text{m}$

Micro desechos	<2 $\mu\text{m}$
Microplástico pequeño	<1 $\mu\text{m}$
Microplástico grande	1-5 $\mu\text{m}$

*Nota. Clase y rango de tamaño de microplásticos (Rojo & Montoto, 2017).*

Existen otras clasificaciones, que se dividen en métricas muy diferentes en función de su tamaño. Los microplásticos son partículas menores de 5 mm de tamaño, mientras que los mesoplásticos tienen un tamaño entre 5 y 25 mm, y debido a la abundancia y prevalencia de estos fragmentos, se consideran biodisponibles para los organismos y su acumulación. Así mismo, si bien todos los microplásticos y mesoplásticos que se encuentran en los ecosistemas acuáticos cambian en morfología, coloración y tamaño, existen categorías estandarizadas en función de su tamaño y apariencia, con algunos colores que indican claramente el nivel de contaminación por productos químicos. (Porrás, 2021).

Así mismo la flotabilidad de los polímeros puede ser positiva o neutra, una parte de los polímeros flotan más o menos en el agua y otro grupo tienen una densidad mucho mayor que el agua y se hunden de forma inmediata. En la tabla 6 se presenta la flotabilidad de diferentes polímeros.

**Tabla 6**

*Flotabilidad de diferentes polímeros.*

Polímero	Densidad* (g cm <sup>-3</sup> )	Flotabilidad**
Poliestireno	0.01-1.06	Positiva
Polipropileno	0.85 - 0.92	Positiva
Polietileno de baja densidad	0.89 - 0.93	Positiva
Etilvinilacetato	0.93 - 0.95	Positiva
Polietileno de alta densidad	0.94 - 0.98	Positiva
Poliuretano	1.00 - 1.03	Positiva
Nylon 6,6	1.13- 1.15	Negativa
(Polimetil) metacrilato	1.16 - 1.20	Negativa
Policarbonato	1.20 - 1.22	Negativa
Poliamida	1.12 - 1.15	Negativa
Tereftalato de polietileno	1.38 - 1.41	Negativa
Policloruro de vinilo	1.38 - 1.41	Negativa
Politetrafluoretileno (teflón)	2.10 - 2.30	Negativa

*Nota. Densidad y flotabilidad de microplásticos (Hombre y Territorio (HyT), 2019).*

#### **8.4 Microplásticos primarios**

Los polímeros que fueron diseñados para tener un tamaño microscópico son los microplásticos primarios son utilizados en limpiadores, cosméticos (por ejemplo: exfoliantes, jabones,) estos varían en forma, tamaño y composición (Hernández & Pérez, 2018). De igual manera otro autor Calero (2021), menciona que los microplásticos primarios son aquellos emitidos directamente al medio ambiente en forma de pequeñas partículas. Pueden provenir de la adición deliberada de microplásticos a productos como exfoliantes y otros cosméticos, o pueden resultar del desgaste de objetos de plástico más grandes durante la producción o el uso. En esta definición no solo se consideran los productos de cuidado personal, sino también el desgaste de los neumáticos durante la conducción de un vehículo o el desgaste de las prendas textiles en el proceso de lavado.

#### **8.5 Microplásticos secundarios**

Los microplásticos secundarios son fragmentos de plástico más grandes. Debido al continuo deterioro de los plásticos, el tamaño, la forma, el color y el tipo de polímeros en los microplásticos secundarios varían ampliamente, representados principalmente por hebras de microfibras sintéticas o fragmentos de forma irregular (Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2020).

#### **8.6 Contaminación microplástica de los sistemas acuáticos**

Actualmente, el plástico es un material omnipresente y casi indispensable en nuestras vidas, que cumple múltiples funciones y usos para mejorar el bienestar humano. Se estima que la producción de plástico ha crecido más que cualquier otro material de fabricación en los últimos 65 años, llegando a casi 359 millones de toneladas. Asimismo, en los próximos años se estima que a nivel global la población generará más de 6 Millones de toneladas de desechos sólidos al día (Lacerot et al., 2020).

Los residuos plásticos entran a los ecosistemas acuáticos principalmente desde fuentes terrestres, entre las que se destacan vertederos a cielo abierto, quema de residuos, aguas servidas, pérdidas de materia prima, agricultura, estructuras de construcción, desgaste de neumáticos y actividades industriales en ecosistemas acuáticos (por ejemplo, comercio, pesca). Los humedales, lagos, ríos y estuarios en tierra transportan plástico al océano. A pesar de su importancia como rutas de transporte y receptores de la contaminación plástica, estos ecosistemas están poco estudiados en comparación con los ecosistemas marinos, y muchos materiales plásticos que ingresan al medio ambiente no permanecen estacionarios. En su lugar, serán transportados entre compartimentos ambientales (p. ej., ambientes terrestres a de agua dulce y de agua dulce a marinos), cada uno con un tiempo de residencia diferente. Por ejemplo,

el movimiento de la tierra a un sistema fluvial dependerá de las condiciones climáticas prevalecientes, la distancia a una ubicación particular del río y el tipo de cobertura terrestre (Kooi et al., 2018).

Estos micro residuos, una vez constituidos en los ecosistemas acuáticos, pueden causar daños significativos a la flora, la fauna y la vida marina, posteriormente se incorporan a la cadena alimentaria humana, aumentarían las enfermedades catastróficas en la población debido a la ingestión de estas sustancias tóxicas derivadas del petróleo, que técnicamente hablando constituirá una alimentación por suspensión o inhalación en la superficie del agua o del aire (Vickers, 2017).

La contaminación plástica afecta a los océanos, especialmente a las especies y los ecosistemas marinos, y cómo es probable que se desarrollen estos conflictos en el futuro. Hoy en día, casi todos los grupos de especies oceánicas están expuestos a la contaminación plástica, los investigadores han encontrado efectos nocivos en casi el 90% de las especies analizadas. La contaminación plástica ha ingresado a la cadena alimentaria marina y afecta significativamente la productividad de algunos de los ecosistemas marinos más importantes del mundo, como los arrecifes de coral y los manglares (Tekman et al., 2022).

### **8.7 Microplásticos en el aire**

En el estudio de Cerillo (2019), los microplásticos están presentes en la tierra, el mar y ahora en el aire. Los microplásticos no solo han llegado a ríos y océanos, sino que están teniendo un impacto en la biología marina. Un equipo de científicos ha demostrado su enorme dispersión en el aire y ha encontrado grandes cantidades de microplásticos en zonas remotas de los Pirineos, con niveles comparables a las grandes ciudades. Este hallazgo es un ejemplo más de la ubicuidad del plástico, y su impacto en la cadena alimentaria ha llamado la atención de los expertos. La mayor parte de los escombros y fibras encontrados procedían de restos de artículos y envases de un solo uso. Un grupo de microplásticos que aparecen en el aire consiste principalmente en fibras textiles sintéticas, fragmentos de neumáticos de caucho sintético y polvo urbano generado. Otras fuentes pueden ser los materiales de construcción, emisiones industriales o la incineración de residuos. Una vez emitidas al aire, estas partículas son transportadas de un lugar a otro por acción de las corrientes, hasta asentarse en el suelo o en los sedimentos de la zona. También pueden ser transportados por precipitaciones atmosféricas en forma de nieve o lluvia (García, 2022).

## 8.8 Degradación ambiental de microplásticos

La degradación de los plásticos se considera muy baja, por lo que este material permanece en el ecosistema y el medio ambiente por mucho tiempo, son partículas muy resistentes por el tipo de derivación y procesamiento industrial que tienen.

Científicos crearon modelos informáticos de las vías de los microplásticos en ríos de diferentes velocidades y tamaños de flujo y descubrieron que los microplásticos se acumulan durante horas o incluso años en los sedimentos de los ríos de flujo lento. Unas pocas horas en el sedimento pueden cambiar significativamente las partículas de plástico: los procesos químicos pueden comenzar a descomponerlas en pedazos más pequeños. La mayoría de los estudios de toxicidad de microplásticos utilizan plásticos vírgenes, por lo que estos plásticos ambientalmente modificados presentan riesgos desconocidos para la biodiversidad y la salud humana (Salazar, 2022).

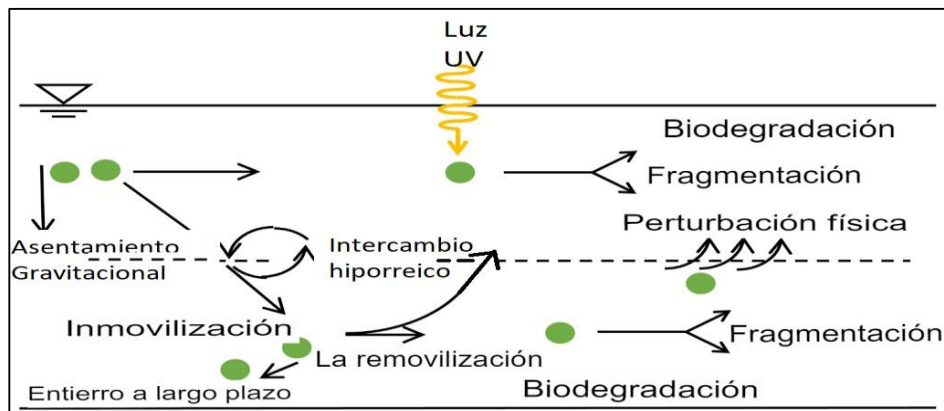
Los científicos descubrieron que los procesos de intercambio hiporreico (Hypo: inferior, rheos: Flujo de agua), los microplásticos pueden arrastrarse hacia los sedimentos a una tasa promedio de 5% por kilómetro. Si el caudal es relativamente bajo, las partículas incrustadas en sedimentos pueden quedar atrapadas. El modelo muestra que, para un río de 10 kilómetros, los microplásticos pueden moverse a través de los sedimentos en promedio entre 30 horas y 3 años. Los arroyos y estuarios de flujo más lento transportan más microplásticos y duran más: el 8% de las partículas de plástico por kilómetro terminan en los sedimentos de estos ríos; las condiciones de flujo lento pueden mantenerlos allí hasta por siete años. Esto sugiere que tormentas e inundaciones más severas y frecuentes debido al cambio climático podrían provocar la liberación de millones de residuos microplásticos acumulados en los sedimentos de los ríos (Salazar, 2022).

Para las MP, la relación entre la tasa de intercambio hiporreica y la tasa de sedimentación gravitatoria puede aumentar a más de 100.000, lo que indica que el intercambio hiporreico es un mecanismo crítico para el transporte de MP desde los ríos hasta el sedimento del lecho, especialmente para las fracciones de menor tamaño. Las partículas intercambiadas se depositan o quedan inmovilizadas dentro del sedimento del lecho del río mediante una variedad de mecanismos que incluyen la filtración granular, la sedimentación en el agua intersticial y la retención en biopelículas bentónicas e hiporreicas. Tanto el asentamiento gravitacional como el intercambio hiporreico transportan MP al sedimento del lecho del río, seguidos de un entierro a largo plazo, biodegradación y fragmentación, o removilización a la columna de agua (Drummond et al., 2022).



**Figura 1**

*Procesos que controlan la acumulación de MP en los ríos.*



*Nota. Intercambio hiporreico y asentamiento gravitacional (Drummond et al., 2022).*

## CAPÍTULO II

### 9 MARCO LEGAL

#### 9.1 Constitución de la Republica del Ecuador

En el análisis del marco legal del proyecto se propone añadir artículos de la Constitución de la Republica de Ecuador que servirán de complemento para un mejor desarrollo legal para el estudio realizado. Según la Constitución de la República del Ecuador mediante el Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008, en estado reformado el 25-ene.-2021, se deberían considerar los siguientes:

**Art. 12.-** Sección primera Agua y alimentación, Capítulo segundo, Derechos del buen vivir, Título II Derechos, señala: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

**Art. 14.-** “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

**Art. 411.-** Sección sexta Agua, Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales, registra que: “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”.

## **9.2 Código Orgánico del Ambiente**

En el capítulo IV, Monitoreo y Seguimiento, indica una de las técnicas necesarias para control ambiental como es el muestreo, la caracterización total a través de una medición de parámetros físicos, químicos y biológicos, considerando lo establecido en el siguiente artículo:

**Art. 209.-** Capítulo cuarto Monitoreo y Seguimiento registra que: “La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.

## **9.3 Acuerdo Ministerial 097-A (Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua)**

Esta normativa establece los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del recurso hídrico, incluyendo los criterios de la calidad del agua para distintos usos en base a límites permisibles, prohibiciones y disposiciones. Para el efecto se utilizará la tabla 3 que habla sobre los criterios de la calidad del agua para uso agrícola, así como la tabla 4 que establece los parámetros de los niveles de la calidad del agua de riego.

## **9.4 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.**

Se establece en esta normativa las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos. Se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis, considera los siguientes ítems:

- Manejo y conservación
- Preparación de recipientes

- Llenado de recipientes
- Refrigeración y congelación de muestras
- Transporte de muestras
- Rotulando
- Recepción de muestras en el laboratorio

## **10 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.**

**¿En qué condiciones se encuentra el agua destinada para riego del río Pumacunchi, teniendo en cuenta normativas nacionales e internacionales vigentes y el Índice de calidad de agua Canadiense (CCME\_WQI)?**

En base a los resultados obtenidos de las muestras de agua se pudo determinar mediante normativas nacionales como internacionales vigentes ya mencionadas, que los 10 parámetros analizados del agua del río Pumacunchi para riego, 5 parámetros (Arsénico, DBO, Oxígeno Disuelto, CE y SDT) son los que sobrepasan los LMP, sin embargo, el índice de calidad de agua (CCME\_WQI), muestra la calidad de agua como regular, lo que indica en un rango de aguas contaminadas o deterioradas.

**Aplicando la metodología de microfiltración ¿Qué tipo de microplásticos estarán presentes en la parte alta, media y baja del río Pumacunchi?**

Mediante la ejecución del proyecto de investigación la metodología de microfiltración pudo afirmar la existencia de microplásticos con morfología tipo fibra y fragmento en el río Pumacunchi siendo las fibras las más predominantes dentro de los muestreos analizados en cada punto.

## **11 METODOLOGÍAS**

### **11.1 MÉTODO**

#### **11.1.1 Investigación no experimental**

En el estudio de Velázquez (2018), la investigación no experimental se utiliza para observar y analizar un momento exacto de la investigación para abarcar diversos grupos o muestras de estudio. Así mismo menciona que este tipo de investigación se divide en:

Descriptiva: Cuando se observan los valores donde se presentan una o más variables para que al obtener los datos, se realice una descripción de ellos.

Durante el estudio, no se controló, ni se manipuló a los sujetos de investigación, se interpretó los resultados mediante observaciones, análisis y relación de datos para llegar a una conclusión.

### **11.1.2 Método Cualitativo**

Es aquella investigación que recaba información no cuantificable, basada en las observaciones de las conductas para su posterior interpretación. Su propósito es la descripción de las cualidades de hecho o fenómeno (Escudero & Cortez, 2018). La implementación de este método será utilizada con el fin de reconocer las diferentes formas de los microplásticos en los dos muestreos realizados basados en una guía de descarte Anexo D.

### **11.1.3 Método Inductivo**

El método inductivo consiste en estudiar u observar hechos con el fin de llegar a las conclusiones que puedan inducir o permita derivar de los fundamentos de una teoría (Castellanos, 2017).

El método en mención se utilizará para determinar el grado de contaminación del efluente del río Pumacunchi, se recolectarán las muestras de agua y serán enviadas al laboratorio para su respectivo análisis efectuando los resultados donde se estimará la contaminación del río Pumacunchi.

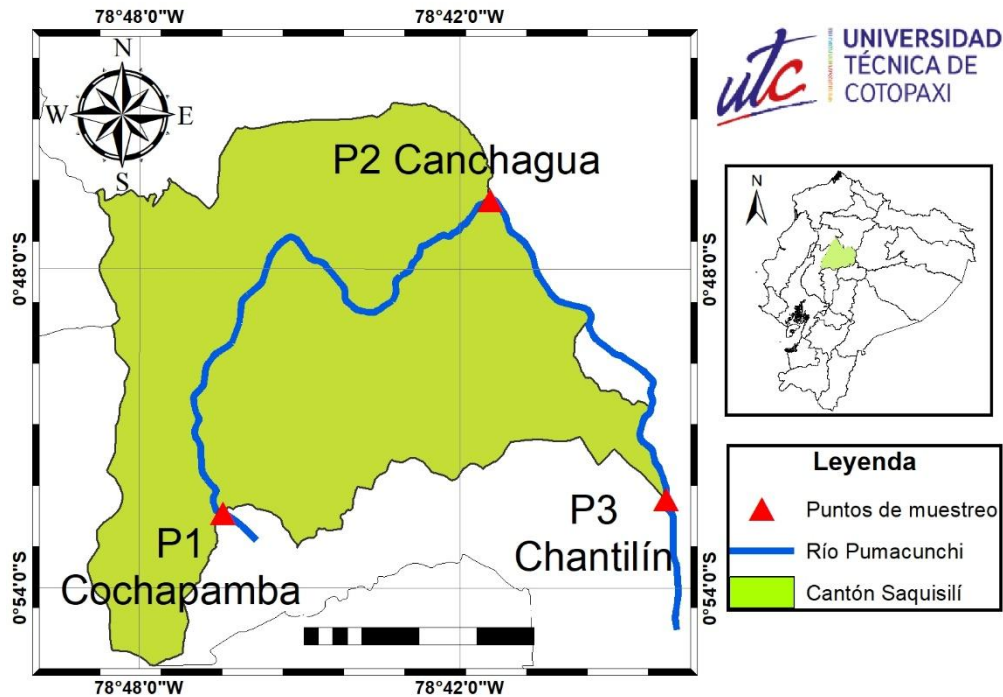
## **11.2 TÉCNICA**

### **11.2.1 Descripción del área de estudio**

La zona de estudio está ubicada a lo largo del río Pumacunchi en la provincia de Cotopaxi, cantón Saquisilí. Los puntos de muestreo están ubicados en la parte alta, media y baja del río ubicados en las parroquias Cochapamba, Canchagua y Chantilin. En la figura 2 se presenta el área de estudio que se analizó durante todo el proceso de investigación.

Figura 2

Área de estudio.



El área de estudio se ha determinado mediante el sistema de información geográfica ArcGis mediante la utilización de SHP files, ubicando la microcuenca hidrográfica del río Pumacunchi y especificando los tres puntos de muestreo siendo estos la parte alta, media y baja de la microcuenca, los puntos seleccionados para el muestreo se encuentran en las siguientes coordenadas ubicadas en la tabla 7.

Tabla 7

Ubicación de los puntos de muestreo.

COORDENADAS (WGS84/UTM Zone 17S)				
Puntos	X	Y	Altitud	Lugar
P1	747724.82	9903031.72	4600	Cochapamba
P2	757027.02	9913883.94	3455	Canchagua
P3	763152.26	9903487.13	2800	Chantilín

La microcuenca del río Pumacunchi se encuentra ubicada a una elevación altitudinal mínima de 2800 m.s.n.m., media de 3455 m.s.n.m. y máxima de 4600 m.s.n.m., en la provincia de Cotopaxi que corresponde los cantones de Latacunga y Saquisilí. La

microcuenca está formada por la fusión de los ríos Negros y Pintze. Se realizó la visita in situ donde se pudo georreferenciar las coordenadas y puntos estratégicos que sean fuentes de contaminación de las actividades antrópicas de las comunidades aledañas al río para obtener el diagnóstico actual del río Pumacunchi (Changoluisa & Quishpe, 2019).

### **11.2.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS TRANSECTOS A MONITOREAR**

- La accesibilidad influye al momento de seleccionar los puntos estratégicos de muestreo ya que deben ser accesibles para los vehículos y las personas de tal manera que faciliten la toma de muestras y para su respectivo traslado de equipos y materiales de muestreo.
- La representatividad es donde los puntos de muestreo deben ser representativos con las características totales del cuerpo de agua el cual debe estar relacionado con la turbulencia, velocidad y apariencia física del mismo.
- La seguridad es donde los puntos de muestreo deben ser seguros para las personas responsables del muestreo ya que debe minimizar los riesgos, accidentes y las lesiones personales, es por ello recomendable tomar siempre precauciones y equipo de seguridad y protección personal. En los ríos se debe tomar atención a los deslizamientos o arrastre de objetos sólidos enormes hacia la corriente.

### **11.2.3 Materiales y Reactivos**

- Envases de plástico
- Recipiente de vidrio (Winkler)
- Cooler mediano
- Hielos
- Guantes y botas de hule
- Libreta de campo
- Etiquetas para envases y cadena de custodia
- Multiparámetro DANOPLUS 5/1
- Ácido nítrico
- Ácido sulfúrico
- Juegos de reactivos para fijación de Oxígeno Disuelto
- Cámara fotográfica
- GPS (celular)

- Agua oxigenada 30%
- Tamiz Endecotts de 63  $\mu\text{m}$

#### **11.2.4 PROTOCOLO DE RECAUDACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA**

Para la recaudación de las muestras de agua se tomó en cuenta lo que se encuentra establecido en la Norma INEN 2169:98 de AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

#### **11.2.5 Procedimiento del muestreo**

##### **11.2.5.1 Muestreo de pH, Conductividad eléctrica, Sólidos Totales Disueltos (TDS) y Temperatura**

Para el análisis de pH, Conductividad eléctrica, TDS, y Temperatura se tomó la muestra en un envase de plástico de 1 ltr el cual debía estar previamente esterilizado, el envase se llenó completamente de agua y se realizó el análisis in situ de los 4 parámetros físicos con el multiparámetro DANOPLUS 5/1 los cuales fueron apuntados en la libreta de campo.

##### **11.2.5.2 Muestreo de Turbidez**

Para el análisis de turbidez se tomó la muestra de agua en un envase de plástico de 500 mililitros el cual se llenó completamente y sellarlo, la muestra se mantuvo a una temperatura de 6°C en el cooler con las demás muestras en donde se transportó al Laboratorio Nacional de Calidad del Agua y Sedimentos (LANCAS) para sus respectivos análisis.

##### **11.2.5.3 Muestreo de Arsénico**

Para el análisis de Arsénico se tomó la muestra de agua en un envase de plástico de 250 mililitros en donde se dejó un espacio en el cuello del envase para colocar 5 gotas de ácido nítrico, inmediatamente se cerró el frasco con la contratapa y tapa, la muestra se mantuvo a una temperatura de 6°C en el cooler con las demás muestras en donde se transportó al Laboratorio Nacional de Calidad del Agua y Sedimentos (LANCAS) para sus respectivos análisis.

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

Para el análisis de DQO se tomó la muestra de agua en un envase de plástico de 100 mililitros en donde se dejó un espacio en el cuello del envase para colocar cinco gotas de ácido sulfúrico, inmediatamente se cerró el frasco con la contratapa y tapa, la muestra se mantuvo a una temperatura de 6°C en el cooler con las demás muestras en donde se transportó al Laboratorio Nacional de Calidad del Agua y Sedimentos (LANCAS) para sus respectivos análisis.

### 11.2.5.5 Muestreo de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Para el análisis de DBO se tomó la muestra de agua en un envase de plástico de 500 mililitros en donde se llenó completamente, esta muestra no debía presentar burbujas de aire, inmediatamente se cerró el frasco, la muestra se mantuvo a una temperatura de 6°C en el cooler con las demás muestras en donde se transportó al Laboratorio Nacional de Calidad del Agua y Sedimentos (LANCAS) para sus respectivos análisis.

### 11.2.5.6 Muestreo de Oxígeno Disuelto

Para la fijación de oxígeno disuelto en campo seguimos el procedimiento el cual incluye un envase de vidrio winkler de 300 mililitros, se llenó la muestra de agua hasta que rebose y se selló para evitar la formación de burbujas de aire, en el caso se eligió un punto donde se realizó un duplicado, se sumergió los dos envases al mismo tiempo. Adicionamos 1 ml de solución de sulfato de manganeso seguido de 1 ml de álcali-yoduro-azida, se tapó cuidadosamente evitando la formación de burbujas de aire, procedimos a agitar por inmersión de la botella. Logramos observar la formación de un precipitado marrón el cual se debe asentar lo suficiente para dejar el sobrenadante del flóculo de hidróxido de manganeso a esto adicionamos 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tapamos y agitamos hasta lograr la disolución del precipitado, la muestra se mantuvo a una temperatura de 6°C en el cooler con las demás muestras en donde se transportó al Laboratorio Nacional de Calidad del Agua y Sedimentos (LANCAS) para sus respectivos análisis.

### 11.2.6 Cálculo del índice CCME\_WQI

Al obtener los resultados de las mediciones hechas en el campo y los informes de los resultados enviados por el laboratorio LANCAS, se procedió a calcular el índice utilizando la siguiente fórmula (4):

$$CCME_{WQI} = 100 - \left( \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right)$$

Donde 1.732 es la constante que regula el valor entre 0 y 100 que clasifica la calidad del agua.

Para su respectivo cálculo se aplicó las fórmulas (1), (2), (3), (3.1), (3.2) expresadas a continuación:



F1 (alcance) indica el porcentaje del número de parámetros que incumplieron con los límites establecidos por la normativa, respecto al total de parámetros evaluados.

$$F_1 = \frac{\text{Número de variables que fallaron}}{\text{Número total de variables}} \times 100$$

F2 (frecuencia), representa el porcentaje de datos individuales de cada parámetro que no cumplieron con la directriz de calidad.

$$F_2 = \frac{\text{Número de pruebas deficientes}}{\text{Número total de pruebas}} \times 100$$

F3-Amplitud: es la medida de desviación entre los datos en donde se determina la magnitud de los datos que sobrepasan los rangos ya que se compara con el límite que corresponde.

$$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01 \times nse + 0.01} \right)$$

Donde:

$$nse = \frac{\sum \text{Excursión}}{\text{Total de datos}}$$

$$\text{Excursión} = \left( \frac{\text{Valor excedido del rango}}{\text{Rango}} \right) - 1$$

La comparativa de los resultados se los realizan a través de las siguientes cinco categorías en la tabla 8:

**Tabla 8**

*Criterios para la clasificación de calidad del agua.*

CALIDAD	RANGO
Excelente	95-100
Bueno	80-94
Regular	65-79
Marginal	45-64
Pobre	0-44

*Nota. Rangos para la clasificación de calidad de agua (Sucapuca 2022).*

## **11.2.7 Muestreo de microplásticos**

### **11.2.7.1 Selección del punto de muestreo**

Actualmente Ecuador no cuenta con Normativas oficiales que establezcan una metodología para el análisis de microplásticos en aguas de ríos por lo que tampoco hay límites permisibles de referencia sobre la cantidad máxima que deberían encontrarse en cuerpos de agua. Del mismo modo, tampoco existen métodos estandarizados internacionales para la obtención, procesamiento y análisis de microplásticos. Bajo esta premisa se seleccionó una metodología a base de revisiones bibliográficas de investigaciones a nivel internacional.

Para la selección de los puntos de muestreo lo primero fue verificar que la accesibilidad a la zona de muestreo fuera segura para las personas responsables del muestreo ya que se debe minimizar los riesgos, accidentes y las lesiones personales, lo segundo que se hizo fue seleccionar zonas estratégicas del río Pumacunchi vadeables. Por último, fue observar si en dichas zonas existía la presencia de residuos sólidos, descargas de aguas residuales y actividades antropogénicas.

En primer lugar, las muestras de agua se filtraron mediante un tamiz de 63  $\mu\text{m}$  recolectando el agua en un frasco de vidrio de 250 ml, además se añadió 20 ml de agua oxigenada al 30% para la eliminación de materia orgánica luego se enmarcó cada frasco con su respectiva muestra partiendo del punto uno al punto tres para luego guardarlos en un lugar seco y oscuro como lo indica Capparelli et al. (2021).

### **11.2.8 Tratamiento de las muestras**

Las muestras tomadas en los frascos de vidrio de 250 ml se dejaron secar a una temperatura de 60°C durante 24 horas, luego se agregó una solución de peróxido de hidrógeno al 30% y se colocó en un agitador magnético a 200 rpm y a una temperatura de 60°C por 2 horas según lo indica Hombre y Territorio (HyT) (2019), los microplásticos fueron filtrados en un filtro de 0.22  $\mu\text{m}$  con un proceso de filtración al vacío, debido a la presencia de sólidos en suspensión se sometió a una separación por densidad utilizando 15 ml de solución saturada de cloruro de sodio, posteriormente se dejó reposar por 24 horas para luego filtrar con el filtro de 0,45  $\mu\text{m}$  en una filtración al vacío y se almacenó en cajas Petri para su respectiva identificación.

### **11.2.9 Identificación de microplásticos**

En la identificación inicial de microplásticos se tomó como referencia las metodologías de (Hombre y Territorio (HyT), 2019) y (Capparelli et al., 2021), se utilizó

preferentemente el estereoscopio y otras vías directas e indirectas de verificación. Toda la información obtenida se trasladó a una hoja de registro.

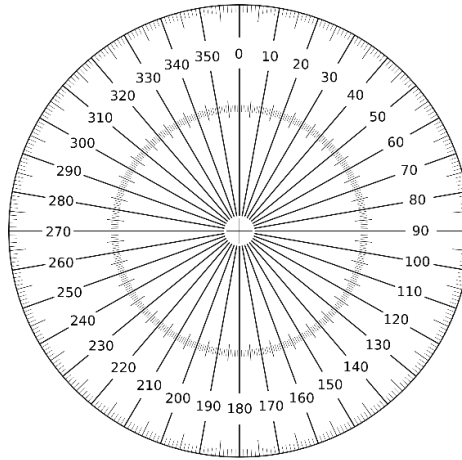
Para identificar microplásticos bajo lupa primero se deberá saber qué aspecto tienen los diferentes tipos de elementos que se pueden encontrar, qué aspecto tienen y qué son otras cosas que nos podemos encontrar en el filtro (pequeñas rocas, algas, restos de vegetación, invertebrados o restos de ellos), que obviamente no son microplásticos, por lo que la persona que lo realiza debe estar bien formada y/o tener un catálogo de descarte.

El filtro se colocó en el soporte bajo la lupa y antes de fijarlo se le realizará una marca con rotulador negro que marcará el norte ( $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ) para guiarnos en la identificación, este punto marcará el origen de referencia para la localización de elementos a analizar, y corresponderá con el cero-360 de la hoja de laboratorio.

La búsqueda y el conteo de microplásticos se realizó por todo el filtro: para ello se usará la guía del punto inicial de referencia marcado y, siguiendo el grillado, se fue realizando barridos de izquierda a derecha: al llegar al final se bajó y se prosigue el análisis de derecha a izquierda: este método de búsqueda en paralelo o zig zag asegurar la total revisión de la muestra y una forma efectiva de no perder la orientación.

Al localizar un elemento, este se identificó previamente mediante los 6 tipos generales que son (fibra, fragmento): para ello previamente se deberá descartar que no es una roca, resto de animal (individuo o parte de rotífero, molusco, crustáceo, escama de pez) o vegetal (individuo o colonia de algas, fragmento de planta superior), con una guía de descarte.

Si el elemento es indudablemente un derivado plástico este se señaló su ubicación: para ello utilizamos el sistema sexagesimal (grados), teniendo un punto de referencia norte (nuestro origen marcado con el rotulador) se situó cualquier elemento teniendo en cuenta su orientación y distancia respecto al centro, en rumbos imaginarios que parten del centro hacia fuera. El fragmento se podrá ser localizado aproximadamente en el diagrama de la celda final.

**Figura 3***Sistema sexagesimal.**Nota sistema sexagesimal para localización de microplásticos.*

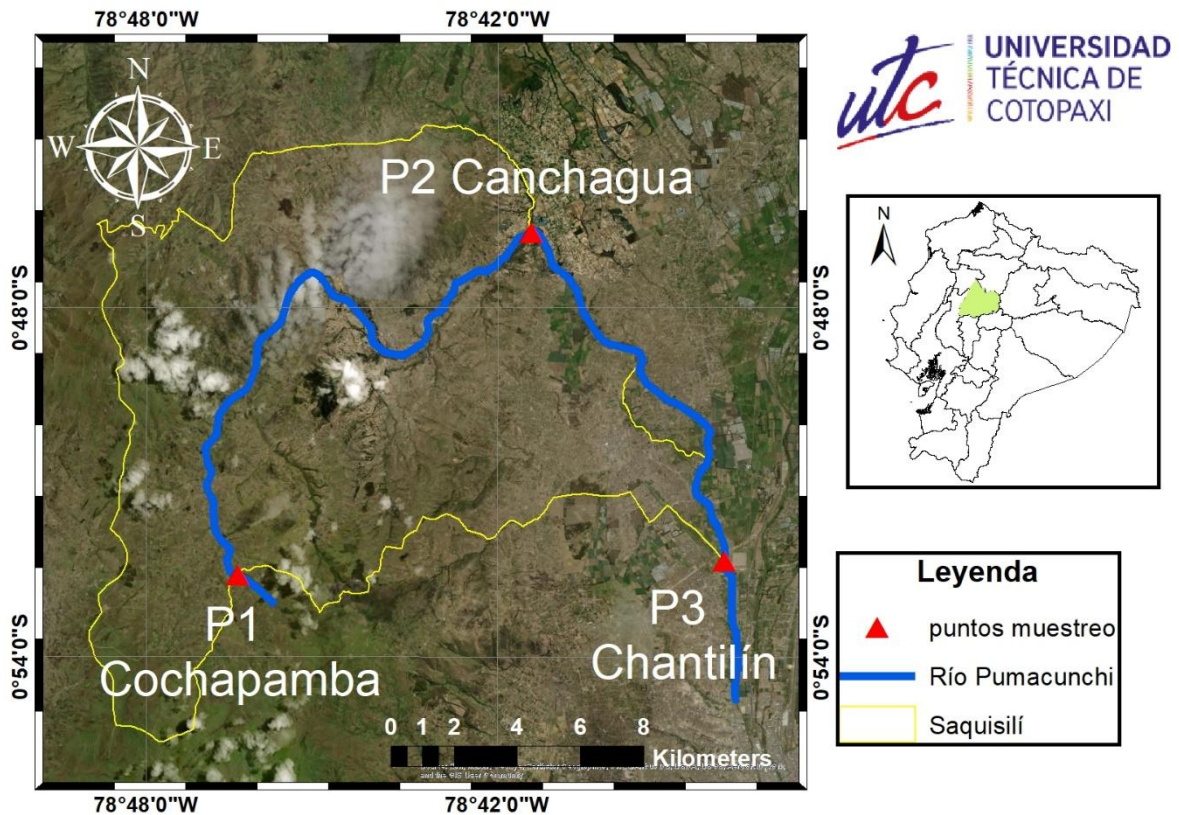
- Tras finalizar el recuento, se colocó el filtro en su placa y se archivó en lugar fresco y seco.

### **CAPÍTULO III**

## **12 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

### **12.1 Descripción de la zona de estudio**

En la visita in situ se tomó las coordenadas y se estableció puntos estratégicos en partes más accesibles, se logró obtener la ubicación actual de los tres puntos: en la parte alta la parroquia de Cochapamba, en la parte media la parroquia Canchagua y en la parte baja la parroquia Chantilín que conforman el trayecto del río Pumacunchi. Con la ayuda de las coordenadas tomadas se logró georreferenciarlas en un mapa elaborado en el software ArcGIS como se indica en la figura 4.

**Figura 4***Puntos georreferenciados*

La exploración e identificación de las fuentes de contaminación en los puntos de muestreo para realizar la respectiva investigación fue de suma importancia ya que se pudo identificar su procedencia de contaminantes antropogénicos por diferentes actividades como la ganadería, agricultura, desechos sólidos y descargas de aguas residuales.

El P1 ubicado en la parroquia de Cochapamba representa la parte alta del trayecto del río para el estudio, en esa zona se pudo evidenciar la presencia de ganado ovino, vacuno y la agricultura y son considerados como actividades que alteran la calidad del agua.

El P2 de la parroquia de Canchagua ubicado en la parte media del trayecto del río se evidenció grandes cantidades de desperdicios sólidos y presencia de ganado vacuno, en las orillas del río de igual manera se encontró más desechos sólidos domésticos esto se debe a que la gente no tiene buenas prácticas ambientales sobre la disposición de los desechos que son generados tanto en el hogar como en las actividades agropecuarias.

El P3 ubicado en la parroquia de Chantilín parte baja del río evidencio actividades antrópicas ganaderas y agrícolas, también se logró percibir el olor de putrefacción que proviene de

animales muertos que son arrojados en el río actividades que alteran la calidad de agua del río. Los puntos de muestreo se describen en la tabla 7, de igual manera los resultados de los respectivos análisis se muestran en el anexo A tabla 14 y 15.

Para la aplicación del índice canadiense CCME\_WQI se consideró la normativa ecuatoriana del Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 1, tabla 3 y 4 que recoge los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola, La FAO con los Estándares internacionales de calidad ambiental que trata de calidad ambiental de riego de vegetales y bebida de los animales, El Ante proyecto de la norma de calidad para protección de las aguas continentales superficiales de Chile con el criterio en aguas destinadas para el riego irrestricto y el Decreto supremo N°015-2015-MINAM categoría 3 Estándares Calidad Ambiental de Perú, utilizamos los 10 parámetros entre ellos arsénico, nitratos, turbidez, DBO, DQO, oxígeno disuelto, Nitratos como NO<sub>3</sub>, conductividad eléctrica, SDT y pH, de los cuales se consideró 9 parámetros ya que para la aplicación de este índice se necesita tener los límites máximos permisibles (LMP), pero en el parámetro de turbidez no se logró definir el LMP.

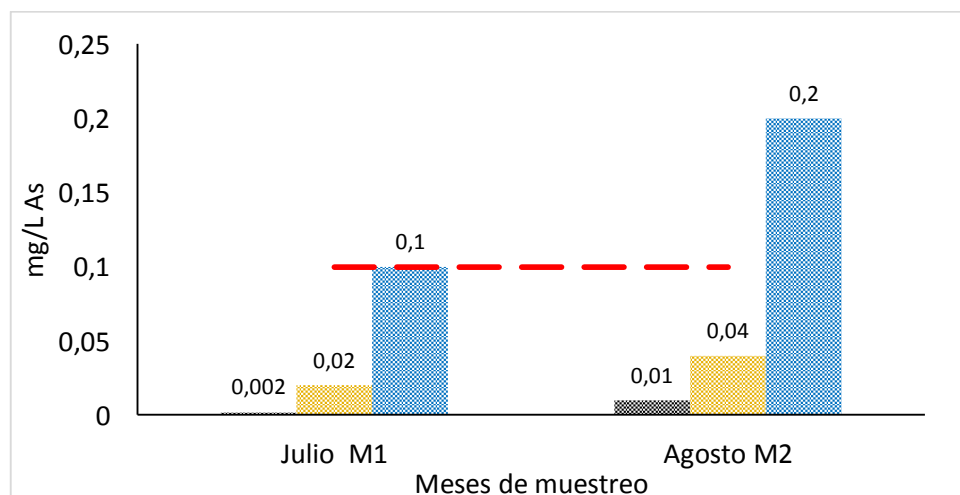
## 12.2 Concentración de parámetros físicos-químicos

### 12.2.1 Arsénico (As)

Se evaluaron las concentraciones de arsénico con el LMP de la normativa ecuatoriana del Acuerdo Ministerial 097-A, Libro VI, Anexo 1, tabla 3 y 4 que indica que la concentración máxima de arsénico es de 0.1 mg/L, los resultados reflejan que en el M1 cumple con los LMP, a diferencia del M2 en el P3 el valor que excede el As es de 0.2 mg/L, tal como lo representa en la figura 5.

**Figura 5**

*Concentración de Arsénico.*

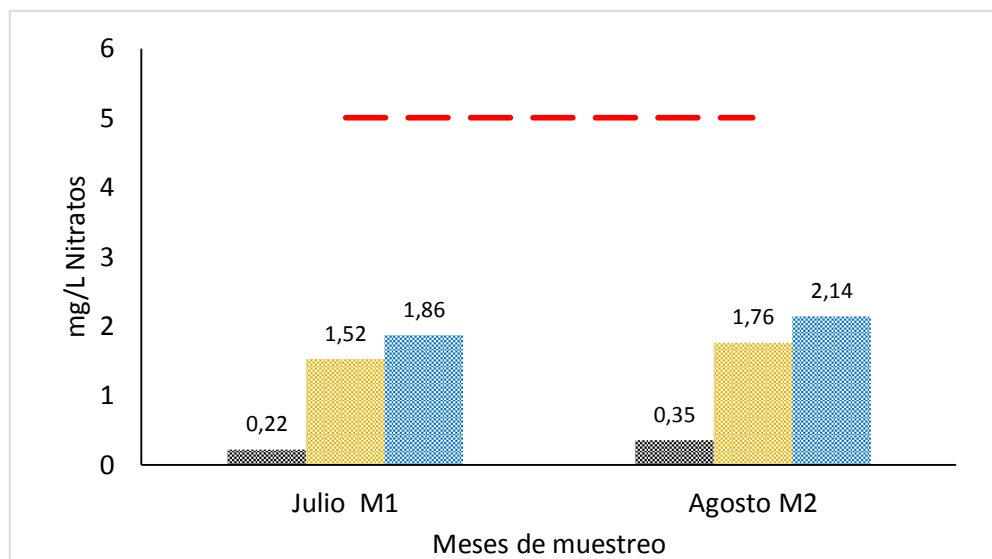


### 12.2.2 Nitratos

Se evaluaron las concentraciones de Nitratos con el LMP de la FAO con los Estándares internacionales de calidad ambiental que trata de calidad ambiental de riego de vegetales y bebida de los animales que indica que la concentración máxima de Nitratos es <5 mg/L, ambos muestreos reflejan una baja concentración de nitratos lo cual cumplen con los LMP establecido en la normativa; tal como lo representa en la figura 6.

**Figura 6**

*Concentración de Nitratos.*

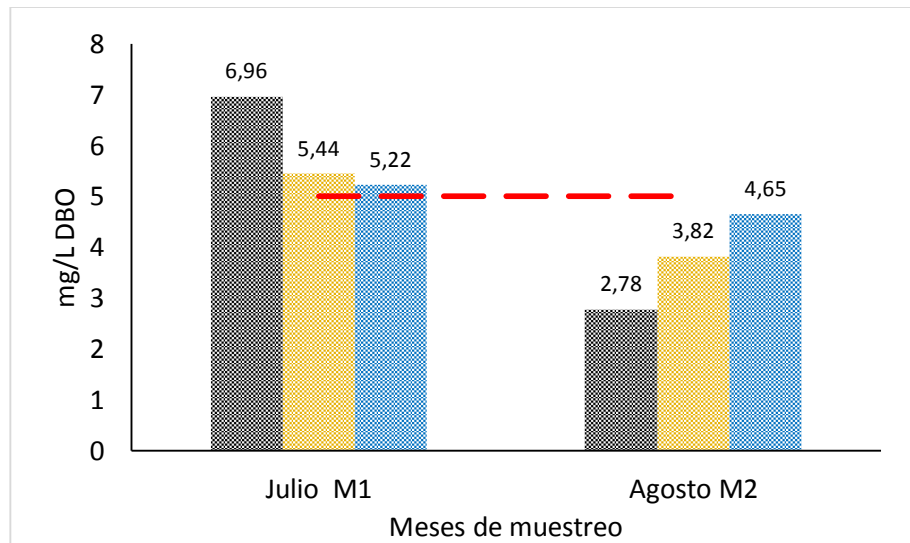


### 12.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Los resultados de los análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno se observan que en el M1 en los puntos: P1 (6.96 mg/L); P2 (5.44 mg/L); P3 (5.22 mg/L) exceden con los LMP que está establecido en el Ante proyecto de la norma de calidad para protección de las aguas continentales superficiales de Chile con el criterio en aguas destinadas para el riego irrestricto que establece que 5 mg/L es LMP, a diferencia del M2 que cumple con los LMP; tal como se representa en la figura 7.

**Figura 7**

*Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).*

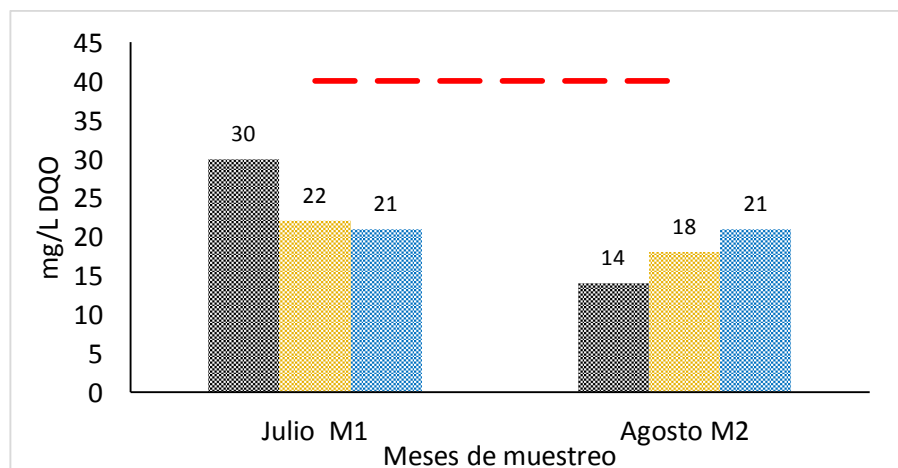


#### 12.2.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno fue analizada en M1 y M2 en donde se obtuvieron concentraciones bajas como se muestra en la figura. Ambos puntos cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 que establece 40 mg/L de concentración máxima estos datos se representan en la figura 8.

**Figura 8**

*Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO).*



#### 12.2.5 Oxígeno Disuelto

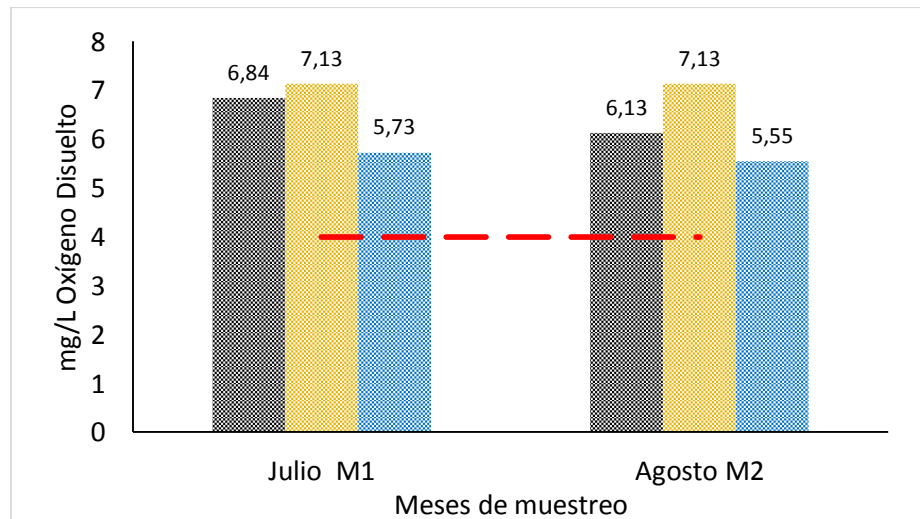
El Oxígeno Disuelto fue analizado en ambos muestreos, se obtuvieron concentraciones altas, en el M1 en los puntos: P1 (6.84 mg/L); P2 (7.13 mg/L); P3 (5.73 mg/L) sobrepasan los LMP, de igual manera en el M2 en los puntos: P1 (6.13 mg/L); P2 (7.13



mg/L); P3 (5.55 mg/L) sobrepasan los LMP como se muestra en la figura 9. La concentración máxima es de 4 mg/L como indica el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3.

**Figura 9**

*Concentración de Oxígeno Disuelto.*

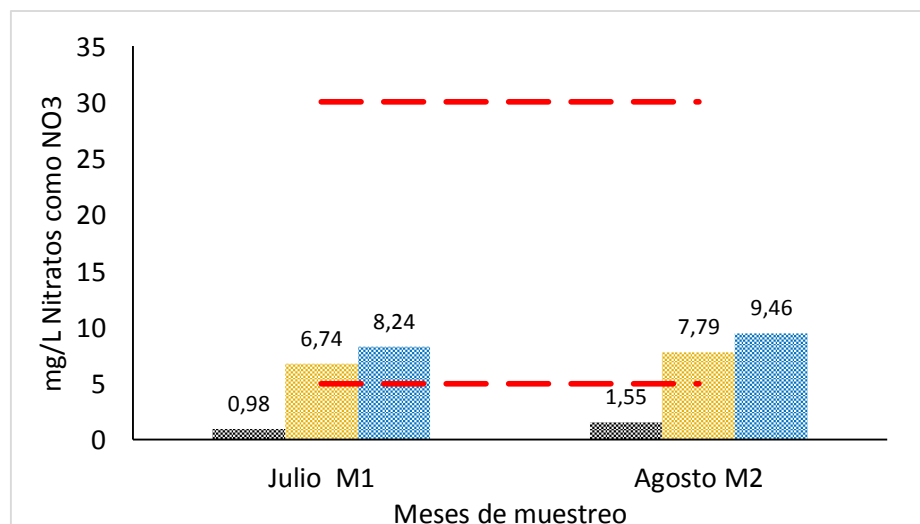


### 12.2.6 Nitratos como $\text{NO}_3$

En el análisis de nitratos como  $\text{NO}_3$  se evidencio en M1 y M2 tienen la concentración que se encuentran en los LMP como se muestra en la figura 10, ya que el Estándar de Calidad Ambiental categoría 3 establece que la concentración de nitratos como  $\text{NO}_3$  debe ser de 5.0-30.0 mg/L.

**Figura 10**

*Concentración de Nitratos como  $\text{NO}_3$ .*

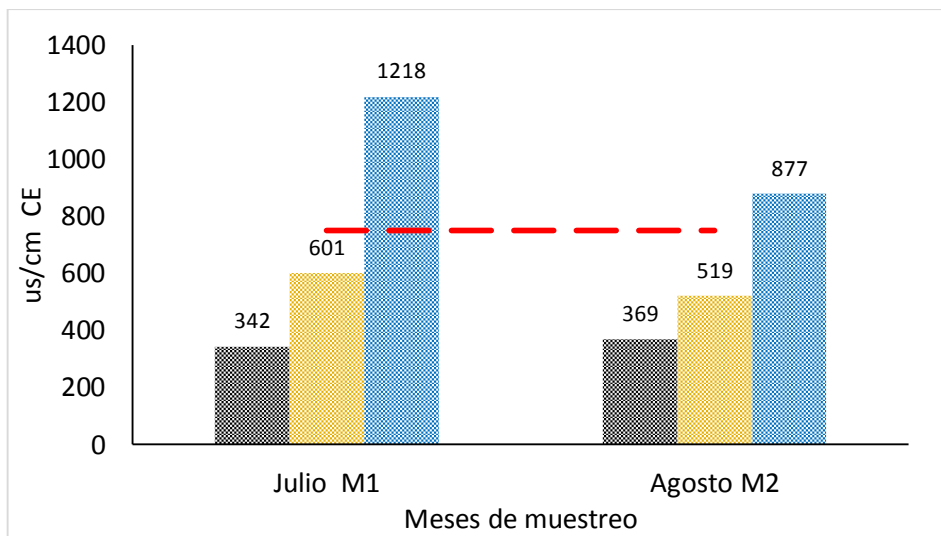


### 12.2.7 Conductividad Eléctrica (CE)

La Conductividad Eléctrica fue analizada en donde M1 en el P3 (1218 us/cm) y M2 en el P3 (877 us/cm) se logra evidenciar que ambos puntos sobrepasan los LMP como se indica en la figura 11. Se utilizó el Anteproyecto de la norma de calidad para protección de las aguas continentales superficiales de Chile con el criterio en aguas destinadas para el riego irrestricto que establece una concentración máxima de 750 us/cm.

**Figura 11**

*Concentración de Conductividad Eléctrica.*

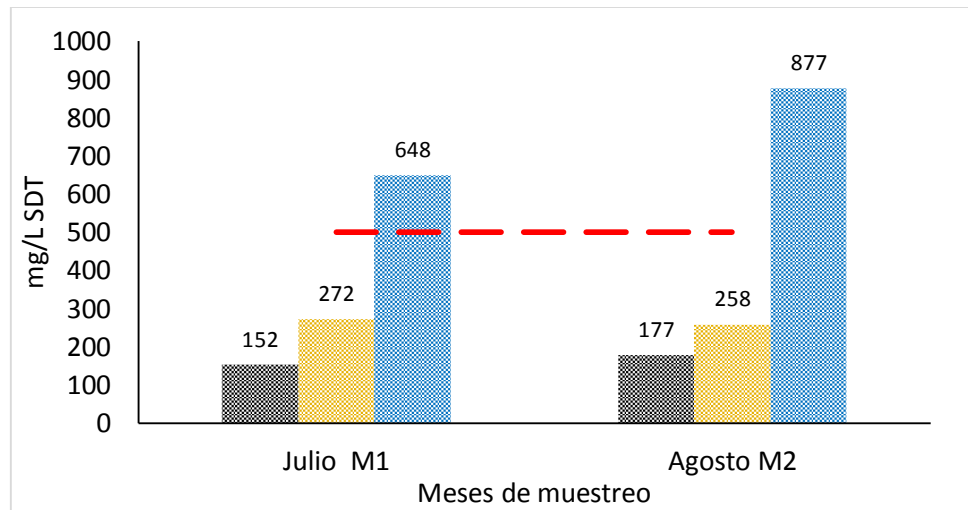


### 12.2.8 Sólidos Totales Disueltos (SDT)

Los sólidos totales disueltos fueron analizados en donde M1 en el P3 (648 mg/L) y M2 en el P3 (877 mg/L) reflejan el resultado que sobrepasan los LMP como se muestra en la figura 12. Ambos puntos de muestreo fueron comparados con la concentración máxima del Ante proyecto de la norma de calidad para protección de las aguas continentales superficiales de Chile con el criterio en aguas destinadas para el riego irrestricto el cual establece que 500 mg/L es la concentración máxima.

**Figura 12**

*Concentración de Sólidos Totales Disueltos (SDT).*

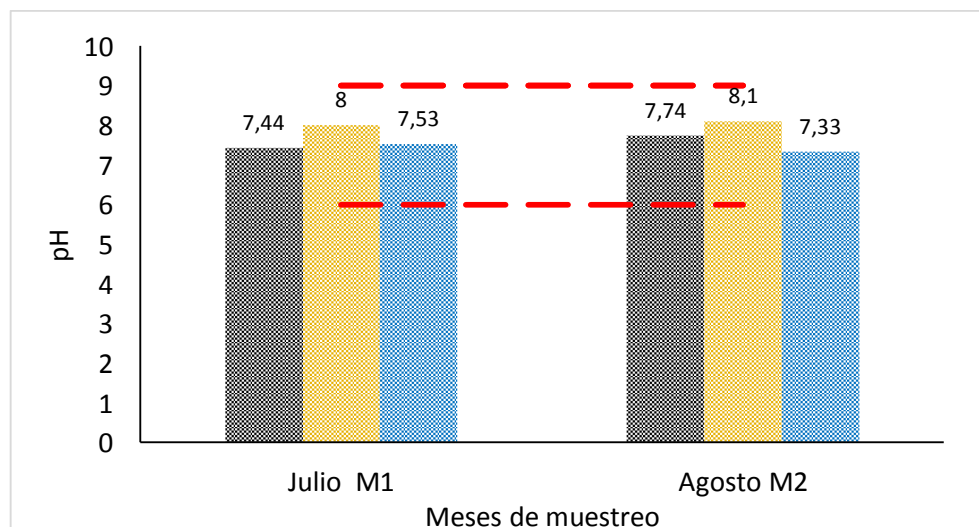


### 12.2.9 Potencial de Hidrógeno (pH)

Los resultados de los análisis del potencial de hidrógeno en M1 y M2 reportan que se encuentran dentro del rango (6.5-9) establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3. Las concentraciones de las muestras se pueden visualizar en la figura 13.

**Figura 13**

*Concentración de Potencial de Hidrógeno (pH).*



### 12.3 Índice CCME\_WQI

Los resultados obtenidos del primer muestreo refleja que en el río Pumacunchi el punto P1, Cochapamba posee un puntaje de 74 situándose en la calidad de agua regular que especifica “la calidad de agua presenta deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los

niveles deseables”, el P2, Canchagua poseen un puntaje de 81 que se sitúa en la calidad de agua buena “es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables”, mientras que, en el P3, Chantilín con un valor de 63 que se ubica en una calidad de agua marginal que representa “la calidad de agua es frecuentemente amenazada o deteriorada, a menudo las condiciones se apartan de los niveles deseables”. Para el segundo muestreo los puntos P1, Cochapamba y P2, Canchagua poseen un puntaje de 90 que se sitúa en la calidad de agua buena “es frecuentemente deteriorada o amenazada, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables” y el P3 Chantilín con un valor de 71 que representa una calidad de agua regular que especifica “la calidad de agua presenta deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables”, evidenciados en la tabla 9 y figura 14.

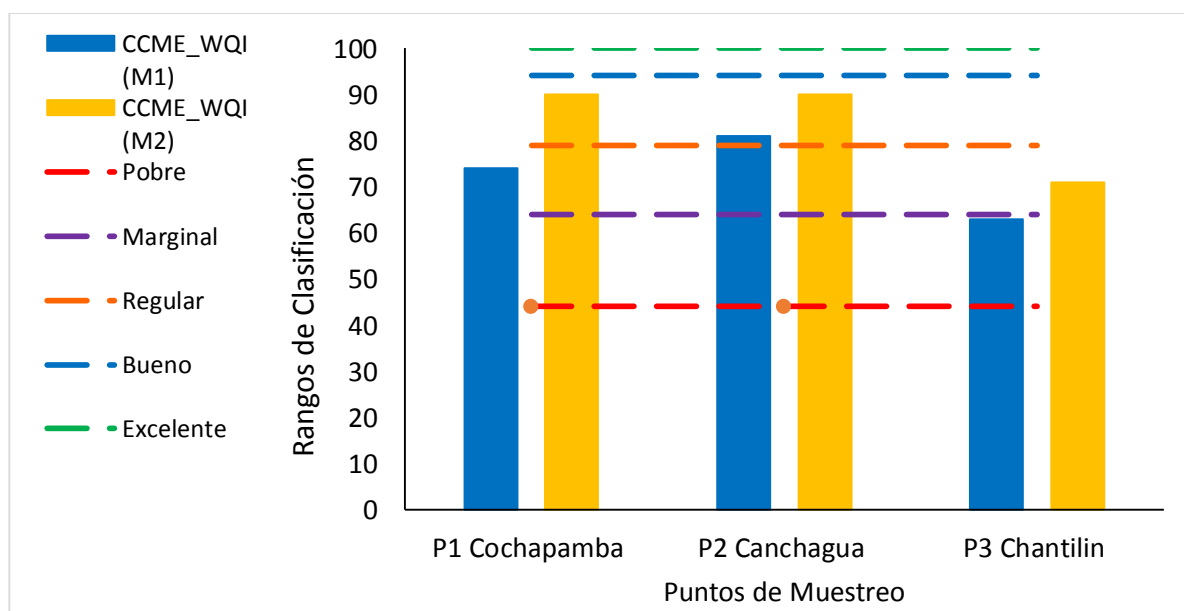
**Tabla 9**

*Clasificación de la calidad de agua de los tres puntos del río Pumacunchi.*

PUNTOS	M1	M2
P1 Cochapamba	74	90
P2 Canchagua	81	90
P3 Chantilín	63	71

**Figura 14**

*Clasificación de la calidad del agua de los tres puntos del río Pumacunchi.*



En el primer muestreo de los tres puntos el índice de calidad CCME\_WQI refleja un rango marginal y regular esto se debe a que hubo más concentración de los parámetros DBO, Oxígeno disuelto, Conductividad Eléctrica y Sólidos Totales Disueltos esto se debe que existe materia orgánica en el agua y demasiada salinidad lo cual implica toxicidad por los minerales, metales y compuestos químicos por las actividades agrícolas que utilizan todo tipo de químicos para el control y prevención de plagas los cuales se encuentran en el suelo que llegan al agua por medio de la infiltración y también por el mal manejo de desechos sólidos que llegan al río, estos contaminantes afectan a la cadena trófica ya que el agua del río Pumacunchi es utilizada para riego en donde estos minerales, metales y químicos son transportados a los cultivos los cuales sirven para consumo humano. En el segundo muestreo los tres puntos el índice de calidad CCME\_WQI refleja un rango regular y bueno esto implica ya que no hubo tanta concentración en algunos parámetros pero sí se pudo evidenciar la concentración de arsénico esto se debe al producto del arrastre de sedimentos de altas concentraciones provenientes de afloramiento geológico ricos en minerales de arsénico pero también influye a la actividad antrópica ya que algunos productos químicos como los plaguicidas que utilizan en la agricultura (Ortega, 2018). Esto implica la intervención de contaminación de manera antrópica por las malas prácticas ambientales, mal manejo de desechos sólidos, por las descargas de alcantarillados que no cumplen con el debido tratamiento y las actividades agrícolas lo que indica que al haber un crecimiento demográfico a futuro la calidad de agua llegará a pobre la cual no serviría para riego de los cultivos.

#### **12.4 Resultados Microplásticos**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los muestreos de microplásticos realizados en el río Pumacunchi.

##### **12.4.1 Caracterización de microplásticos**

Para la caracterización de microplásticos fue realizada según su morfología, en los dos muestreos realizados a continuación se muestran los resultados para cada punto de muestreo.

En el primer muestreo se presenciaron microplásticos en los 3 puntos analizados como se pueden representar en la tabla 10.

#### **Tabla 10**

*Clasificación de microplásticos por morfología muestreo 1(M1).*

---

**M1 Punto 1 Cochapamba**

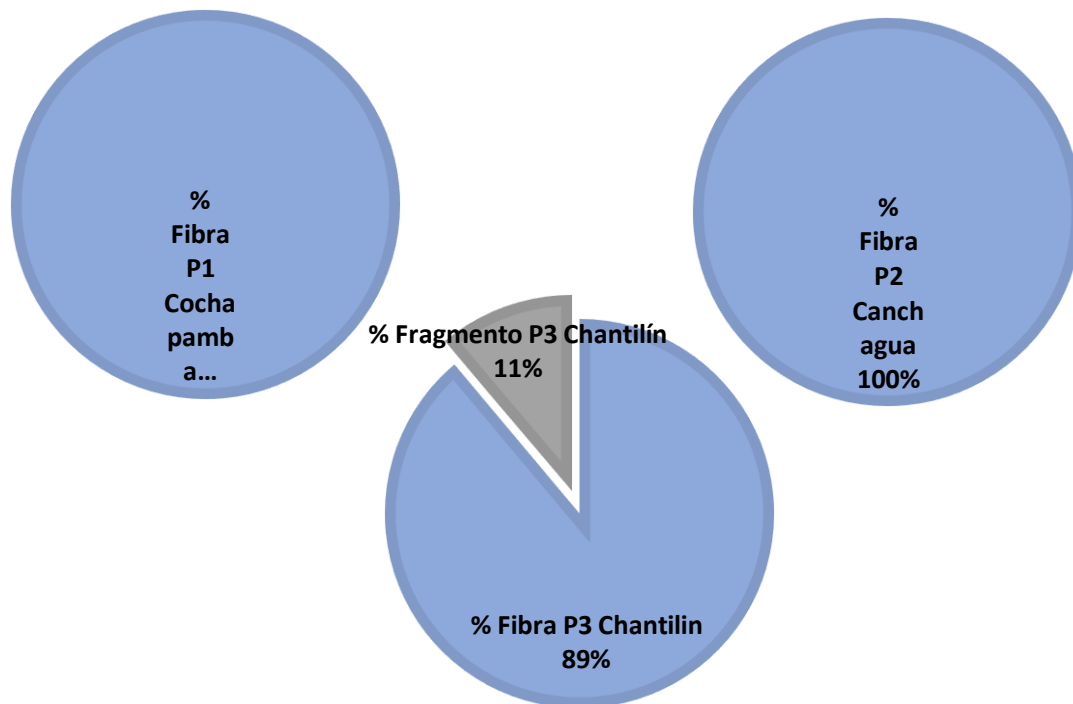
---

Microplásticos	Fibra	Fragmento
	22	0
M1 Punto 2 Canchagua		
Microplásticos	Fibra	Fragmento
	17	0
M1 Punto 3 Chantilín		
Microplásticos	Fibra	Fragmento
	32	4

Los resultados obtenidos de la tabla 10 fueron representados en la figura 15 que se presenta a continuación:

**Figura 15**

*Porcentaje de microplásticos encontrados muestreo 1.*



De acuerdo a la figura 15 se evidencio que en el punto 3 correspondiente a la parte baja del río Pumacunchi existió presencia de microplásticos con morfología tipo fragmento en un 13% y un 87% correspondiente a microfibras del punto en mención siendo el único punto que presenta fragmentos de microplásticos ya que en los puntos 1 y 2 que corresponden a la parte alta y media del río se evidencio que en su 100% son fibras.

En el segundo muestreo en la parte alta media y baja del río Pumacunchi se evidencio la presencia de microplásticos la cantidad para cada punto se representa en la tabla 11.

**Tabla 11**

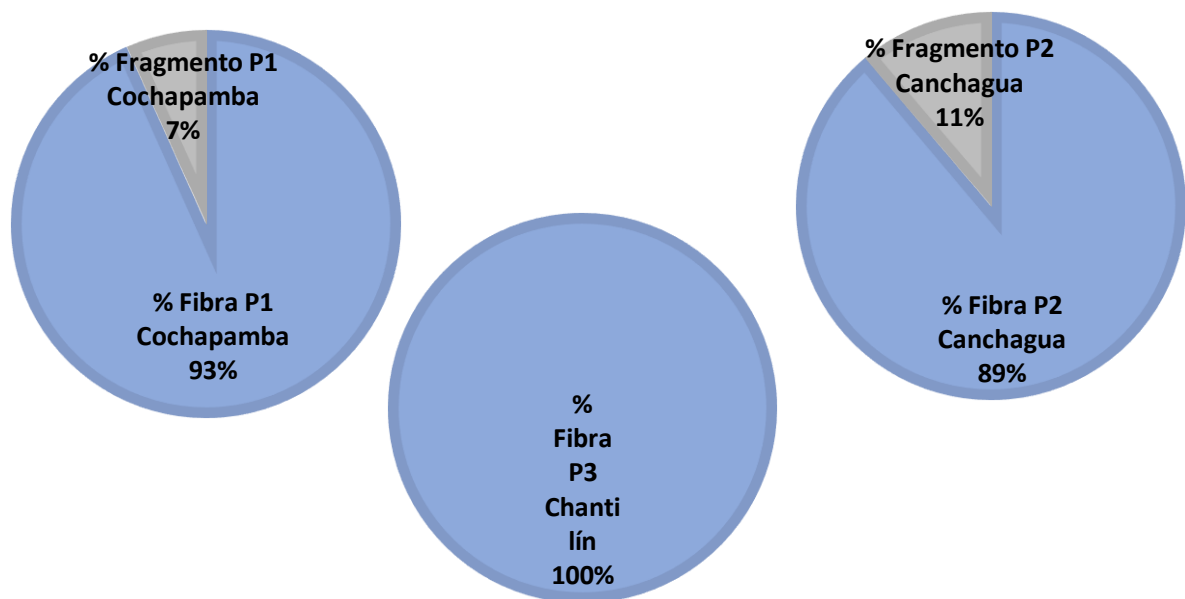
*Clasificación de microplásticos por morfología muestreo 2 (M2).*

M2 Punto 1 Cochapamba		
Microplásticos	Fibra	Fragmento
	14	1
M2 Punto 2 Canchagua		
Microplásticos	Fibra	Fragmento
	8	1
M2 Punto 3 Chantilín		
Microplásticos	Fibra	Fragmento
	21	0

De igual manera para el muestreo número 2 los resultados de la tabla 11 fueron similares como se puede observar en la figura 16

**Figura 16**

*Porcentaje de microplásticos encontrados muestreo 2.*

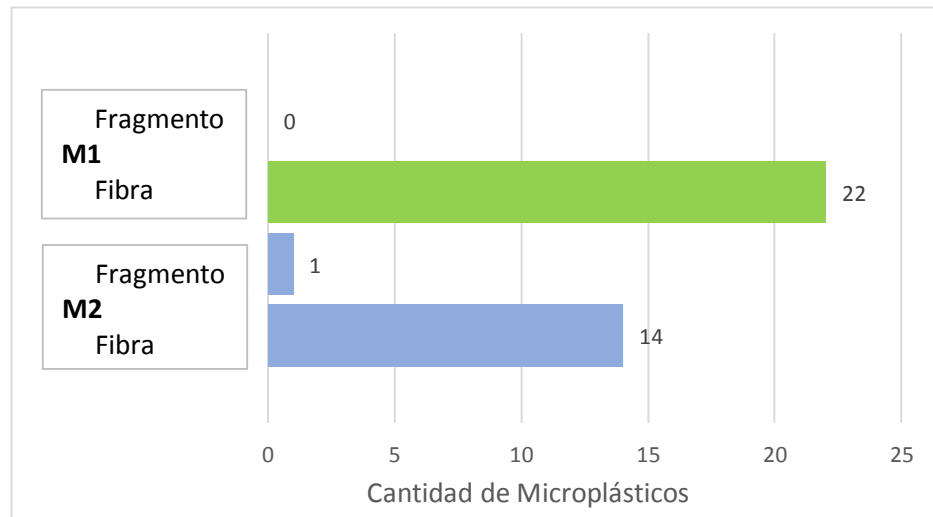


Según la figura 16 de igual manera las microfibras son las que predominan y representan que el 93% corresponde a microplásticos con morfología tipo fibra y el 7 % corresponde a fragmentos de microplásticos en el punto 1 y para el punto 2 el 89% concierne a fibras de microplásticos y el 11% corresponde a fragmentos de microplásticos identificados, sin embargo, a diferencia del primer muestreo el punto 3 no presentó ninguna presencia de fragmentos y obtuvo que el 100 % de microplásticos analizados en el punto en mención son fibras.

En la figura 17 se representa la cantidad de microplásticos encontrados en los dos muestreos para la parte alta del río Pumacunchi.

**Figura 17.**

*Número de microplásticos de los dos muestreos punto 1.*

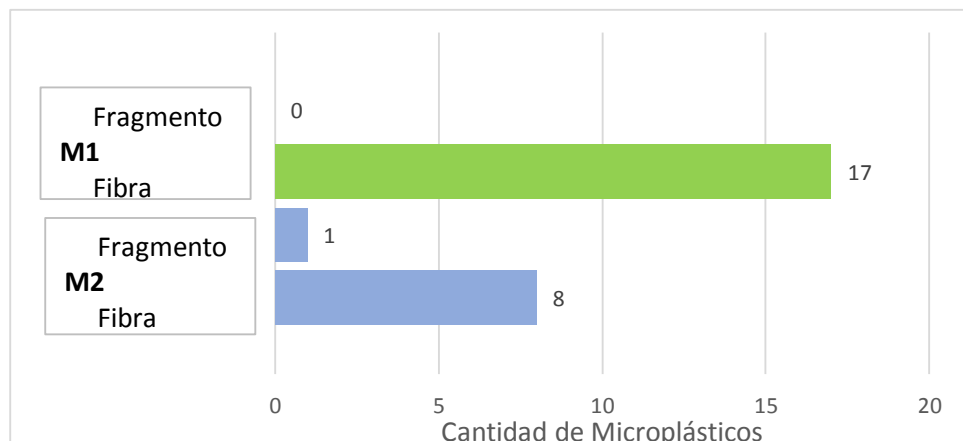


De los dos muestreos realizados para el punto 1 se logró encontrar 0 fragmentos y 22 fibras en el muestreo 1 y en el muestreo 2 se identificó 14 fibras y 1 fragmento, siendo en el muestreo 1 el que tiene más presencia de microplásticos en forma de fibra sin embargo hubo una presencia de fragmento en el segundo muestreo los datos; los resultados son representados en la figura 17.

En la figura 18 se representa la cantidad de microplásticos encontrados en los dos muestreos para la parte media del río Pumacunchi.

**Figura 18**

*Número de microplásticos de los dos muestreos punto 2.*



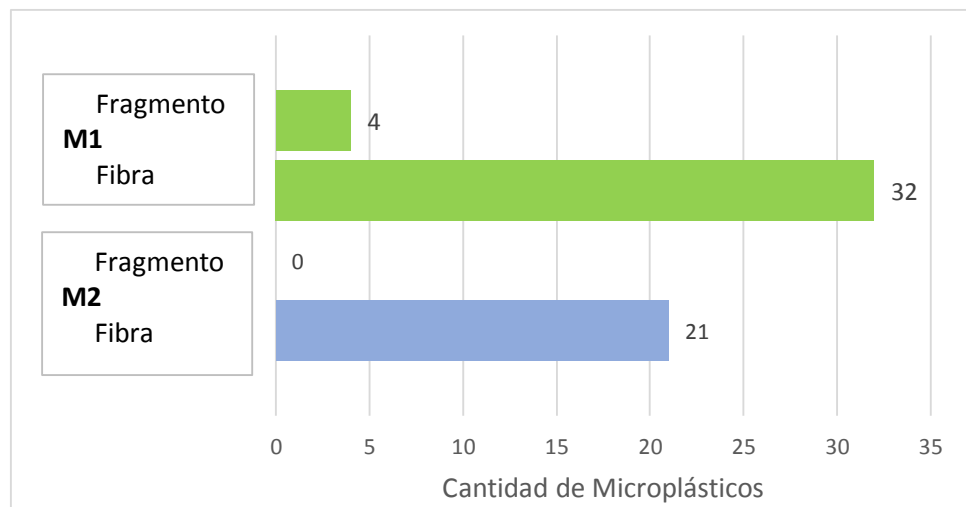


Para el punto 2 se identificó 17 fibras y 0 fragmentos en el primer muestreo y en el segundo muestreo se identificó 8 fibras y un fragmento, de igual manera el muestreo 1 presentó una mayor presencia de microplásticos en forma de fibra tales como se representan la figura 18.

En la figura 19 se representa la cantidad de microplásticos de los dos muestreos parte baja.

**Figura 19**

*Número de microplásticos de los dos muestreos punto 3.*




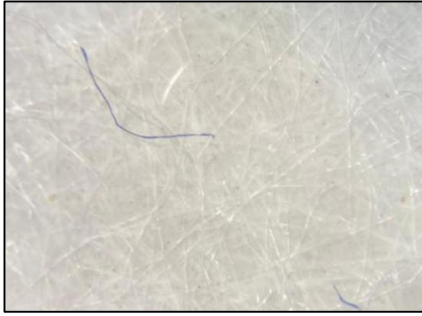



Por último, en el Punto 3 se identificó 32 fibras y 4 fragmentos en el primer muestreo y en el segundo muestreo se obtuvo que 21 microplásticos observados corresponden a morfología tipo fibra y no existió presencia de fragmentos, predominando los microplásticos en forma de fibra.







En el primer muestreo (M1) se ha identificado un total de 71 fibras y 4 fragmentos, en el segundo muestreo (M2) se logró identificar 43 fibras y 2 fragmentos. Como se puede observar las fibras son las que predominan en los dos análisis de microplásticos, las cuales probablemente provienen de textiles y lavadoras domésticas, así como de la degradación de las redes de pesca, y suelen ser el principal tipo de contaminación microplástica que se encuentra en los ambientes acuáticos.

En la tabla 12 se muestran las diferentes formas de microplásticos obtenidos mediante el proceso de microfiltración.

Tabla 12

*Formas de microplásticos identificados.*

<b>Punto</b>	<b>Filtro 0,22 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Filtro 0,45 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Descripción</b>
<b>Punto 1</b>			
Muestra 1			En la muestra 1 Se observó microplásticos en forma de fibra dentro de los dos filtros.
Muestra 2	<b>No se encontró presencia de microplásticos</b>		Para la muestra dos en el filtro de 0,22 $\mu\text{m}$ no se presentó presencia de microplásticos sin embargo en el filtro de 0,45 $\mu\text{m}$ si hubo presencia de microplásticos.
<b>Punto 2</b>	<b>Filtro 0,22 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Filtro 0,45 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Descripción</b>
Muestra 1			Para el segundo punto M1 se logra observar microplásticos en forma de fibra.

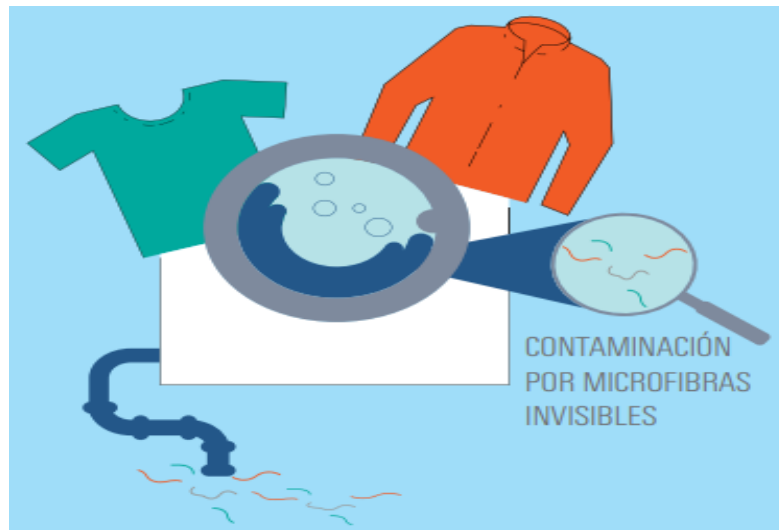
Muestra 2			Para el punto dos M2 hubo presencia de microplásticos en forma de fibra y fragmentos.
<b>Punto 3</b>	<b>Filtro 0,22 µm</b>	<b>Filtro 0,45 µm</b>	<b>Descripción</b>
Muestra 1			En el Punto 3 M1 existió presencia de fibras así como también de fragmentos
Muestra 2			En el M2 punto 3 solo existió presencia de fibras

### 12.5 Posible origen

Los microplásticos textiles son los más comunes; se estima que representan más del 85% de los microplásticos en los océanos y alrededor, Son residuos con forma de hilos alargados. Éstos provienen del deterioro de las fibras sintéticas como el poliéster y por lo tanto son microplásticos secundarios (Vázquez, 2019). Una posible ruta de llegada de los microplásticos de fibra al río Pumacunchi es de las lavadoras de la población desechando agua residual doméstica, en caso de haber plantas de tratamiento estas las recibirán y posteriormente las descargas irían al río Pumacunchi.

**Figura 20**

*Contaminación de microfibras de aguas residuales domésticas.*



*Nota.* (Vázquez, 2019).

### **13 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

#### **13.1 Sociales**

Recientemente se ha dado a conocer a través de diferentes investigaciones la presencia de microplásticos en sangre humana, en heces de animales y en zonas recónditas como el monte Everest. Por tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación representan un gran aporte para la sociedad puesto que su difusión a través del repositorio digital de la UTC servirá concientizar a los usuarios acerca del uso o mal uso de los plásticos.

#### **13.2 Tecnológico**

En el Ecuador, no existe una metodología de análisis estandarizada para la identificación de microplásticos en cuerpos de aguas. La metodología empleada en la presente investigación es innovadora, fue de gran ayuda para este análisis ya que obtuvimos resultados muy buenos con base a esto la implementación de la misma podría ayudar de manera más práctica a futuras investigaciones a nivel mundial.

#### **13.3 Ambientales**

Por medio del presente proyecto se contribuyen datos que sirven a la gestión sostenible del recurso hídrico, identificando elementos que alteran la composición del agua de tal forma la presencia de microplásticos que modifican negativamente al ambiente y a la productividad agrícola. La calidad de agua se ve afectada por las actividades antropogénicas como aguas servidas residuales, disposición final de residuos, agroquímicos, malas

prácticas ambientales de igual forma al existir presencia de microplásticos en el recurso hídrico afectan a la cadena trófica ya que son portadores de químicos, metales pesados y microorganismos patógenos, son causantes de los efectos fitotóxicos sobre los cultivos en donde los contaminantes son transferidos a los alimentos que son consumidos por la población afectando a la salud humana.

#### 14 PRESUPUESTO

**Tabla 13**

*Presupuesto para la elaboración del proyecto.*

<b>RECURSOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR UNITARIO (USD)</b>	<b>VALOR TOTAL (USD)</b>	
<b>HUMANO</b>	Investigadores				
	Tutora				
<b>TECNOLÓGICO</b>	Multiparámetros	1	\$ 45,00	\$ 45,00	
	Internet	1	\$ 18,00	\$ 18,00	
	Laptops	2	\$ 00,00	\$ 00,00	
<b>OFICINA</b>	Resmas de papel	1	\$ 4,50	\$ 4,50	
	Esferos	5	\$ 0,75	\$ 3,75	
	Libreta	3	\$ 0,90	\$ 2,70	
<b>OTROS</b>	Análisis de parámetros.	1	\$ 508,44	\$ 508,44	
	Filtro de membrana de GVS de Nylon 47mm x 0.22 µm.	1	\$ 117,04	\$ 117,04	
	Filtro de membrana de GVS de Nylon 47mm x 0.45 µm.	1	\$ 164,92	\$ 164,92	
	Peróxido de Hidrógeno al 30%.	1	\$ 114,00	\$ 114,00	
	Frasco ámbar.	3	\$ 7,00	\$ 21,00	
	Tamiz de 63 µm.	1	\$ 70,00	\$ 70,00	
	Empastado.	1	\$ 15,00	\$ 15,00	
	<b>SUBTOTAL</b>				\$ 1.084,35
	<b>10 % DE IMPREVISTOS</b>				\$ 108,44
<b>TOTAL</b>				\$1.192,79	

## **15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **15.1 Conclusiones**

La exploración de la zona nos permitió seleccionar los puntos estratégicos en donde consideramos la accesibilidad para la toma de muestras, características del cuerpo de agua donde se seleccionó lugares con corriente de agua y lugares vadeables, también se observó residuos sólidos que a su vez nos permitieron reconocer las fuentes contaminantes a base de las actividades antropogénicas que por lo general en la observación de la visita in situ se determinó que son la ganadería, agricultura y la presencia de desechos plásticos, además se obtuvo las coordenadas para la georreferenciación de los tres puntos de muestreo en un mapa elaborado en el software ArcGIS.

Los análisis de los 10 parámetros fisicoquímicos tomando en cuenta que el parámetro de turbidez no se consideró para los análisis de resultados ya que no existe un LMP para riego, los 9 parámetros analizados solo 5 parámetros (Arsénico, DBO, Oxígeno Disuelto, CE y SDT) muestran que sobrepasan de los LMP de acuerdo a normativa nacional y las normativas internacionales que sirvieron como umbral para determinar los LMP bajo los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola, en los dos muestreos.

Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los LMP fueron empleadas en las ecuaciones para determinar el índice de calidad de agua (CCME\_WQI) en los dos muestreos realizados, ayudaron a establecer la calidad de agua del río Pumacunchi obteniendo los resultados de los tres puntos de muestreo con los siguientes índices: 82, 86, y 67 que se encuentran en el índice de calidad regular es decir aguas contaminadas o deterioradas.

Según los resultados obtenidos en la parte alta, media y baja del río Pumacunchi se identificó la presencia de microplásticos en donde se evidencio que en los dos muestreos realizados en su mayoría el tipo de microplásticos que predominó son los de morfología tipo fibra caracterizando el 100% de su presencia en los puntos 1 y 2 del primer muestreo y el 3 del segundo muestreo. Además de la presencia de microplásticos con morfología tipo fibra, en el punto 3 del primer muestreo y el punto 1 y 2 del segundo muestreo se observó que existen microplásticos con morfología tipo fragmento, pero en pequeñas cantidades.

Basado en revisiones bibliográficas la presencia de microplásticos tipo fibra y tipo fragmento pueden tener su origen en textilerías que no tienen un buen manejo de sus aguas residuales, así como también en las actividades domésticas de las poblaciones aledañas a los ríos.

## **15.2 Recomendaciones**

Realizar muestreos periódicos en horarios diferentes para obtener una alta concentración de los parámetros considerados a muestrear.

Implementar dos o más índices de calidad de agua para verificar y comparar los resultados que se obtuvieron del índice de calidad de agua (CCME\_WQI).

Aumentar la frecuencia de muestreo y el número de puntos a analizar con el propósito de obtener datos más robustos sobre la presencia de microplástico en el agua analizada. Así mismo, para futuras investigaciones se recomienda continuar investigando y enfocándose en la identificación de microplásticos en los distintos ríos de la provincia de Cotopaxi.

Se recomienda hacer una práctica de la identificación de microplásticos en los laboratorios de la UTC como mecanismo de educación ambiental a los estudiantes de la facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales.

Socializar los resultados a las comunidades y autoridades competentes del cantón Saquisilí, para que busquen alternativas para reducir la contaminación en el río Pumacunchi.

## 16 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2020, diciembre). RESIDUOS PLASTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFIO DE LA ECONOMIA CIRCULAR (N.o 16). [https://www.researchgate.net/publication/347495209\\_Microplásticos\\_Macroproblemas](https://www.researchgate.net/publication/347495209_Microplásticos_Macroproblemas)
- Academia mexicana de ciencias. (2022). Contaminación por microplásticos. *Revista de la academia mexicana de ciencias*, 73(2). [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73\\_2/PDF/Ciencia\\_73-2.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/Ciencia_73-2.pdf)
- Acosta, G., Carillo, D., & Caballero, J. (2022). Microplásticos en agua y en organismos. *ciencia*, 73(2), 14. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73\\_2/PDF/04\\_73\\_2\\_1431\\_Microplásticos\\_Agua.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/04_73_2_1431_Microplásticos_Agua.pdf)
- Antúñez, A., & Guanoquiza, L. (2019, febrero). *La contaminación ambiental en los acuíferos del Ecuador*. Revista Visión Contable. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Cabrejos, J. (2018, mayo). *EVOLUCIONES DEL NIVEL ESTÁTICO Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE, PERIODO 1996–2014*. Universidad Nacional «Pedro Ruiz Gallo». <http://repositorio.unprg.edu.pe:8080/bitstream/handle/20.500.12893/2286/BC-TES-TMP-1157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calo, A. M., & Guerrero, F. D. (2019, septiembre). *Evaluación de la calidad del agua del río Capelo* (N.º 72). Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20476>
- Capparelli, V., Molinero, J., Moulatlet, M., Barrado, M., Prado, S., Cabrera, M., Gimiliani, G., Ñacato, C., Pinos, V., & Cipriani, I. (2021, 20 octubre). *Microplásticos en ríos y aguas costeras de la provincia de Esmeraldas, Ecuador*. ELSEVIER. Recuperado 31 de agosto de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/355477470\\_Microplastics\\_in\\_rivers\\_and\\_coastal\\_waters\\_of\\_the\\_province\\_of\\_Esmeraldas\\_Ecuador?enrichId=rgreq-beaef99d89fdb79bd6b20619f43b6734-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1NTQ3NzQ3MDtBUzoxMDgxNzEzMTc4NDg0NzQ4MzQ3MTE5Mjc2Mzc%3D&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/355477470_Microplastics_in_rivers_and_coastal_waters_of_the_province_of_Esmeraldas_Ecuador?enrichId=rgreq-beaef99d89fdb79bd6b20619f43b6734-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1NTQ3NzQ3MDtBUzoxMDgxNzEzMTc4NDg0NzQ4MzQ3MTE5Mjc2Mzc%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf)



- Castellanos, B. J. P. (2017). *El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales | Cuadernos de Contabilidad*. SCIELO. Recuperado 29 de agosto de 2022, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuacont/article/view/2368>
- Cerillo, A. (2019). Descubren que los microplásticos también se desplazan a través del aire. *Tu Huella*. <https://www.lavanguardia.com/natural/tu-huella/20190415/461658948127/descubren-microplasticos-desplazan-traves-aire.html>
- Cuvi, M. A., & Ruiz, D. A. (2022, marzo). *Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021–2022*. Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8544>
- Changoluisa, B., & Quishpe, A. (2019, noviembre). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES EN EL RÍO PUMACUNCHI PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019–2020*. (N.º 101). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Chura, C. R. A. (2020, 17 septiembre). *Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión*. Universidad Peruana Union. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3297>
- De la Cruz, P., Silva, E., & Inca, J. (2017, septiembre). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE MEDIANTE EL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y CROMO*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3594>
- Donoso, J., & Ríos, B. (2020, 22 junio). *Microplásticos en ríos andinos tropicales: una perspectiva desde una cuenca ecuatoriana altamente poblada sin tratamiento de aguas residuales*. ScienceDirect. Recuperado 31 de agosto de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020311464>
- Drummond, J., Schneidewind, U., Li, A., Hoellein, T., Krause, S., & Packman, A. (2022, 12 enero). *Microplastic accumulation in riverbed sediment via hyporheic exchange from headwaters to mainstems*. SCIENCE ADVANCES. Recuperado 31 de julio de 2022, de <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abi9305>
- El ciclo del agua y la resiliencia de los ecosistemas | Universidad de Lima*. (s. f.). Universidad de Lima. Recuperado 9 de junio de 2022, de <https://www.ulima.edu.pe/en/node/19828>

- Escudero, C., & Cortez, L. (2018). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. (Vol. 1). UTMACH, 2018. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodoscualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
- Espinoza, K. (2020, octubre). Evaluación de la calidad de agua y metales traza del río Jubones en el cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49924>
- Fernández, G. L., & Tuso, W. S. (2020, septiembre). *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población de Mulaló, provincia de Cotopaxi*. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19175>
- Guerra, J. (2020, septiembre). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA EL USO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L) CANTÓN DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GUERRA%20PACHECO%20JAIME%20FRANCISCO.pdf>
- Guerra, B. P., & Echeverría, A. (2022). *Evaluación de la Calidad de Agua Para Riego en Unidades Productivas Agrícolas en el Departamento de Sucre, Colombia*. (N.º 84). Universidad de la Costa. <https://hdl.handle.net/11323/9226>
- Gutiérrez, S. E. (2019, noviembre). *Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF* (N.º 95). Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20243>
- Gutierrez, V. (2018, diciembre). *Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno – 2018* (N.º 95). UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN.
- Hernández, I. (2018, julio). *MONITOREO AUTOMATIZADO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA pH, TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD*. Universidad Autónoma Metropolitana. <http://hdl.handle.net/11191/6926>
- Hernández, E., & Pérez, D. (2018, junio). *EVALUACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO TECATE*. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/5125/1/TIJ129572.pdf>
- Hombre y Territorio (HyT). (2019). *PROTOCOLO PARA LA PLANIFICACIÓN, MUESTREO, ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN RÍOS*.

- <https://proyectolibera.org/storage/recursos/protocolo-muestreo-analisis-microplasticos-rios-proyecto-libera-hyt-web.pdf>
- INEC. (2010). *Población y Demografía* [Conjunto de datos]. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col. (2019, 17 mayo). *Aguas subterráneas y superficial | Publicaciones*. Recuperado 8 de junio de 2022, de [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/agua\\_subterranas\\_y\\_superficial\\_29](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/agua_subterranas_y_superficial_29)
- Kooi, M., Besseling, E., Kroeze, C., van Wezel, A. P., & Koelmans, A. A. (2018). Modeling the Fate and Transport of Plastic Debris in Freshwaters: Review and Guidance. En M. Wagner & S. Lambert (Eds.), *Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants?* (pp. 125-152). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5_7)
- Lacerot, G., Lozoya, J. P., & Teixeira De Mello, F. (2020). Plásticos en ecosistemas acuáticos: presencia, transporte y efectos. *Ecosistemas*, 29(3). <https://doi.org/10.7818/ecos.2122>
- Lascano, L. O., & Muñoz, A. J. (2020, febrero). *Identificación de diatomeas epilíticas asociadas al índice trófico de calidad del agua del río Yanayacu, provincia de Cotopaxi, periodo septiembre 2019 - febrero 2020*. Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6655>
- León, C. J. A. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales (Spanish Edition)* (2.<sup>a</sup> ed.). Ecoe Ediciones.
- Manrique, N. (2017). *SIMULACIÓN MATEMÁTICA DE LA INTERACCIÓN ENTRE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) Y EL OXÍGENO DISUELTO (OD) EN EL RÍO CHILI CON EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4109>
- Ordoñez, C. G., & Yáñez, S. G. (2018). Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura (año 2017). Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15142>
- Ordoñez, C. G., Cuaspud, E. P., & Paredes, K. V. (2017). Determinación del índice de calidad del agua de la quebrada de Yaznán, Río Blanco, Río Puluvi y Río Guachalá del cantón

- Cayambe (N.o 58). Universidad Central del Ecuador.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13428>
- Ortega, G. S. (2018, mayo). *Metales pesados (as, cd, hg, pb) en la capa arable del ámbito de influencia de la relavera Chahuapampa en San Miguel de Utcuyacu, Cátac, Ancash, 2016*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.  
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2365>
- Palacios, R., & Velastegui, L. (2020, agosto). Evaluación de la Calidad del Agua del Consumo Humano en la Comunidad San Rafael, Provincia de Pichincha (N.o 127). Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21047>
- Pasquini, A. (s. f.). *Recursos Hídricos Superficiales*. ACADEMIA. Recuperado 8 de junio de 2022, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40171958/Recursos\\_Hdricos\\_Superficiales20151119-22486-are56s-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654749547&Signature=dpp8ito5m92Qa8CPdlh~YOUu-tn7yff5uMEtE6q6iCSSHh5cKC~BmJZCKtdy5pJ-YHByfzP2XtIHPiRHpBiStgK0vEZgNAIzRq-FvZfl-4Mnb-CaJFn1JucI8UucLkouR55~Zn9Ricb96bowblyHzeeD1x7d1bGw~cWd8BZXGUNx~TBsj17RX7QJ~3AIgYDp1ilTGyXFeB1eHupBnITJJKQBnwuqijJ-GppT7A8A5POQrb3hoxml023HIKfyYYLAIXsn4IhmWhDJo4y~w3Pzylw-Wy5-O9KdO62a9M9FF1AEi9ZvvX0O30Eiq3f1P8YA~MtJFGBvC4U3FXHMqG~iQ\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40171958/Recursos_Hdricos_Superficiales20151119-22486-are56s-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654749547&Signature=dpp8ito5m92Qa8CPdlh~YOUu-tn7yff5uMEtE6q6iCSSHh5cKC~BmJZCKtdy5pJ-YHByfzP2XtIHPiRHpBiStgK0vEZgNAIzRq-FvZfl-4Mnb-CaJFn1JucI8UucLkouR55~Zn9Ricb96bowblyHzeeD1x7d1bGw~cWd8BZXGUNx~TBsj17RX7QJ~3AIgYDp1ilTGyXFeB1eHupBnITJJKQBnwuqijJ-GppT7A8A5POQrb3hoxml023HIKfyYYLAIXsn4IhmWhDJo4y~w3Pzylw-Wy5-O9KdO62a9M9FF1AEi9ZvvX0O30Eiq3f1P8YA~MtJFGBvC4U3FXHMqG~iQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Pastor, C., & Agulló, D. (2019b). PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN AGUAS Y SU POTENCIAL IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA. *Rev Esp Salud Pública*, 93, 1–2. [https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL93/C\\_ESPECIALES/RS93C\\_201908064.pdf](https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL93/C_ESPECIALES/RS93C_201908064.pdf)
- Pazos, R., & Gomez, N. (2021). *Estudio de microplásticos en la columna de agua, sedimento intermareal y biota residente en la costa del estuario del Río de la Plata (Franja Costera Sur)*. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/116621/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/116621/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pilaguano, K. M. (2020, febrero). *Determinación de la calidad del agua del río Jambelí, con bioindicadores (macroinvertebrados) en la parroquia el Chaupí cantón Mejía periodo 2019–2020*. Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6792>

- Porras, M. (2021). CARACTERIZACIÓN DE MICRO Y MESOPLÁSTICOS Y SU ASOCIACIÓN CON BIOPELÍCULAS EN EL HUMEDAL GUALÍ (FUNZA, CUNDINAMARCA).  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/58262/TESIS%20REVISADA.%20ALEJANDRA%20PORRAS%20R.pdf?sequence=2>
- Plasencia, C. Y. (2022, mayo). Evaluación de la concentración de metales pesados en el agua de riego de Carquín chico, Distrito de Hualmay, 2020. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/6249>
- Quishpe, S. (2022, marzo). EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO YANAYACU UBICADO EN EL CANTÓN SALCEDO PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2021–2022 (N.o 96). Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8583>
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Robles, A. R. (2021, noviembre). Diagnóstico de la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca hidrográfica Pucara mediante el cálculo del índice de calidad de agua ( ICA-PE) para el período (2012–2020) y propuesta de medidas de manejo ambiental. Universidad Católica Santa María. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12920/11307>
- Rodrigo, N. M. (2020). Determinación grado de contaminación por metales pesados generados por la actividad minera artesanal; para evaluar la calidad del agua del río Quiroz sector San Sebastián- Pampa Larga –Suyo-Piura. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Rodríguez, E. M. R. (2017, 21 junio). Lineamientos teóricos y metodológicos de la investigación cuantitativa en ciencias sociales | Rivadeneira Rodríguez | In Crescendo. Universidad Nacional de Educación, Ecuador. Recuperado 21 de agosto de 2022, de <http://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/1505>
- Rojo, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. <http://hdl.handle.net/10553/56275>
- Salazar, M. (2022, 5 abril). La invasión del plástico: las micropartículas también se acumulan en sedimentos de los ríos. *Noticias ambientales*. Recuperado 31 de julio de 2022, de <https://es.mongabay.com/2022/04/plastico-en-sedimentos-de-rios-contaminacion/>

- Sigler, A., & Bauder, J. (2017). *Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales*. Well Educated. Recuperado 9 de junio de 2022, de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)
- Sucapuca, R. K. (2022, febrero). Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú). Universidad Peruana Unión. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/5313>
- Tekman, M., Andreas, B., Corina, P., Gutow, L., & Bergmann, M. (2022). *IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN LOS OCÉANOS SOBRE LAS ESPECIES, LA BIODIVERSIDAD Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS*. [https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/impactos\\_de\\_la\\_contaminacion\\_por\\_plasticos\\_en\\_los\\_oceanos\\_\\_\\_wwf.pdf](https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/impactos_de_la_contaminacion_por_plasticos_en_los_oceanos___wwf.pdf)
- USGS. (2017, 29 agosto). *La Ciencia del Agua para Escuelas: Calidad del Agua*. Recuperado 8 de junio de 2022, de <https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>
- Vázquez, G. (2019). Los microplásticos textiles (o la increíble historia de cómo tu suéter termina en el salero). *CIENCIA*, 70(1), 4–5. [https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/70\\_1/PDF/Microplásticos.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/70_1/PDF/Microplásticos.pdf)
- Vickers, N. J. (2017). Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current biology*, R713-R715
- Velázquez, A. (2018, 6 noviembre). ¿Qué es la investigación no experimental? QuestionPro. Recuperado 23 de agosto de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/>

## 17 ANEXOS.

## ANEXO A. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Tabla 14

Resultados y su comparación con los LMP de normativas nacionales e internacionales.

PARÁMETROS		MUESTREO 1				
		Fecha de muestreo:		5/7/2022	5/7/2022	5/7/2022
		Sitio de muestreo:		P1 Cochapamba	P2 Canchagua	P3 Chantilín
		Unidad	LMP	Resultado	Resultado	Resultado
Arsénico	As	mg/L	0,1	0,002	0,02	0,1
Nitratos		mg/L	<5	0,22	1,52	1,86
Turbidez		NTU		6,55	91,2	40,2
DBO	DBO	mg/L	5	6,96	5,44	5,22
DQO	DQO	mg/L	40	30	22	21
Oxígeno disuelto		mg/L	4	6,84	7,13	5,73
Nitratos como NO3		mg/L	5,0-30,0	0,98	6,74	8,24
Conductividad Eléctrica	CE	us/cm	750	342	601	1218
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/L	500	152	272	648
pH		pH	6,5-9	7,44	8	7,53
LMP	Cumple					
	No cumple					
	Ninguno					
Grados de Restricción	Ninguno					
	Ligero					
	Moderado					
	Severo					

Tabla 15

Resultados y su comparación con los LMP de normativas nacionales e internacionales.

PARÁMETROS		MUESTREO 2				
		Fecha de muestreo:		2/8/2022	2/8/2022	2/8/2022
		Sitio de muestreo:		P1 Cochapamba	P2 Canchagua	P3 Chantilín
		Unidad	LMP	Resultado	Resultado	Resultado
Arsénico	As	mg/L	0,1	0,01	0,04	0,2
Nitratos		mg/L	<5	0,35	1,76	2,14
Turbidez		NTU		69,5	29,1	40,8
DBO	DBO	mg/L	5	2,78	3,82	4,65
DQO	DQO	mg/L	40	14	18	21
Oxígeno disuelto		mg/L	4	6,13	7,13	5,55
Nitratos como NO3		mg/L	5,0-30,0	1,55	7,79	9,46
Conductividad Eléctrica	CE	us/cm	750	369	519	877
Sólidos Totales Disueltos	SDT	mg/L	500	177	258	441
pH		pH	6,5-9	7,74	8,1	7,33
Grado de Restricción	Cumple					
	No cumple					
	Ninguno					
Grados de Restricción	Ninguno					
	Ligero Moderado					
	Severo					



**Tabla 16**

*Resultados de la calidad del agua con el índice CCME\_WQI. Correspondiente a los muestreos 1 y 2 del río Pumacunchi.*

MUESTREOS	FACTORES DEL CALCULO	P1	P2	P3
		Cochapamba	Canchagua	Chantilín
MUESTREO 1	Alcance (F1)	22,22	22,22	44,44
	Frecuencia (F2)	22,22	22,22	44,44
	Amplitud (F3)	31,84	8,82	13,43
CCME_WQI		74	81	63
MUESTREO 2	Alcance (F1)	11,11	11,11	33,33
	Frecuencia (F2)	11,11	11,11	33,33
	Amplitud (F3)	5,59	8	14,75
CCME_WQI		90	90	71

## ANEXO B. RESULTADOS DE LABORATORIO MUESTREO 1

### Figura 21

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 1 Cochapamba.



#### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-268

Pág. 1 de 3

USUARIO:	Santiago Tipán UTC		
PERSONA DE CONTACTO:	Santiago Tipán		
DIRECCIÓN:	Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0969031752	Email: <a href="mailto:Santiago.tipan4438@utc.edu.ec">Santiago.tipan4438@utc.edu.ec</a>
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	06/07/2022	11H30	OT: 22-080
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	06/07/2022	a	11/07/2022
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	19/07/2022		

#### 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-22-268	Agua Natural	Punto 1	Cocha Pamba	05/07/2022	08H20	No Reporta
<b>Observaciones / Condición de recepción de la muestra</b>						
La muestra para DBO5 presenta burbuja.						

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena

### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-268

Pag. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	1,788 <sup>(a)</sup>
Nitratos <sup>(b)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	0,22 <sup>(a)</sup>
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	6,55
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	6,96 <sup>(1)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	30
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,84
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	0,98

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

\*<sup>(a)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*

\*<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

\*<sup>(b)</sup> Nitratos está expresado como N\*

Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio



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

Figura 22

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 2 Canchagua.



## INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-269

Pág. 1 de 3

USUARIO:	Santiago Tipán UTC			
PERSONA DE CONTACTO:	Santiago Tipán			
DIRECCIÓN:	Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0969031752	Email:	<a href="mailto:Santiago.tipan4438@utc.edu.ec">Santiago.tipan4438@utc.edu.ec</a>
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	06/07/2022	11H30	OT:	22-080
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	06/07/2022	a	11/07/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	19/07/2022			

## 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-22-269	Agua Natural	Punto 2	Canchagua	05/07/2022	12H24	No Reporta
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
La muestra para DBO presenta burbuja.						

## REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005\*

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica



Autorizado por:

Dra. Jeanneth Cartanena



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-269

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	15,588
Nitratos <sup>(B)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,52
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	91,20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	5,44 <sup>(1)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	22
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	7,13
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>*</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	6,74

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

<sup>(B)</sup> Nitratos está expresado como N\*

Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio



## Figura 23

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 3 Chantilín.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de  
Aguas y Sedimentos

### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-270  
Pág. 1 de 3

<b>USUARIO:</b>	Santiago Tipán UTC			
<b>PERSONA DE CONTACTO:</b>	Santiago Tipán			
<b>DIRECCIÓN:</b>	Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara			
<b>TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:</b>	No Reporta	0969031752	<b>Email:</b>	<a href="mailto:Santiago.tipan4438@utc.edu.ec">Santiago.tipan4438@utc.edu.ec</a>
<b>MÉTODO DE MUESTREO:</b>	No Aplica			
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:</b>	06/07/2022	11H30	<b>OT:</b>	22-080
<b>LUGAR DE ANÁLISIS:</b>	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	06/07/2022		a	11/07/2022
<b>FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:</b>	19/07/2022			

#### 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-22-270	Agua Natural	Punto 3	Chantilín	05/07/2022	02H35	No Reporta
<b>Observaciones / Condición de recepción de la muestra</b>						
La muestra para DBO presenta burbuja, la muestra para arsenico no esta conservada presenta pH 7.						

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

  
**DR. JEANETH CARTAGENA**  
 LABORATORIO NACIONAL  
 DE CALIDAD DE AGUA  
 Y SEDIMENTOS - LANCAS

Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena  
**Coordinador de Laboratorio**



## INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-270

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	93,159 <sup>(1)</sup>
Nitratos <sup>(2)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,86
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	40,20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	5,22 <sup>(1)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	21
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	5,73
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>*</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	8,24

### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

<sup>(2)</sup> Nitratos está expresado como N\*

Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio



## ANEXO C. RESULTADOS DE LABORATORIO MUESTREO 2

### Figura 24

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 1 Cochapamba.



#### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

Nº. 22-320

Pág. 1 de 3

USUARIO:	Santiago Tipán			
PERSONA DE CONTACTO:	Jonathan Narváez			
DIRECCIÓN:	Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	NR	0969031752	Email:	<a href="mailto:santiago.tipan4439@utc.edu.ec">santiago.tipan4439@utc.edu.ec</a>
MÉTODO DE MUESTREO:	NA			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	02/08/2022	15H02	OT:	22-096
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	02/08/2022	a	07/08/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	15/08/2022			

#### 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-22-320	Agua Natural	Punto 1	Cochapamba	02/08/2022	07H49	NR
<b>Observaciones / Condición de recepción de la muestra</b>						
Los parámetros: Nitratos, Turbidez, DBO <sub>5</sub> , DQO y Oxígeno Disuelto no cumplen con la temperatura de conservación requerida (5±0,5°C), la temperatura de la muestra al momento del ingreso es 8,5°C.						

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.


El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

  
 Autorizado por:  
 Dra. Jeaneth Cartagena  
 Coordinadora de Laboratorio



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-320

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	12,574
Nitratos <sup>(2)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	0,35 <sup>(2)(1)</sup>
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	69,50 <sup>(1)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	2,78 <sup>(2)(1)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	14 <sup>(2)(1)</sup>
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,13 <sup>(1)</sup>
Nitratos como NO3*	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,55 <sup>(1)</sup>

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

<sup>(2)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

<sup>(2)</sup> Nitratos está expresado como N\*



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

Figura 25

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 2 Canchagua.

INAMHI INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA LANCAS Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos						
INFORME DE RESULTADOS						
RC38-06			N°. 22-321 Pág. 1 de 3			
USUARIO:		Santiago Tipán				
PERSONA DE CONTACTO:		Jonathan Narváez				
DIRECCIÓN:		Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara				
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:		NR	0969031752	Email:	<a href="mailto:santiago.tipan4438@utc.edu.ec">santiago.tipan4438@utc.edu.ec</a>	
MÉTODO DE MUESTREO:		NA				
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:		02/08/2022	15H02	OT:	22-096	
LUGAR DE ANÁLISIS:		LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea				
FECHA DE ANÁLISIS:		02/08/2022	a	07/08/2022		
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:		15/08/2022				
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:</b>						
Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-321	Agua Natural	Punto 2	Canchagua	02/08/2022	09H24	NR
<b>Observaciones / Condición de recepción de la muestra</b>						
Los parámetros: Nitratos, Turbidez, DBO <sub>5</sub> , DQO y Oxígeno Disuelto no cumplen con la temperatura de conservación requerida (5±0.5°C), la temperatura de la muestra al momento del ingreso es 8,5°C.						
<b>REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:</b>						
<p>*Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005*</p> <p>El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.</p> <p>Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.</p> <p>Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.</p> <p>El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.</p> <p>El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.</p> <p>NR: No Reporta NA: No Aplica</p>						
 Autorizado por: Dra. Jeaneth Cartagena Coordinadora de Laboratorio 						

### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-321

Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	38,968
Nitratos <sup>(*)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,76 <sup>(1)</sup>
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	29,10 <sup>(1)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	3,82 <sup>(*)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	18 <sup>(*)</sup>
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	7,13 <sup>(1)</sup>
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	7,79 <sup>(1)</sup>

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

<sup>(\*)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*

<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

<sup>(2)</sup> Nitratos está expresado como N\*

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

Figura 26

Resultados de análisis Físico-Químico del punto 3 Chantilín.

LANCAS						
Laboratorio Nacional de Calidad de Aguas y Sedimentos						
INFORME DE RESULTADOS						
RC38-06				N°. 22-322		
				Pág. 1 de 3		
USUARIO:		Santiago Tipán				
PERSONA DE CONTACTO:		Jonathan Narváez				
DIRECCIÓN:		Latacunga, Calle restaurador, Calle Niagara				
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:		NR	0969031752	Email:	<a href="mailto:santiago.tipan4438@utc.edu.ec">santiago.tipan4438@utc.edu.ec</a>	
MÉTODO DE MUESTREO:		NA				
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:		02/08/2022	15H02	OT:	22-096	
LUGAR DE ANÁLISIS:		LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea				
FECHA DE ANÁLISIS:		02/08/2022		a	07/08/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:		15/08/2022				
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-22-322	Agua Natural	Punto 3	Chantilín	02/08/2022	10H30	NR
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
Los parámetros: Nitratos, Turbidez, DBO <sub>5</sub> , DQO y Oxígeno Disuelto no cumplen con la temperatura de conservación requerida (≤6°C), la temperatura de la muestra al momento del ingreso es 8,5°C .						
REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:						
<p>"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"</p> <p>El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.</p> <p>Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.</p> <p>Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.</p> <p>El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).</p> <p>Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.</p> <p>El Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos, LANCAS no realizará declaraciones de conformidad e interpretación de resultados con una especificación o norma, por lo que no se establecerá la regla de decisión.</p> <p>NR: No Reporta</p> <p>NA: No Aplica</p>						
 Autorizado por: Dra. Jeaneth Cartagena Coordinador de Laboratorio 						

### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-322

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	200,222
Nitratos <sup>(2)</sup>	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	2,14 <sup>(1)</sup>
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	40,80 <sup>(1)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	4,65 <sup>(1)(2)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	21 <sup>(1)</sup>
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	5,55 <sup>(1)</sup>
Nitratos como NO3*	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	9,46 <sup>(1)</sup>


#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

\*<sup>(2)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*

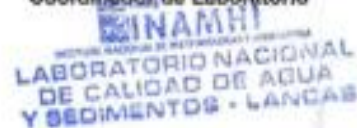
\*<sup>(1)</sup> Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra\*

\*<sup>(2)</sup> Nitratos está expresado como N\*



Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinadora de Laboratorio



**INAMHI**  
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y SEDIMENTOS - LANCAS

**ANEXO D. Concesiones.****Tabla 17***Concesiones consumo humano.*

<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Concesiones</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Microcuenca</b>	<b>Uso</b>
756400	9913400	MUNICIPIO DE SAQUISILI	SAQUISILI, CABECERA CANTONAL	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	USO DOMÉSTICO
753250	9910200	COMUNAS ESPERANZA SALACHE Y OTRAS	SAQUISILI, CABECERA CANTONAL	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	DOMÉSTICO
755000	9912500	CATOTA MARIA Y OTROS	CANCHAGUA	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	DOMÉSTICO
756400	9913400	BARRIO ESCALERA LOMA	TOACASO	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	DOMÉSTICO

**Tabla 18***Concesiones para uso de riego.*

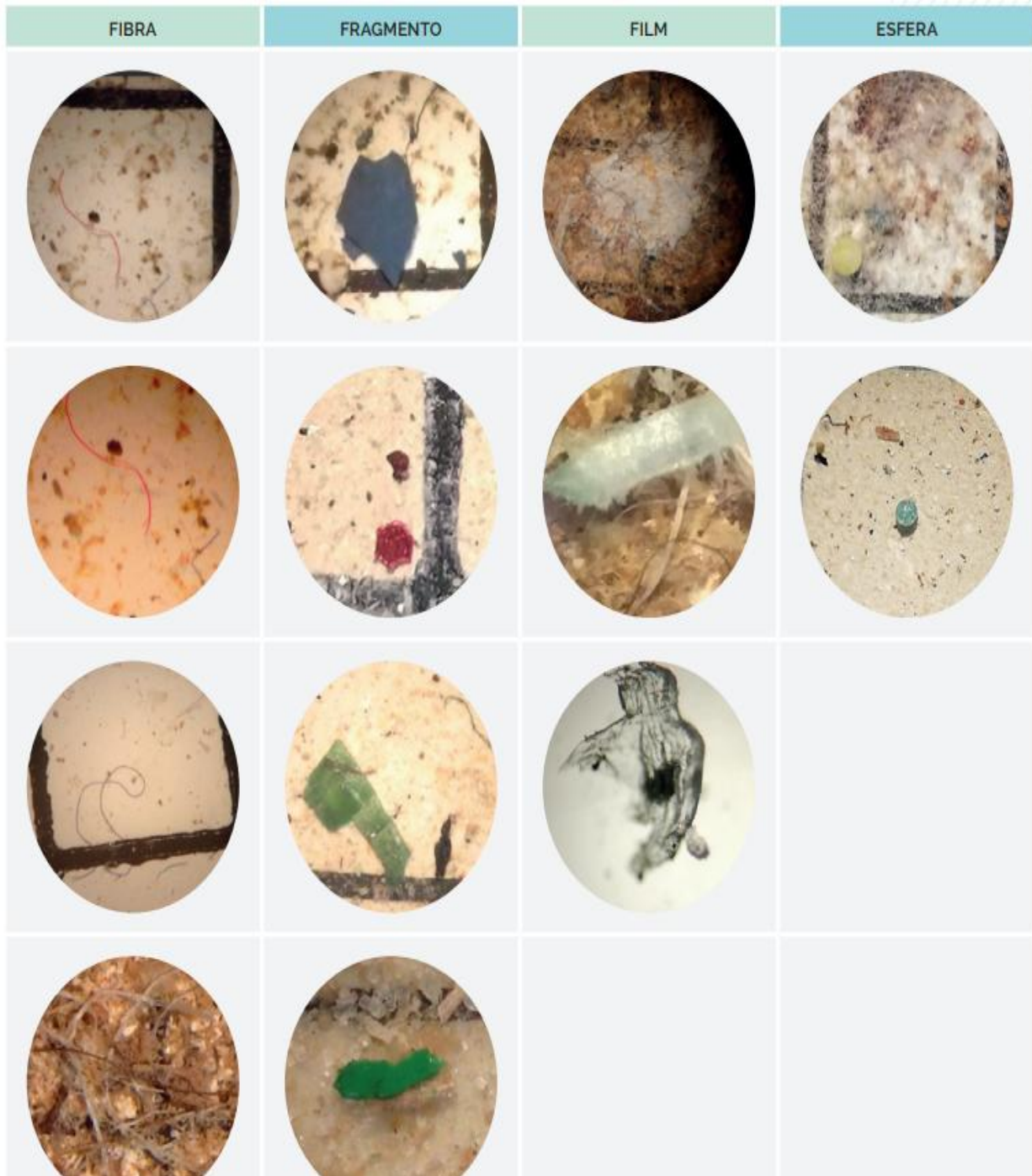
<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Concesiones</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Microcuenca</b>	<b>USO</b>
762535	9905317	PALMA BASTIDAS SEGUNDO TEODOMIRO	CHANTILIN	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
762535	9905317	PALMA BASTIDAS SEGUNDO TEODOMIRO	CHANTILIN	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
756500	9913540	OLLA JUAN FLORENCIO	CANCHAGUA	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
762579	9906538	NUÑEZ MERA LEONARDO Y OTROS	CHANTILIN	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
762535	9905317	LLUMILUISA ANTONIO	CHANTILIN	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
762535	9905317	LLUMILUISA ANTONIO	CHANTILIN	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO

753250	9910200	COMUNAS ESPERANZA SALACHE Y OTRAS	SAQUISILI, CABECERA CANTONAL	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO
758691	9911337	AREQUIPA ANALUISA CRISTOBAL	GUAITACAMA (GUAYTACAMA)	RIO PUMACUNCHI Y DREN AL RIO CUTUCHI	RIEGO

## ANEXO E. GUÍA DE DESCARTE.

**Figura 27**

*Guía de descarte*





## ANEXO F. REGISTRO FOTOGRÁFICO

### Fotografía 1

*Recolección de tomas de muestras de agua para su respectivo análisis fisicoquímico.*



**Fotografía 2**

*Preparación de los materiales y equipos para la recolección, etiquetado y transporte de muestras.*



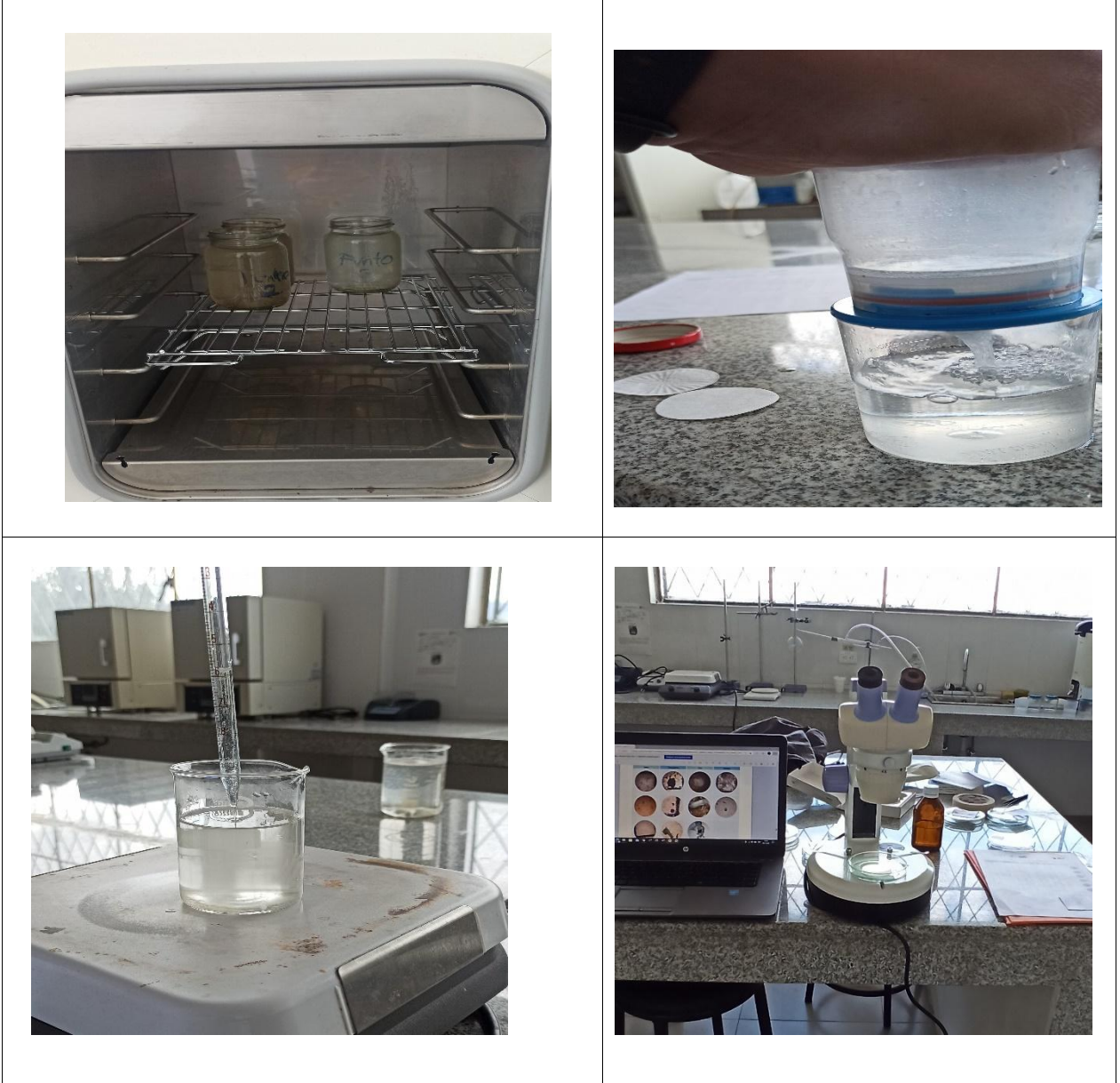
**Fotografía 3**

*Registro fotográfico de muestras para análisis de microplásticos en los 3 puntos de muestreo.*



**Fotografía 4**

*Registro fotográfico de fase de laboratorio.*



**ANEXO G. AVAL DEL TRADUCTOR**

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 al idioma inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: “**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA Y PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN LA PARTE ALTA MEDIA Y BAJA DEL RÍO PUMACUNCHI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2022**”, presentado por: **Narváez Chiliquinga Jonathan José y Tipán Rodríguez Santiago Alejandro**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, 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 los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, septiembre del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Beltrán

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI: 0502666514**