



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA MICROBIOLÓGICA SOBRE LA  
CONCENTRACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO  
YANAYACU, SECTOR SAN JOSÉ DE POALÓ**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORAS:** LUZ ELENA ERAZO CUNACHI

LADY ADRIANA PALADINES BARBA

**DIRECTOR:** Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Luz Elena Erazo Cunachi & Lady Adriana Paladines Barba

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, LUZ ELENA ERAZO CUNACHI y LADY ADRIANA PALADINES BARBA, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

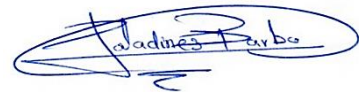
Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de abril de 2022



**Luz Elena Erazo Cunachi**

**CI: 060532828-5**






**Lady Adriana Paladines Barba**

**CI: 210083955-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración curricular; certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA MICROBIOLÓGICA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO YANAYACU, SECTOR SAN JOSÉ DE POALÓ**, realizado por las señoritas: **LUZ ELENA ERAZO CUNACHI** y **LADY ADRIANA PALADINES BARBA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-04-13
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-04-13
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés Ph.D. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-04-13

## DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico en primer lugar a Dios, por brindarme la oportunidad de enorgullecer a quienes a lo largo de este trayecto me han ayudado con sus consejos, compañía y muchas más acciones que han facilitado este camino; principalmente este trabajo está direccionado a mi madre quien ha brindado lo mejor de sí para que yo cumpla con este objetivo, quien a pesar de todos los problemas me brinda su amor incondicional, a mi hermana, cuñado y tía, quienes con sus palabras de aliento me han inspirado a seguir y no desfallecer ante cualquier obstáculo, a mis sobrinos, quienes con sus travesuras y cariño me recuerdan que existen personitas a quienes se les puede servir de ejemplo, a mi padre quien me ha ayudado en muchos aspectos de mi vida para llegar a donde estoy ahora, a mi prima a quien considero como un ejemplo a seguir debido a su amplio conocimiento profesional y de vida, a mi familia en general, quienes han colaborado con su granito de arena, a mis pocos amigos, quienes me han ayudado a salir de momentos duros con sus consejos y bromas, de manera especial a mi compañera de tesis, gran amiga quien ha aportado mucho en estos años de carrera y a mi novio, quien a lo largo de casi toda mi vida ha sido parte de ella, quizá al inicio no como pareja pero si como mejor amigo, me ha brindado muchos buenos momentos y sabios consejos que hasta el día de hoy los pongo en práctica, sin duda ha sido un pilar fundamental para llegar a este punto.

*Luz*

Dedico este trabajo de integración curricular a: Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y permitirme haber llegado a este hasta este momento de formación académica. A mi madre Sofia por ser un pilar importante y por demostrarme la fortaleza del ser humano, y a mi tío Hugo por compartir momentos significativos conmigo y ayudarme en cualquier momento. A mis hermanas Scarlett y Stefania por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus consejos hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todas mis metas. A mis amigos, por el apoyo incondicional cuando más lo he necesitado. Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi compañera de tesis Luz por extender su mano en momentos difíciles y por la gran compañía en este proceso de formación gracias.

*Lady*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería Ambiental por formarnos como profesionales, también al cuerpo de docentes de la carrera por impartir sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ingeniero Carlos Rosero, nuestro director, quien ha sido el guía del presente proyecto de investigación. Al ingeniero Andrés Beltrán, coordinador de la escuela de ciencias químicas, quien nos ha demostrado que la preparación y capacidad de sobresalir, nos puede llevar lejos, al grupo de investigación GIDAC, que ha sido un ente fundamental en la realización de este proyecto de integración curricular ya que nos ha facilitado sus instalaciones y equipos para el desarrollo del mismo, de manera especial al ingeniero Freddy Armijos y la ingeniera Natali Figueroa, por colaborarnos en momentos difíciles; agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo de este trabajo, desde estudiantes que colaboraron con los muestreos hasta los docentes y encargados de laboratorios quienes hicieron lo posible para que este documento se realice.

*Luz & Lady*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Parque Nacional Llanganates .....	5
1.2.1. <i>Quebrada Itagua</i> .....	5
1.2.2. <i>Quebrada Cuchihuasi</i> .....	5
1.2.3. <i>Río Yanayacu</i> .....	5
1.3. El agua .....	6
1.3.1. <i>Clasificación del agua según su origen</i> .....	6
1.3.2. <i>Clasificación del agua según su uso</i> .....	7
1.4. Ecosistemas lénticos y lóticos de agua dulce .....	7
1.4.1. <i>Características de los ecosistemas lénticos</i> .....	7
1.4.2. <i>Clasificación de los ecosistemas lénticos</i> .....	8
1.4.3. <i>Características de los ecosistemas lóticos</i> .....	8
1.4.4. <i>Clasificación de los ecosistemas lóticos</i> .....	9
1.4.5. <i>Principales diferencias entre los ecosistemas lóticos y lénticos</i> .....	9
1.5. Contaminación del agua .....	9
1.5.1. <i>Principales causas de la contaminación del agua</i> .....	10
1.5.2. <i>Contaminación física, química microbiológica del agua</i> .....	10
1.5.3. <i>Consecuencias de la contaminación del agua</i> .....	11
1.6. Patógenos e indicadores microbiológicos de contaminación del agua.....	11
1.6.1. <i>Principales indicadores de contaminación del agua</i> .....	11
1.6.1.1. <i>Coliformes totales</i> .....	12
1.6.1.2. <i>Coliformes fecales</i> .....	12

1.6.2.	<i>Principales técnicas de análisis e interpretación de resultados</i> .....	12
1.7.	<b>Importancia de los indicadores de estado ecológico y calidad del agua</b> .....	14
1.7.1.	<i>Los peces como indicador de presiones antrópicas</i> .....	14
1.7.2.	<i>Macroinvertebrados acuáticos como indicador de calidad de agua</i> .....	14
1.7.3.	<i>Bacterioplancton como indicador de materia orgánica</i> .....	16
1.7.4.	<i>Fitoplancton como indicador de procesos de eutrofización</i> .....	16
1.7.4.1.	<i>Diatomeas</i> .....	16
1.7.4.2.	<i>Condiciones óptimas para las diatomeas</i> .....	18
1.8.	<b>Índices de diversidad</b> .....	18
1.8.1.	<i>Índice de diversidad Shannon-Wiener</i> .....	19
1.8.2.	<i>Índice de diversidad Simpson</i> .....	19
1.8.3.	<i>Índice de diversidad Berger Parker</i> .....	19
1.9.	<b>Índice de cualificación del estado ecológico de un río (IPS)</b> .....	19

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
2.1.	<b>Área de estudio</b> .....	21
2.1.1.	<i>Descripción de los puntos de muestreo</i> .....	21
2.2.	<b>Características del Río Yanayacu</b> .....	26
2.3.	<b>Muestreo de diatomeas</b> .....	26
2.3.1.	<i>Muestreo no probabilístico criterial</i> .....	26
2.3.2.	<i>Fase de campo</i> .....	27
2.3.3.	<i>Fase laboratorio</i> .....	28
2.3.4.	<i>Fase de gabinete - Análisis de muestras e interpretación de resultados</i> .....	30
2.3.4.1.	<i>Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS)</i> .....	31
2.3.4.2.	<i>Índice de biodiversidad de Shannon Wiener</i> .....	32
2.3.4.3.	<i>Índice de biodiversidad de Simpson</i> .....	33
2.3.4.4.	<i>Índice de Berger-Parker</i> .....	34
2.4.	<b>Muestreo de coliformes totales y fecales</b> .....	34
2.4.1.	<i>Fase de campo</i> .....	34
2.4.2.	<i>Fase de laboratorio</i> .....	35
2.4.3.	<i>Fase de gabinete - Análisis de muestras e interpretación de resultados</i> .....	36
2.5.	<b>Correlación de Pearson</b> .....	37



## **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.</b>	<b>Parámetros fisicoquímicos .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.</b>	<b>Diatomeas Epilíticas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.</b>	<b>Índice de Shannon Wiener, Simpson y Berger-Parker .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.</b>	<b>Conteo e identificación de coliformes totales y fecales .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.</b>	<b>Correlación de Pearson .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6.</b>	<b>Estado trófico del agua mediante IPS.....</b>	<b>58</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Distribución del agua en la tierra .....	6
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación del agua según su origen .....	7
<b>Tabla 3-1:</b> Diferencias entre ecosistemas lénticos y lóticos .....	9
<b>Tabla 4-2:</b> Ubicación de los puntos de muestreo .....	25
<b>Tabla 5-2:</b> Materiales utilizados en el laboratorio .....	27
<b>Tabla 6-2:</b> Materiales utilizados en el laboratorio .....	29
<b>Tabla 7-2:</b> Equipo utilizado en el laboratorio .....	29
<b>Tabla 8-2:</b> Reactivos utilizados en el laboratorio .....	29
<b>Tabla 9-2:</b> Materiales utilizados en la fase de análisis de muestras .....	30
<b>Tabla 10-2:</b> Equipo utilizado en la fase de análisis de muestras .....	30
<b>Tabla 11-2:</b> Clasificación del estado ecológico según la puntuación del IPS .....	32
<b>Tabla 12-2:</b> Interpretación del índice de Shannon Wiener .....	33
<b>Tabla 13-2:</b> Interpretación del índice de Simpson .....	33
<b>Tabla 14-2:</b> Interpretación del índice de Berger-Parker .....	34
<b>Tabla 15-2:</b> Materiales para el muestreo de coliformes totales y fecales .....	35
<b>Tabla 16-2:</b> Materiales utilizados en la fase de laboratorio para el análisis de coliformes totales y fecales .....	35
<b>Tabla 17-2:</b> Equipos utilizados para el análisis de coliformes totales y fecales .....	36
<b>Tabla 18-2:</b> Reactivos utilizados para el análisis de coliformes .....	36
<b>Tabla 19-3:</b> Parámetros fisicoquímicos .....	38
<b>Tabla 20-3:</b> Géneros y especies de Diatomeas Epilíticas .....	40
<b>Tabla 21-3:</b> Índices de diversidad de los puntos muestreados .....	52
<b>Tabla 22-3:</b> Coliformes totales y fecales .....	54
<b>Tabla 23-3:</b> Coliformes totales y fecales en los puntos de estudio .....	55
<b>Tabla 24-3:</b> Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D5 .....	58
<b>Tabla 25-3:</b> Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D6 .....	59
<b>Tabla 26-3:</b> Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D7 .....	59
<b>Tabla 27-3:</b> Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D8 .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Mapa de ubicación de la parroquia San José de Poaló.....	21
<b>Figura 2-2:</b> Caudal bajo del punto D5.....	22
<b>Figura 3-2:</b> Presencia de ganadería en el punto D5.....	22
<b>Figura 4-2:</b> Caudal bajo del punto D6.....	23
<b>Figura 5-2:</b> Presencia de ganado ovino en el punto D6.....	23
<b>Figura 6-2:</b> Aguas corrientosas del punto D7.....	24
<b>Figura 7-2:</b> Aguas corrientosas del punto D8.....	24
<b>Figura 8-2:</b> Mapa de distribución de los puntos de muestreo.....	25

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Abundancia del tramo general muestreado .....	45
<b>Gráfico 2-3:</b> Abundancia representativa en el punto D5.....	46
<b>Gráfico 3-3:</b> Abundancia representativa en el punto D6.....	46
<b>Gráfico 4-3:</b> Abundancia representativa en el punto D7.....	47
<b>Gráfico 5-3:</b> Abundancia representativa del punto D8 .....	48
<b>Gráfico 6-3:</b> Distribución de la abundancia relativa .....	48
<b>Gráfico 7-3:</b> Sensibilidad de géneros de Diatomeas Epilíticas .....	49
<b>Gráfico 8-3:</b> Distribución del IPS.....	61

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MUESTREO DE DIATOMEAS

**ANEXO B:** TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE DIATOMEAS

**ANEXO C:** NÚMERO DE ESPECIES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ENCONTRADAS  
POR PUNTO

**ANEXO D:** ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE DIATOMEAS EN CADA  
PUNTO DE MUESTREO

**ANEXO E:** TOTAL DE INDIVIDUOS TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LOS GÉNEROS  
DE DIATOMEAS EPILÍTICAS

**ANEXO F:** DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la influencia microbiológica sobre la concentración de Diatomeas Epilíticas en el río Yanayacu, sector San José de Poaló, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua; para lo cual fue necesaria la recolección de estas, utilizando la técnica de Eduardo Lobo, modificada, en la que se recolecta el sustrato de rocas planas encontradas dentro del río, con un pincel de cerdas suaves, depositando la muestra directamente en un eppendorf, posterior a ello se realiza la limpieza de materia orgánica en el laboratorio, seguido de la identificación y cuantificación de especies en base a la guía de Diatomeas de la cuenca del Duero, encontrando 33 especies y 15 géneros, con estos datos se aplican los índices de diversidad Shannon Weiner, Simpson y Berger Parker determinando un nivel medio, en cuanto al estado trófico del agua calculado por el IPS se obtiene una calidad moderada; en el caso de coliformes totales y fecales, se recolecta la muestra directamente del río a una profundidad de 30 cm, dejando un tercio del frasco para aireación, en laboratorio se realiza la siembra en Agar EMB y MacConkey, encubando las muestras a 35 grados Celsius durante 48 horas, seguido del conteo mediante la técnica de UFC. El coeficiente de Correlación de Pearson brinda un valor de -0.58 el cual, según T-Student, acepta la relación entre estas dos variables debido a la presencia de Diatomeas indicadoras de mala calidad del agua como *Nitzschia*, *Navicula*, *Melosira* y *Fragilaria*, sin embargo, esta es poco significativa, dado que, en el ámbito ambiental, actúan de manera independiente sin afectar la diversidad y abundancia del medio en que se encuentran. Con base en los resultados es recomendable relacionar las especies de Diatomeas Epilíticas con parámetros fisicoquímicos, pues estos van ligados a la presencia o ausencia de estas.

**Palabras clave:** <DIATOMEAS EPILÍTICAS>, <COLIFORMES>, <RÍO YANAYACU>, <ABUNDANCIA>, <ÍNDICES DE DIVERSIDAD>, <ÍNDICE DE POLUSENSIBILIDAD ESPECÍFICA>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE INFORMACION-  
ECIBCE, ln=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.04.21 10:46:56 -05'00'



0748-DBRA-UTP-2022

## SUMMARY

The aim of the study was to analyze the microbiological influence on the concentration of Epilithic Diatoms in Yanayacu river, located in San José de Poaló, Píllaro county, Tungurahua province. It was necessary to collect these samples using the modified Eduardo Lobo's technique which has to do with the collection of flat rocks substrate found in the river, this process is done with a soft bristle brush to place the sample directly into an Eppendorf; then, the organic matter was cleaned in the laboratory for the further identification and quantification of species based on the Diatoms guide of Duero basin. 33 species and 15 genera were found, these data allowed the application of Shannon Weiner, Simpson and Berger Parker diversity indexes, which determined a medium level. Regarding the trophic state of the water calculated by the IPS, a moderate quality is obtained; In the case of total and fecal coliforms, the sample is collected directly from the river at a depth of 30 cm, remaining a third of the flask for the aeration process. EMB and MacConkey Agar seeding process was carried out in the laboratory and the samples were incubated at 35 degrees Celsius during 48 hours, followed by the counting process using the CFU technique. Pearson's correlation coefficient reflects a value of -0.58 which, according to T-Student accepts the relationship between these two variables due to the presence of Diatoms, such as: Nitzschia, Navicula, Melosira and Fragilaria, which are indicators of poor water quality. However, this is not very significant as they act independently in the environment without affecting its diversity and abundance. Based on the results, it is recommended to relate the Epilithic Diatom species with the physicochemical parameters since these are linked to the presence or absence of these species.

**Keywords:**<EPILITHIC DIATOMS>, <COLIFORMS>, <YANAYACU RIVER>, <ABUNDANCE>, <DIVERSITY INDEXES>, <SPECIFIC POLLUTION SENSITIVITY INDEX>.



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL ROLANDO  
ARMAS PESANTEZ**

## INTRODUCCIÓN

América Latina contiene una parte significativa del agua dulce disponible en el mundo, la tendencia de desarrollo se basa en la agricultura, ganadería, urbanización e industrialización, estos procesos contribuyen a la contaminación y uso insostenible de los recursos naturales como resultado los usos conflictivos del agua y la degradación de la calidad de esta. Las aguas residuales domésticas no tratadas, los efluentes industriales, la escorrentía pluvial y las aguas agrícolas han estado poniendo en peligro progresivamente las fuentes de agua dulce y la salud de los ecosistemas acuáticos (Lobo, et al., 2019: p. 3).

El uso de índices biológico de diatomeas para expresar cuantitativamente los impactos de la contaminación en los ecosistemas acuáticos ha estado llamando la atención de los científicos desde la década de los 70 (Rodríguez, 2014: p. 20), proporcionan una visión general de los estudios relacionados con parámetros físico-químicos, microbiológicos y la evaluación de la calidad de los ríos utilizando comunidades de Diatomeas Epilíticas en todo el mundo, se puede destacar estudios desarrollados en países desarrollados como Estados Unidos, Europa, Asia, Oceanía y principalmente en parte del continente americano punto sur destacando los enfoques desarrollados en los Estados Unidos por ejemplo, (Potapova y Hamilton 2007: p. 7; Morin et al., 2008: p. 45; Pan et al., 2006: p. 21; Mann et al., 2008: p. 7), Europa por ejemplo, (Falasco, Bona et al., 2009: p. 35; Falasco et al., 2009: p. 597; Luís et al., 2011: p. 4318), y América por ejemplo, (Mora et al., 2015: p. 10; Mora et al., 2015a: p. 11; Bojorge et al., 2014: pp. 279–292; Mora et al., 2015b: p. 24).

Los índices abarcan la especie, también conocida como un organismo indicador, o grupo de especies tolerantes a un contaminante. Cada organismo tiene su propio número de factores, que se basa en su capacidad para tolerar la contaminación; por lo tanto, la suma de todos los valores de una muestra da como resultado una expresión matemática considerado como índice para el ecosistema. Estos índices bióticos se desarrollaron principalmente para evaluar la contaminación orgánica y la eutrofización (Lobo et al., 2019: p. 12; Kermarrec et al., 2013: p. 10), se miden utilizando enfoques cuantitativos (abundancias relativas de diatomeas o densidad de especies) de sitios de muestreo que van desde cuerpos de agua no contaminados hasta altamente contaminados.

La Directiva Marco del Agua (DMA), aprobada por la Unión Europea en el año 2000 (Unión Europea, 2000: p. 2), tiene como objetivo el uso racional de los recursos hídricos, la conservación, protección y mejora de la calidad de los sistemas acuáticos (aguas superficiales, estuarinas, costeras y subterráneas), alcanzando un buen estado ecológico" para el año 2021. Según (Pouličková et al., 2008: p. 12), el "buen estado ecológico" ocurre cuando los valores de los elementos de calidad biológica para las masas de agua superficial muestran bajos niveles de actividad humana, desviándose ligeramente de los asociados con masas de agua superficiales en condiciones que se podrían considerar como no perturbadas. Se definen cinco clases de estado ecológico (alto, bueno, moderado, pobre y malo) resultantes de la comparación con la biota esperada en cuerpos de agua



sujetos a ninguna o poca alteración antropogénica. La suposición básica es que un sitio libre de presiones antropogénicas tendrá una "biota natural", por lo que, en teoría, seleccionamos sitios de referencia de un conjunto de sitios donde estas presiones no ocurren.

En este contexto, esta investigación se centró en la correlación de parámetros microbiológicos como las coliformes totales y fecales junto con la concentración de Diatomeas Epilíticas en el río Yanayacu, sector de Poaló, Ecuador.

## **JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene por objeto analizar la influencia microbiológica sobre la concentración de Diatomeas Epilíticas en el río Yanayacu, sector San José de Poaló, para ello se pretende realizar muestras triplicadas en tres tramos del río. Este estudio se divide en tres fases: trabajo de campo, desarrollo experimental e interpretación de datos. El trabajo de campo constará de muestreo, recolección de agua y limpieza de rocas, con respecto al desarrollo experimental se aplicará una serie de reactivos, añadiendo el uso de equipos necesarios para la identificación del tipo de especie encontrada en la muestra, en esta se evaluará variables microbiológicas, específicamente coliformes de estos dependerá la calidad del agua. Los datos serán interpretados mediante comparativos estadísticos.

Según el artículo 78 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, es necesario el estudio de la calidad del agua para conocer el grado de contaminación, debido a que este territorio es considerado como área de protección hídrica. Las Diatomeas Epilíticas son el punto clave para determinar la calidad del agua debido a que presentan ventajas como el conocer la tolerancia a la contaminación de la mayoría de los taxones y que su recolección en el campo sigue protocolos rápidos y de escasa dificultad, producen cerca del 25% del oxígeno de la atmósfera terrestre, casi la misma cantidad que producen los bosques 8 tropicales (Colín, 2013, p. 5), de ahí su importancia. La necesidad de profundizar en el tema surge en la falta de estudios de esta especie en zonas andinas del Ecuador, específicamente en la parroquia rural de San José de Poaló, río Yanayacu. La importancia de este se basa en la influencia de los parámetros microbiológicos ante la presencia de Diatomeas Epilíticas y así promover información útil que garantice la generación de estudios posteriores, mismos que ofrezcan una solución ante la problemática de la calidad del agua en el área de estudio.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Analizar la influencia microbiológica sobre la concentración de Diatomeas Epilíticas en el río Yanayacu, sector San José de Poaló.

### **Objetivos Específicos**

- Inventariar las especies de Diatomeas Epilíticas predominantes en el tramo estudiado del Río Yanayacu.
- Determinar la influencia microbiológica del agua del Río Yanayacu en la diversidad de Diatomeas Epilíticas.
- Evaluar el estado ecológico del agua mediante el Índice de Polusensibilidad Específica en función de la caracterización de Diatomeas Epilíticas.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

En Ecuador el agua representa el 5% del volumen total mundial, la costa tiene una precipitación 16 veces menor que la Sierra y casi 100 veces menor en comparación con la Amazonia (Ramírez, 2013, p. 6).

La diversidad de ecosistemas presentes en el Ecuador tiene un alto valor ecológico, debido a la presencia de especies endémicas en flora y fauna. En zonas andinas existen cordilleras y páramos, estos son un punto clave para la conservación de fuentes hídricas e intensificación de ambientes donde se desarrolla vida, los páramos son ecosistemas frágiles neotropicales de alta montaña, proporcionan servicios ecosistémicos tales como: recursos hídricos reconocidos por poseer una buena calidad y sumideros de carbono (Chuncho y Chuncho, 2019, p. 11). Las características principales del suelo de los páramos radican en la densidad aparente baja, estructura abierta y porosa posibilitando la retención del agua, cabe destacar el alto nivel de conductividad hidráulica, donde se desarrollan plantas endémicas y diversidad faunística (Maiquiza y Tonato, 2020: p. 12) .

Dentro de las zonas andinas existe gran variedad de fuentes hídricas, mismas que contribuyen al desarrollo productivo de sus localidades, una de estas es el río Yanayacu, tiene su inicio en las vertientes de Quillopaccha, pero debido a los asentamientos poblacionales, su caudal va cambiando tanto en cantidad como en calidad, la misma que se refleja en la parte baja donde su agua cambia de color debido a la incidencia de contaminación durante su trayectoria, los causantes son mayoritariamente asentamientos dedicados a actividades ganaderas, agrícolas e industrias que se encuentran en las riberas, mismas que en su mayoría descargan productos químicos, aguas servidas, aceites, entre otros (Chasiquiza y Cola, 2017: p. 36).

En base al alto nivel de contaminación recurrente en el río mencionado, se busca bioindicadores efectivos, encontrando así el alto nivel de eficiencia de Diatomeas Epilíticas, debido a su rápida respuesta a los cambios de las condiciones ambientales, siendo sensibles a la presencia de contaminantes (Lascano y Muñoz, 2020: p. 20). La calidad del agua del río Yanayacu puede ser evaluada mediante los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y el índice de Shannon, que son considerados un buen indicador de impacto que produce al ambiente (Pullotasis y Millingalle, 2014: p. 28), es por ello que se plantea relacionar la influencia de coliformes sobre la presencia de Diatomeas Epilíticas. Estudios desarrollados a nivel internacional sirven como referencia para el desarrollo de la metodología a seguir. Existe gran diversidad de temas planteados por países extranjeros relacionados con el tema a tratar, se tiene en Japón se plantea el índice biótico Descy que emplea Diatomeas Epilíticas para el control de la contaminación orgánica en los ríos, México describe la importancia de Diatomeas Epilíticas en la cuenca alta del río Laja, Guanajuato (Mora,

2015, p. 15), Colombia se basa en la taxonomía y distribución de Diatomeas Epilíticas (Sala et al. 2015: p. 22.); resulta importante destacar los estudios existentes en Ecuador, como investigaciones con Diatomeas Epilíticas necesarias para el establecimiento del índice biótico y la determinación de la calidad del agua (Rosero, 2016, p. 24), caracterización de Diatomeas Epilíticas (Paz, 2017, p. 17) caracterización de la composición florística de Diatomeas Epilíticas (Uvillus, 2017, p. 10); estos y muchos otros estudios sirven de base para interpretar los resultados encontrados en este proyecto de investigación, al no existir una comparativa entre parámetros microbiológicos y la presencia de Diatomeas Epilíticas la información obtenida incrementa la importancia en este trabajo.

## **1.2. Parque Nacional Llanganates**

Este parque se fundó el 18 de enero de 1996 como Patrimonio Natural del Ecuador, ostentan la categoría de conservación de Parque Nacional que forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), con una extensión de 219.707 ha que abarca cuatro provincias: Cotopaxi, Napo, Pastaza y Tungurahua, va desde los 1 200 hasta los 4 571 msnm, con una temperatura que va desde los 3 °C hasta los 24°C, constituye características de los altos Llanganates sus lagunas, los bosques y los ríos que nacen y avanzan hacia el oriente para ser parte del Pastaza y el Napo, los cuales son tributarios del río Amazonas.(Vázquez y L. Suárez, 2000: p. 9)

### **1.2.1. Quebrada Itagua**

Es un afluente hidrológico del Parque Nacional Llanganates, que nace en las Montañas y tiene una extensión de 200 metros. Este afluente nace en Cotopaxi, Salcedo y desemboca en el río Yanayacu, bajando así hasta la parroquia de San José de Poaló, no es una quebrada navegable por el tamaño del caudal, es una afluente que contiene pescados como truchas (Vázquez y L. Suárez, 2000: p. 205).

### **1.2.2. Quebrada Cuchihuasi**

Es una corriente hidrográfica en Provincia de Cotopaxi, Ecuador, se encuentra a una altitud de 3,528 metros sobre el nivel del mar, es un cuerpo de agua corriente en movimiento a un nivel inferior en un canal en tierra y se encuentra en los límites del parque nacional Llanganates importante afluente del río Yanayacu, y fuente hídrica de conservación del Parque Nacional (Vázquez y L. Suárez 2000: p. 206)

### **1.2.3. Río Yanayacu**

El río Yanayacu nace en las faldas de la parte más alta de la Cordillera Central, en el área del Parque Nacional Llanganates denominada Quillopacha desde las quebradas Itagua y Cuchihuasi. Se ubica en el costado suroeste y tiene una superficie aproximada de 13,732 hectáreas, que

constituye el límite entre los estados San Miguel de Salcedo y Santiago de Píllaro, por sector y comunidad, a medida que aumenta la población aumentan las emisiones residuales domésticas, los desechos de la ganadería y la agricultura al cauce del río, lo que provoca un cambio en la calidad del agua. El agua del río Yanayacu fluye por el distrito de Yachil hacia el río Cutuchi, al sur del cantón Salcedo, donde hay una mina de áridos y piedras (Heredia, 2014, p. 40).

### 1.3. El agua

Es el pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad, es una de las sustancias más nobles y un solvente universal se encuentra en diferentes estados de la materia y en diferentes lugares como acuíferos, ríos, ojos de agua, lagos y atmosfera (Auge, 2007, p. 23). El crecimiento demográfico y la alta demanda del agua hace que el 2.5% de esa agua dulce sea utilizada, se encuentra en los polos la mayor parte siendo (1.9%).

**Tabla 1-1:** Distribución del agua en la tierra

Situación del agua	Volumen (Km <sup>3</sup> )	Porcentaje (%)	Altura equivalente (m)	Tipos de agua
Océanos y mares	1.350	97.6	2.650	Agua Salada
Casquetes y glaciares polares	26	1.9	50	Agua Dulce
Agua subterránea	7	0.5	14	Agua Salada/Dulce
Agua Superficial	0.3	0.02	0.6	Agua Dulce
Humedad del suelo	0.2	0.01	0.4	Agua Dulce
Humedad atmosférica	0.02	0.001	0.04	Agua Dulce
<b>Total, del agua</b>	1383.52	100	2715.04	

Fuente: (Auge, 2007)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

#### 1.3.1. Clasificación del agua según su origen

Esta agua contiene muchas sustancias disueltas o suspendidas como sales minerales, gases y partículas en cantidades variables según su origen:

**Tabla 2-1:** Clasificación del agua según su origen

<b>Agua superficial</b>	Se almacena en la superficie de la tierra como ríos, lagos y lagos.
<b>Agua subterránea</b>	Es toda el agua de pozo.
<b>Agua atmosférica</b>	Es considerada como el agua de lluvia.
<b>Agua de mar</b>	Es el tipo de agua que se encuentra en los mares y es caracterizada por su alta salinidad.

Fuente: (Autores, 2022)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

### **1.3.2. Clasificación del agua según su uso**

Las actividades humanas utilizan el agua de diversas formas para la supervivencia o para la producción y el intercambio de bienes y servicios (NOM-001-CONAGUA-2011, 2011, p. 2).

- Aguas domésticas
- Aguas residuales
- Aguas para la recreación
- Aguas agrícolas

### **1.4. Ecosistemas lénticos y lóticos de agua dulce**

Según Cueva (2013, p. 26), menciona que los ecosistemas lénticos están constituidos por todas las aguas interiores, sin presencia de flujo de corriente; son conocidos como ecosistemas lacustre o ecosistemas de agua inmóvil, debido a su estructura cerrada se dice que sus aguas permaneces estancadas.

Los ecosistemas lóticos son todas las masas de agua que mantienen movimiento continuo en una misma dirección, este tipo de ecosistemas son más permanentes en el caso de tiempo ecológico y evolutivo a comparación con la mayoría de hábitats lénticos (Chávez y Orantes, 2010: p. 32).

#### **1.4.1. Características de los ecosistemas lénticos**

Las características principales de este tipo de ecosistemas es su capacidad de purificación, presencia de concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, estos son regulados por la presión atmosférica que presentan, materia orgánica determinada por la actividad del fitoplancton, carece de fluidez propia y su profundidad tiende a reducirse a medida que pasa el tiempo (Rodríguez, 2012, p. 11). Se pueden distinguir tres zonas o niveles cada uno de estos poseen diferentes características:

- **Zona litoral:** Es el área más cercana a la región terrestre, presenta gran cantidad de especies de flora y fauna, se caracteriza por tener poca profundidad, por lo que recibe gran cantidad de luz solar. Los seres vivos que habitan en esta zona tienen la oportunidad de abastecerse de una gran cantidad de oxígeno y nutrientes, generando dinamismo.

- **Zona limnética:** Esta zona está situada en el centro del ecosistema, de esta manera es considerada como la región intermedia, aquí habitan la mayor cantidad de peces que forman parte del ecosistema léntico.
- **Zona profunda:** Esta zona se caracteriza por tener baja presencia de luz, casi nula, cuenta con la presencia de sedimentos que son depositados en el fondo y la presencia de algunos peces y moluscos, propios de esta zona (Fernández, 2001, p. 41).

#### *1.4.2. Clasificación de los ecosistemas lénticos*

- **Lago o laguna:** Es un cuerpo de agua natural que puede mantener un equilibrio muy biológico e integrarse con el resto de la naturaleza. La calidad del lago es compleja la investigación por la estratificación, por la cantidad de luz que pasa desde la superficie se requieren equipos interdisciplinarios para realizar investigaciones (Bateman, 2007, p. 4).
- **Embalse:** Tiene características similares al lago, lo único es que es un volumen de agua es artificiales creando un impacto ambiental. Los usos más importantes son: energía hidroeléctrica, riego y abastecimiento en épocas de sequía (Bateman, 2007, p. 4).
- **Humedales y pantanos:** Estos dos tipos de ecosistemas lénticos se caracterizan por su baja profundidad, esto relaciona directamente a la presencia abundante de especies vegetales que posee, así como de anfibios y reptiles.
- **Estanques:** Son ecosistemas lénticos de agua dulce artificiales, se los denomina así debido a que son creados por el ser humano con el objetivo de almacenar agua en estructuras cerradas para un fin determinado.
- **Charcos:** Estos ecosistemas contienen aguas estancadas pero su tamaño es reducido, son ideales para el abastecimiento de agua a animales que se dediquen al pastoreo, o a su vez a aves que se encuentren sobrevolando el lugar.
- **Esteros:** Este tipo de ecosistemas lénticos tienen se asemejan a un pantano de gran tamaño, su formación inicia cuando algún río o laguna se desborda, esto generalmente ocurre en los meses de invierno en los que existe gran afluencia de lluvias, de esta forma las aguas permanecen estancadas en las áreas planas que constituyen el estero (Briñez et al., 2011: p. 24).

#### *1.4.3. Características de los ecosistemas lóticos*

Las principales características de los ecosistemas lóticos son varias, se tiene que durante el recorrido de sus aguas llevan materiales disueltos, generalmente suelen ser iones procedentes del desgaste químico del sustrato, tienen cierto grado de turbidez considerando que si es alta será difícil de ver a través del agua y si es baja, las aguas serán transparentes, la temperatura tiende a aumentar a lo largo del recorrido del cuerpo hídrico, contienen gases atmosféricos y presentan una alta concentración de oxígeno, principalmente en las zonas de mayor movimiento del agua.

La biodiversidad de fauna presente en los ecosistemas lóticos es amplia, se tiene a insectos como efímeras y plecópteros, peces, como truchas y anguilas o mamíferos, como nutrias y castores.

Este tipo de ecosistemas es caracterizado por tener dos tipos de zonas conocidas como rápidos y remansos. Las zonas de rápidos son conocidas como áreas donde el agua fluye de manera tan rápida que lleva la mayoría de los sedimentos en disolución o suspensión; las zonas de remansos son partes más profundas del río donde la velocidad de la corriente disminuye o es baja y por lo tanto los sedimentos transportados tienden a acumularse en el lecho (Briñez et al. 2011: p. 23).

#### 1.4.4. Clasificación de los ecosistemas lóticos

- **Ríos:** Son ecosistemas dinámicos que controlan el flujo de agua y sedimentos, el elemento más activo e importante poseen un sentido de flujo, y son considerados cuerpos de aguas porque se encuentran mezclados y van desde la parte alta hasta las partes más bajas (Bateman, 2007, p. 4).
- **Manantiales:** Son zonas en las que el agua subterránea se ve expuesta, esta tiende a fluir desde la superficie terrestre, esta agua proviene de acuíferos o del manto freático. Los diferentes tipos de manantiales pueden variar en calidad siendo estos potables y no potables, la cantidad de iones que contienen y en temperatura tomando en cuenta que pueden ser aguas frías y otros pueden superar los 500 °C (Casamiquela, 2011, p. 17).
- **Arroyos y riachuelos:** Es considerado como un caudal corto de agua, ligeramente continuo. Los riachuelos son los más pequeños y los arroyos los medianos (Ordóñez, 2011, p. 15).

#### 1.4.5. Principales diferencias entre los ecosistemas lóticos y lénticos

**Tabla 3-1:** Diferencias entre ecosistemas lénticos y lóticos

Ecosistemas lénticos	Ecosistemas lóticos
Aguas estancadas	Aguas en movimiento
Resistencia fuerte a la sequía	Se evaporan fácilmente en época de sequía
Alta profundidad	Poca profundidad, tienden a ser más superficiales
Tardan mucho tiempo en congelarse y descongelarse	Tardan poco tiempo en cuanto a congelamiento y descongelamiento
Lagos, lagunas, estanques, humedales y pantanos.	Ríos, arroyos, riachuelos, canales y manantiales

Fuente: (Autores, 2022).

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

### 1.5. Contaminación del agua

La contaminación se ha convertido en un problema cotidiano visible se da de forma directa o indirectamente por sustancias o energía a los cuerpos de agua alterando así su calidad y



propiedades como: textura, color, olor, turbidez, sabor, temperatura y la conductividad (Rondiere, 1992, p. 11).

### *1.5.1. Principales causas de la contaminación del agua*

- **Calentamiento global:** El aumento de la temperatura terrestre, a causa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, hace que disminuya su nivel de oxígeno.
- **Deforestación:** La tala de árboles genera residuos orgánicos que sirven de nutrientes para bacterias contaminantes.
- **Actividades industriales, agrícolas y ganaderas:** Los vertidos de productos químicos, los cuales provienen de estos sectores son unas de las causas principales de la eutrofización del agua, es importante mencionar los residuos fecales que genera el ganado ovino, vacuno, caballar y otros dedicados al pastoreo o actividades relacionadas a estas.
- **Basuras y vertidos de aguas fecales:** La ONU demuestra que más del 80 % de las aguas residuales del mundo que llegan al mar y a los ríos se encuentran en ausencia de estado de depuración por lo que genera una alta contaminación.
- **Tráfico marítimo:** La mayor parte de los plásticos que contaminan los océanos proceden de los barcos pesqueros, petroleros y de transporte de mercancías.
- **Derrames de combustible:** El transporte y el almacenamiento del petróleo y sus derivados dan lugar a filtraciones o derrames a gran escala, los cuales pueden llegar a las fuentes de agua (Campaña & Nieto, 2011, p. 9).

### *1.5.2. Contaminación física, química microbiológica del agua*

Los contaminantes físicos son principalmente sólidos o materiales en suspensión, estos generan impactos significativos, su principal daño es la obstrucción de la luz; este tipo de contaminación es considerada como la más fuerte, los sedimentos o materia suspendida causa el enturbiamiento del agua.

Con respecto a la contaminación química del agua tenemos a sustancias químicas inorgánicas como ácidos y compuestos de metales tóxicos, estos envenenan el agua en un alto grado, también existen sustancias químicas orgánicas como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes, quienes amenazan la vida en el agua. Muchas industrias eliminan sus productos de desecho directamente a un cuerpo hídrico, de igual manera los agricultores utilizan productos químicos diseñados para eliminar plagas estos pueden llegar a una fuente de agua, muchos de estos tóxicos afectan la vida acuática, minimizan la biodiversidad y a su vez ponen en riesgo la vida humana (Guadarrama et al., 2016: p. 4).

Existen casos en los que el agua se contamina por causas naturales, en este caso se habla de los microorganismos como virus o bacterias, aquí se tienen la influencia de actividades antrópicas

como la ganadería, pastoreo o asentamientos junto a cuerpos hídricos, estos generan presencia de heces de animales dedicados a estas actividades o en el caso de los asentamientos se tiene la mala práctica de higiene al realizar sus necesidades biológicas en o cerca del cuerpo hídrico mismo que genera una amplia contaminación por la cantidad de patógenos que contienen estos sedimentos.

### ***1.5.3. Consecuencias de la contaminación del agua***

- **Destrucción de la biodiversidad:** La contaminación hídrica genera pérdida considerable de los organismos presentes en este ecosistema, facilitando la proliferación descontrolada de algas fitoplanctónica, provocando eutrofización.
- **Contaminación de la cadena alimentaria:** Actividades antrópicas desarrolladas en aguas contaminadas, como la pesca, utilización de aguas residuales en ganadería y agricultura, puede ocasionar la transmisión de toxinas a los alimentos, esto a su vez perjudica la salud humana a través de su ingesta.
- **Enfermedades:** Según la OMS existe un aproximado de 2000 millones de personas que beben agua potable contaminada por excrementos, exponiéndose a contraer enfermedades como el cólera, hepatitis A, disentería, entre otras.

## **1.6. Patógenos e indicadores microbiológicos de contaminación del agua**

Los microorganismos indicadores de contaminación del agua son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos, al igual que la concentración y reacción frente a factores ambientales, sin embargo, son considerados como los más fáciles, rápidos y económicos en el ámbito de identificación.

### ***1.6.1. Principales indicadores de contaminación del agua***

Las bacterias entéricas son aquellas que se encuentran con mayor frecuencia en el agua, estas colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Una vez que estos microorganismos ingresan al agua, las condiciones ambientales son muy diferentes, por lo que su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Las principales bacterias que sirven como indicadores son las coliformes, debido a su rápida y sencilla detección.

Este grupo de microorganismos, coliformes, es adecuado como indicador de contaminación debido a que estos son comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente (Arcos et al. 2005: p. 5).

#### 1.6.1.1. *Coliformes totales*

Son bacterias gram negativas que fermentan la lactosa en temperaturas de 35-37 °C, produciendo gas y ácido, es un indicador de presencia de contaminantes de materia orgánica de origen humana o animal (Frías y Montilla, 2016: p. 24).

- **Características:**

Las coliformes totales en su totalidad forman parte de la familia *Enterobacteriaceae*, estos son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas; forman parte del 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y animales de sangre caliente, es importante mencionar que su velocidad de mortalidad depende de la temperatura del agua, el efecto de la luz solar, la cantidad de otras bacterias presentes y la composición química del agua. La presencia de estos coliformes en el agua indica una contaminación bacteriana reciente y es un indicador de la degradación del agua.

- **Principales géneros de coliformes totales:**

Los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardella* y *Citrobacter*, estos microorganismos viven como saprófitos independientes o bacterias intestinales.

#### 1.6.1.2. *Coliformes fecales*

Son organismos que son indicadores de calidad son representados por el microorganismo el género *E. coli* presentes en aguas residuales ya que son de origen fecal, la temperatura óptima de crecimiento es muy amplio hasta 45°C, los coliformes fecales integran el grupo de los coliformes totales, pero se diversifican de los demás microorganismos que hacen parte de este grupo, que son indol positivo (Frías y Montilla, 2016: p. 24).

- **Características:**

Las coliformes fecales son consideradas como termotolerantes debido a su capacidad de soportar temperaturas elevadas, esta característica es la que la diferencia de los coliformes totales ya que tienen la capacidad de crecer a una temperatura superior. Para que exista una reproducción proliferada de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es necesario que exista condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc.

- **Principal género de coliformes fecales:**

El principal microorganismo perteneciente a coliformes fecales es *Escherichia o E.coli*, estos son de origen intestinal humano.

#### 1.6.2. **Principales técnicas de análisis e interpretación de resultados**

La presencia de coliformes indica contaminación en el agua, ya que estos microorganismos pueden causar alarma en cualquier suministro de agua, ya que su presencia puede causar

gastroenteritis y provocar la muerte, como es el caso de las cepas de *E. coli*, o puede indicar la presencia de otros microorganismos altamente patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Listeria*, etc. Para cuantificar las bacterias presentes en una muestra, es importante identificar al organismo, esto pueden consumir mucho tiempo, en este periodo podrían sufrir modificaciones en su población, las que se identifican mediante las siguientes maneras:

- **Número más probable (NMP):**

Mediante la dilución en serie de las muestras, el objetivo es obtener al menos un inóculo de células cultivadas en el medio que muestre fermentación de lactosa en los experimentos putativos y fermentación de lactosa y producción de gas en los experimentos de confirmación. El número de tubos positivos y negativos permite estimar la densidad bacteriana aplicando cálculos probabilísticos (Salas y Martínez, 2004: p. 4).

- **Sustrato cromogénico específico:**

Se demuestra mediante un nutriente indicador que contiene el reactivo Colilert, que es exclusivamente para el corresponde a los microorganismos que se desea analizar, los cuales tienen afinidad por nutrientes indicadores que corresponden al metabolismo, que puedes utilizar como fuente importante de carbono. Los nutrientes indicadores corresponden a las enzimas constituyentes, que siempre están presentes en las bacterias, solo están presentes en las bacterias del grupo de los coliformes y *Escherichia coli*, la enzima cromogénica indicadora de los coliformes; la cual, se torna amarilla o produce fluorescencia (Carrillo y Lozano 2008: p. 15).

- **Filtración de membrana:**

Utiliza un mecanismo que captura microorganismos en la superficie de la membrana y luego los lleva a medios enriquecidos, selectivos o diferenciales, mediante intercambio metabólico e incubación a una temperatura y tiempo determinados, mostrando crecimiento bacteriano; se lleva a cabo mediante una bomba de vacío eléctrica, que aplica una presión diferencial a la muestra de agua para filtrarla.

Este método cuantifica la concentración bacteriana y verifica la presencia de coliformes fecales (*E. coli*) en muestras de agua mediante filtración por membrana a partir de coliformes totales encontrados en medio m-Endo (Tenelema, 2015, p. 17).

- **Método de recuento en placa:**

Consiste en diluciones seriadas a 1:10 y esparcir 0,1 mL de cada dilución en una placa, incubando la placa hasta que las colonias estén listas para el conteo. Este método tiene la ventaja de tener buenos límites de detección, pero consume mucho tiempo; en el caso de conteos bacterianos de muestras de población desconocida, se requieren 7 diluciones y expansión de la muestra original, esto significa 8 placas y aproximadamente 25 minutos de tiempo de siembra. Considera la repetición (Sánchez et al. 2017: p. 6).

Contador de colonias (UFC) de campo oscuro con abundante luz, placa de vidrio cuadriculada y lupa: diseñado para el recuento rápido y preciso de colonias bacterianas y de moho en placas de cultivo, permite contar colonias por cada pulso del contador y registrarlas.

- **Sistema Petrifilm:**

Es un sistema completo donde se usa una película de plástico delgada como soporte del medio de cultivo un gelificante, con nutrientes e indicadores para la actividad y crecimiento microbiano, después del tiempo óptimo de incubación la cuantificación se realiza apoyándose en la cuadrícula de fondo y del color característico de las colonias (Sánchez et al. 2017: p.7).

### **1.7. Importancia de los indicadores de estado ecológico y calidad del agua**

Son sensibles al cambio, además acumulan información intermitente en poblaciones de plantas y animales, permiten una adquisición reducida de parámetros fisicoquímicos, ya que integran muchas variables e identifican la aparición de nuevos contaminantes que pueden acumularse en ciertos organismos, los indicadores de especies reducen los costos de titulación porque se analizan en muestras de datos no importantes (Pinilla, 2000, p. 13).

- **Clasificación de los indicadores de estado ecológico:**

#### ***1.7.1. Los peces como indicador de presiones antrópicas***

Los néctones (peces) son el grupo más diverso de vertebrados, pero muchas especies de agua dulce están amenazadas por las actividades humanas. Las comunidades de peces son consideradas como un medio de comunicación útil, permitiendo que el público y las autoridades comprendan la necesidad de proteger la calidad de los ríos y lagos, por lo que su caracterización es muy importante por ser considerados como indicadores de la calidad del agua.

Una buena herramienta para ayudar a la toma de decisiones sobre cuestiones ambientales, como indicador de la calidad del medio ambiente acuático del mundo, puede indicar varios grados de degradación y determinar el éxito de la restauración del ecosistema acuático. De hecho, las combinaciones de especies de peces en lugar de las comunidades ecológicas se utilizan como objetos de gestión en los ríos (Aguilar, 2005, p. 5).

#### ***1.7.2. Macroinvertebrados acuáticos como indicador de calidad de agua***

Los macroinvertebrados se consideran cuando su tamaño es superior a 500  $\mu\text{m}$ , se presenta en aguas dulces y saladas, aunque están distribuidos más ampliamente en aguas con los insectos, los cuales en su mayoría en agua se encuentran en huevos y larvas, cuando estos crecen se convierten en animales terrestres, los insectos que destacan con fase acuática que destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros (Reyes y Fierro, 2001: p. 15).

- ***Efemerópteros:***

Son larvas de este orden son completamente acuáticas y pueden vivir hasta 2 años, mientras que los adultos pueden vivir horas o incluso minutos, respiran a través de branquias ventrales relativamente bien desarrolladas y son principalmente detritícos se alimentan de materia orgánica muerta y herbívoros. Son tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno, un gran número de familias en este orden son buenos indicadores de la calidad del ecosistema, y generalmente son muy sensibles a condiciones ácidas.

- ***Odonatos:***

Son libélulas, en larvas son acuáticas, mientras que los adultos no se ven obligados a vivir en las inmediaciones del agua. Las larvas de todas las especies, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio con este fin depredador, viven en una amplia variedad de hábitats, con frecuencia en hábitat con poca velocidad de corriente.

- ***Plecópteros:***

Son larvas exclusivamente mientras que adulto suele pasar en las rocas porque presenta alas de allí se deriva el nombre de “moscas de las piedras”. Su hábitat es generalmente en aguas frías, con abundante oxígeno y en espacios libres de contaminación, presentan sensibilidad baja a concentraciones de oxígeno por su ausencia de branquias y pueden ser fragmentadores de materia orgánica gruesa.

- ***Hemípteros:***

Son especies acuáticas, son depredadores en sus presas inoculan compuestos tóxicos, a través de sus estiletes maxilares con capacidad de saltar en el agua a varios centímetros.

- ***Coleópteros:***

En su mayoría son insectos algunos grupos las larvas y adultos son acuáticos, mientras que en otros sólo una de las dos fases, la calidad de las aguas no suele ser un factor determinante en la distribución.

- ***Dípteros:***

Las larvas acuáticas poseen mayores distribuciones y diversidad, están ambientadas a vivir en zonas con corrientes y concentración de oxígeno elevadas, las especies tienen requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua

- ***Tricópteros:***

ES el grupo más importante en ecosistemas acuáticos, algunas especies fabrican recubrimientos de arena o material vegetal en los cuales desarrollan un sistema larvario, con alimentación variada y exigencia en cuanto a calidad de agua (Ladrera, 2012, p. 3).

### **1.7.3. Bacterioplancton como indicador de materia orgánica**

La importancia de las bacterias en los ecosistemas acuáticos radica en el papel de descomponedores de la materia orgánica muerta liberando nutrientes inorgánicos como amonio y dióxido a la columna de agua.

Éstos pueden ser asimilados por productores primarios, como las algas Fito planctónicas, y de esta manera ingresar nuevamente en las redes tróficas, estas asimilan la materia orgánica disuelta y la liberan al resto de organismos que componen el plancton manteniendo las redes tróficas. Las bacterias planctónicas constituyen una gran parte de los sistemas acuáticos, existen múltiples factores pueden regular la abundancia y la respiración de las bacterias planctónicas, como el aumento de temperatura, salinidad, pH y disponibilidad de nutrientes promueve el desarrollo de la biomasa de bacterioplancton, en los ríos contaminados se presentan una amplia diversidad de bacterias patógenas, como *Escherichia coli* y enterococos suelen ser empleadas en monitoreos de calidad de agua como indicadores de contaminación fecal (Meneses, 2013, p. 21).

### **1.7.4. Fitoplancton como indicador de procesos de eutrofización**

En términos griegos planta-errante, son organismos microscópicos fotosintetizadores, con algunas especies heterotróficas en cortos periodos, especies como los dinoflagelados y euglenoideos. El Tamaño de los microorganismos puede ir desde 0.02 hasta los 2000  $\mu\text{m}$ , para picoplancton (0.2-2  $\mu\text{m}$ ), nanoplancton (2-20  $\mu\text{m}$ ), microplancton (20-200  $\mu\text{m}$ ) y mesoplancton (200-2 000  $\mu\text{m}$ ). Se ubican en la zona fótica de la columna de agua con un efecto de tamaño sobre la sedimentación, las formas esféricas o elipsoides se hunden por su estructura frente a las alargadas (López, 2011, p. 11). En diatomeas tienen las paredes silíceas de las diatomeas son pesadas y susceptibles al hundimiento (Saúl Blanco Lanza et al., 2011: p. 12). Las cianobacterias se diferencian de otras células en que tienen paredes gruesas y agujeros en los extremos, y su función es promover fijación de nitrógeno (Núñez, 2008, p. 47). En ocasiones, las acinetas son células con función de esporas, y también se pueden observar burbujas en las células, es decir, las burbujas que sirven a los organismos vivos fluctuando en la columna y producen películas extracelulares, lo que les ayuda a flotar, y hay burbujas que los mantienen en la columna de agua como en *Anabaena flos-aquae* y *Microcystis aeruginosa*.

#### **1.7.4.1. Diatomeas**

Las diatomeas o *Bacillariophyceae* son algas pardas, microscópicas y unicelulares pertenecientes a la rama de las cromófitas, son microorganismos indicadores biológicos que pueden determinar la calidad del agua, debido a la rápida respuesta de los sistemas acuáticos a los cambios en las condiciones ambientales, estos brindan información sobre la integridad biológica de los sistemas

acuáticos. Su tamaño varía desde unos pocos micrómetros hasta más de 500 u.m. Data desde la era hace unos 200 millones de años, el número de especies conocidas actualmente se acerca a las 11.000 donde se distinguen dos órdenes; los Céntricos, con simetría radial, reúnen las especies redondas y cilíndrico, las Pennales, con simetría bilateral, agrupan a las demás especies.

Su escasa necesidad de luz y humedad para desarrollarse les predispone a ocupar ambientes tan dispares como el agua (agua dulce, salada y salobre), corriente o estancada.

Las diatomeas tienen la particularidad de tener un esqueleto externo silíceo, la frústula. Este consta de dos válvulas que encajan entre sí como el fondo y la tapa de una placa de Petri. Los bordes de estas valvas (capas) están unidos entre sí por un número variable de bandas intermedias. El manto y las bandas intercalares forman la zona conectiva. La ornamentación de las dos valvas se caracteriza por la presencia de crestas, nervaduras, tabiques, pinchazos, cerdas u otras protuberancias. Asociadas a la forma general del individuo, estas estructuras ayudan en la determinación de las especies.

En el medio acuático, el desarrollo de las diatomeas está íntimamente ligado a la temperatura, la intensidad luminosa, las características hidráulicas y fisicoquímicas (Prygiel, 2002, p. 17).

- ***Diatomeas planctónicas***

Las diatomeas planctónicas viven libres en el agua y están representadas principalmente por céntricas aisladas (*Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Thalassiosira*) o asociadas en cadenas (*Aulacoseira*, *Skeletonema*). Entre las pocas formas pinnadas de fitoplancton se encuentran las colonias en bandas (*Fraguaria*) o en estrella (*Asterionella*, *Nitzschia*).

Por lo general, las diatomeas planctónicas suelen estar ausentes en la parte superior de los cursos de agua (cuencas altas), donde su presencia suele estar relacionada con aportes externos de embalses o estanques ubicados río arriba.

Se vuelven predominantes en las partes media y baja de los ríos lentos y en los canales.

- ***Diatomeas perifíticas***

Los tipos de sustrato determinan a menudo comunidades diatómicas muy diferentes.

Así distinguimos:

El epipelón y el endopelón formado por especies libres que viven en la superficie y en el sedimento, epipsammon que designa las especies que viven en la superficie de los granos de arena, el epilíton que aglutina las especies que viven sobre sustratos duros e inertes del tipo piedra-bloque-rocas, el epífito que designa las especies que viven en la superficie de las plantas acuáticas, perifíton, que en sentido amplio designa a todas las especies adheridas a objetos sumergidos o depositados en su periferia inmediata.

Para el cálculo de los índices diatómicos y en particular del IBD, se utilizan las diatomeas del perifíton y más particularmente las del Epilíton (Prygiel, 2002, p. 20).



#### 1.7.4.2. Condiciones óptimas para las diatomeas

- **Temperatura**

La influencia de la temperatura del agua sobre la población diatómica es difícil de demostrar por el simple hecho de que este factor no es independiente de otros parámetros ambientales. Un cambio de temperatura altera al mismo tiempo la oxigenación, la viscosidad del agua, la solubilidad y la difusión de los componentes químicos; este parámetro actúa, por lo tanto, más o menos indirectamente, sobre el metabolismo de las diatomeas.

- **Velocidad**

La distribución de diatomeas en facies lólicas (zona actual) está directamente ligada a la eficiencia de su modo de unión al sustrato. Las especies limnófilas se encuentran en aguas bastante tranquilas, mientras que las reófilas están más presentes en aguas corrientes.

- **pH**

Este parámetro es decisivo para la distribución de diatomeas a través de sus efectos inducidos sobre la solubilidad de diversas sustancias y sobre la disponibilidad de carbono. Así se pueden distinguir las especies acidófilas, neutrofílicas y alcalófilas.

- **Salinidad**

Tanto en agua dulce como en agua, solo se encuentran especies con un alto poder osmorregulador (diatomeas eurihalinas), agua salobre (*Craticula halophila*, *Fraguaría pulcinella*) (Jean Prygiel, 2000, p. 22). Las otras, diatomeas estenohalinas, no soportan fuertes variaciones de salinidad y su distribución está íntimamente ligada a la concentración salina del medio.

- **Materia orgánica**

Siendo diferente la afinidad por los materiales orgánicos de una especie a otra, se han establecido diferentes clases de tolerancia a las cargas orgánicas: así, las especies polisapróbicas que soportan la descomposición de los materiales orgánicos y muy baja o nula oxigenación (*Nitzschia umbonata*, *N. capite/lata*) son frente a las especies oligosapróbicas que solo toleran aguas pobres en materia orgánica (*Achnanthes minutissima*).

### 1.8. Índices de diversidad

Estos índices se han propuesto para caracterizar la riqueza y la equidad de las especies, y se denominan índice de riqueza e índice de equidad, respectivamente; combinan la riqueza y la equidad de las especies en un solo valor y se refieren a algoritmos matemáticos que describen una determinada cantidad de diversidad de especies en el área. Un índice es un formulario digital biológico que genera información y criterios de evaluación de la contaminación basados en la integridad ecológica, que pueden ser unimétricos, multimétricos, multivariados y biométricos. Confunden un conjunto de variables que caracterizan la estructura comunitaria:

Número de especies, abundancia relativa de especies y homogeneidad y tamaño del área de muestreo.

### ***1.8.1. Índice de diversidad Shannon-Wiener***

El índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información de cada símbolo de un mensaje compuesto por símbolos discretos de tipo S, y la probabilidad de estos símbolos es  $p_1 \dots p_S$ ), y es probablemente el más utilizado en la comunidad ecológica. Como indicador de diversidad, mide el contenido de información de cada individuo en una muestra obtenida al azar de una comunidad "grande" de especies totales conocidas de S. La diversidad también se puede considerar como una medida de incertidumbre al predecir a qué especie pertenecerá un individuo seleccionado al azar de una muestra de S especies y N individuos.

### ***1.8.2. Índice de diversidad Simpson***

Se denomina medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer dos individuos de la misma especie, y como depende claramente de la especie más abundante, también se utiliza como índice de dominancia.

### ***1.8.3. Índice de diversidad Berger Parker***

El índice expresa la importancia proporcional del tipo más abundante, esta métrica está muy sesgada por el tamaño y la riqueza de la muestra, además, no utiliza toda la información disponible de la muestra, devuelve un índice de dominancia, no de forma recíproca generalmente adoptada, de modo que un aumento en el valor del índice acompaña una disminución en la diversidad (Hernández, Giménez y Gerez 2008: p. 5).

## **1.9. Índice de cualificación del estado ecológico de un río (IPS)**

### ***• Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS)***

El IPS es resultante del sistema saprobiano que tiene en cuenta la abundancia de taxones, sensibilidad a la contaminación y el valor del indicador fue diseñado para ser aplicado a todos los cursos de agua, a excepción de las áreas naturalmente salinas. Se aplica a todo tipo de cursos de agua, siempre que se observen estrictamente las recomendaciones de muestreo.

En cursos de agua de movimiento lento, la sedimentación de diatomeas de fitoplancton y la presencia de diatomeas "fósiles" muertas pueden distorsionar el diagnóstico. El incumplimiento del soporte del que deben tomarse las diatomeas puede dar lugar a errores de diagnóstico (muestras de sustratos sueltos, madera, sustratos que han sufrido una emersión prolongada, reelaboración, etc.) (Prygiel, 2002, p. 39). Por lo tanto, se debe tener especial cuidado en el muestreo. En general, la IPS se puede aplicar con vistas a:

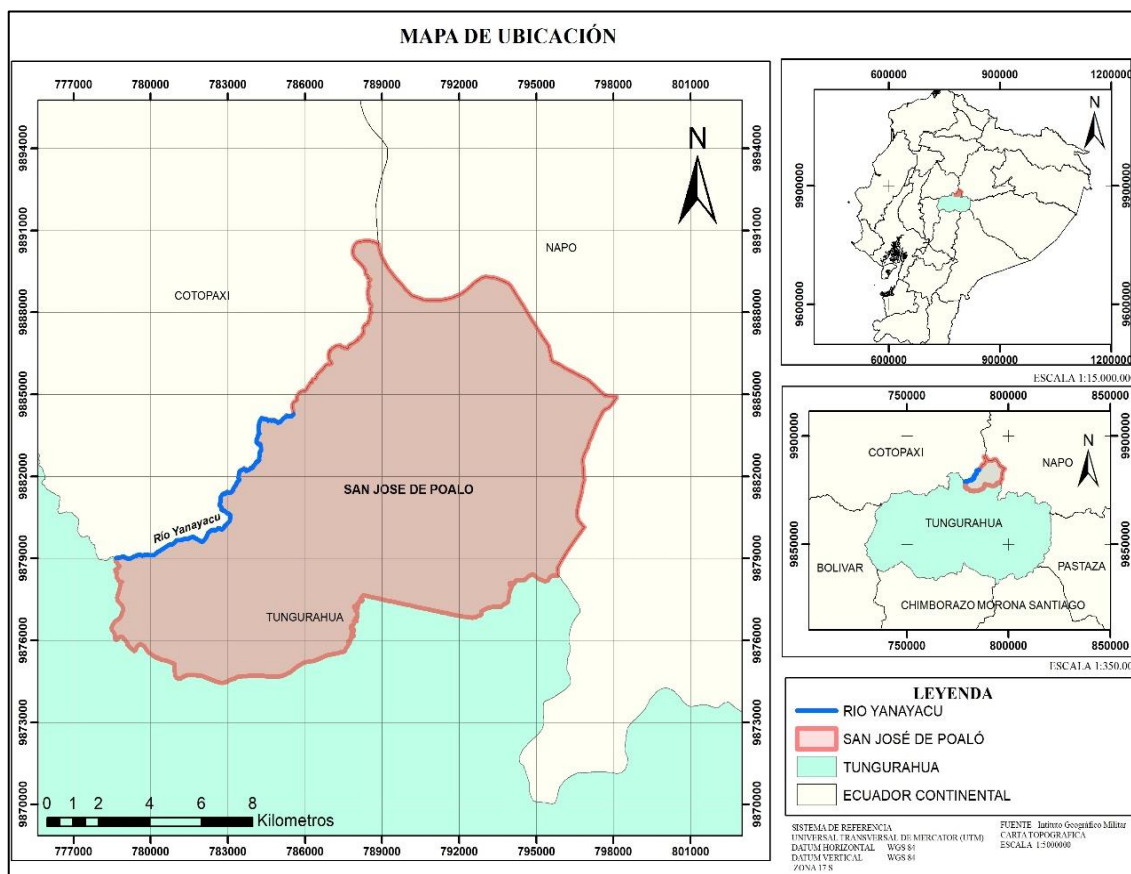
- Evaluar la calidad biológica de una estación bien definida (estudio único).
- Seguir la evolución temporal de la calidad biológica de una estación (estacional o plurianual).
- Seguir la evolución espacial de la calidad biológica de un curso de agua (comparación entre aguas arriba y aguas abajo).
- Evaluar las consecuencias de una perturbación en el medio ambiente (comparación entre aguas arriba y aguas abajo de un vertido).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de estudio

El área de estudio de este proyecto de investigación se centra en el Río Yanayacu, si bien este río pertenece a la provincia de Cotopaxi, los puntos de muestreo seleccionados están ubicados específicamente en la provincia de Tungurahua, cantón Pillaro, sector San José de Poaló. El río se encuentra a una latitud  $-0,9333^\circ$  y longitud  $-78,6167^\circ$ , con una altura aproximada de 2773 metros.



**Figura 1-2:** Mapa de ubicación de la parroquia San José de Poaló

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

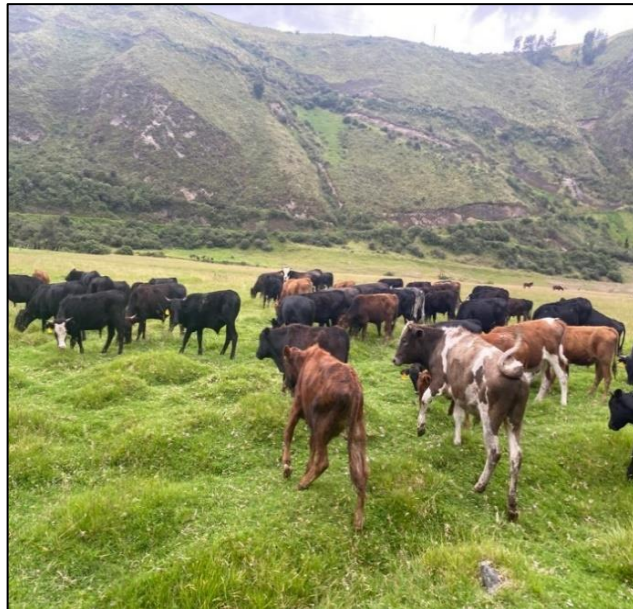
#### 2.1.1. Descripción de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se delimitaron mediante el programa ArcGis, con un total de cuatro: El primero de ellos, nombrado como (D5), muestra la presencia de actividades antrópicas como ganadería y agricultura, de allí su olor característico a heces de animales que rodean el punto, sus aguas poseen un caudal nulo y es de fácil observación la turbiedad presente.



**Figura 2-2:** Caudal bajo el punto D5

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.



**Figura 3-2:** Presencia de ganadería en el punto D5

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

El punto (D6), se encuentra junto a la empresa CELEC EP, misma que apoya al desarrollo de San José de Poaló, entre las actividades antrópicas observadas en este punto se destaca la pesca, el caudal de las aguas en esta ubicación es nulo; la presencia de ganado ovino y vacuno predomina en las cercanías de este punto.



**Figura 4-2:** Caudal bajo del punto D6

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.



**Figura 5-2:** Presencia de ganado ovino en el punto D6

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

El punto (D7) se destaca por sus aguas corrientosas, con un caudal muy significativo, sin embargo, el agua muestra transparencia, contrario a los puntos anteriores, la presencia de actividades humanas dentro del río aparenta ser escasa debido a la peligrosidad de ingreso, sin embargo, en las orillas se puede observar presencia de heces fecales de animales, mismos que se dedican al pastoreo en dichas zonas.





**Figura 6-2:** Aguas corrientosas del punto D7

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

El punto (D8), presenta características similares al punto (D7) en cuanto a caudal y turbiedad del agua, su peligrosidad de ingreso es amplia, por lo que es de vital importancia tomar precauciones al momento del muestreo, se evidencia presencia de ganado en poca abundancia.

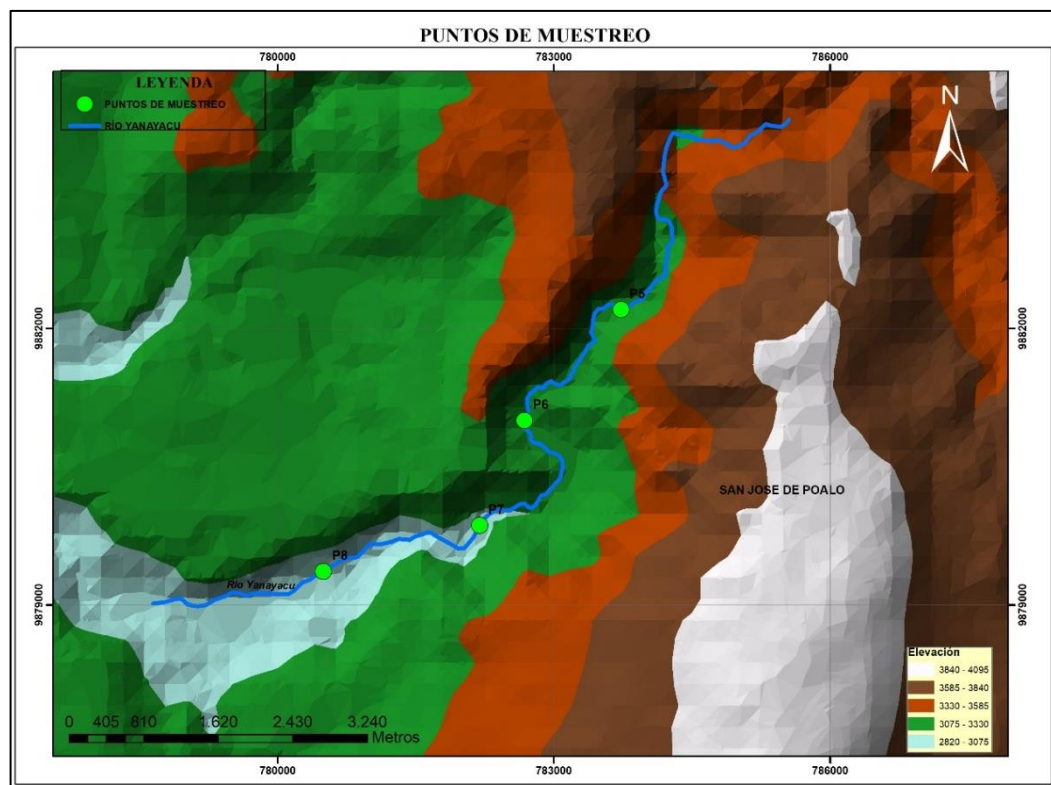


**Figura 7-2:** Aguas corrientosas del punto D8

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

La distancia que separa un punto del otro, manteniendo un trayecto recto se detalla de la siguiente manera, del punto D5 al D6 existe una distancia de 1587,71 m, del punto D6 al D7, los separa 1290,83 m y finalmente existe una separación de 1785,25 m entre el punto D7 y D8, la diferencia

de distancia se debe al relieve de la zona, pero se puede verificar que ningún tramo supera los 2000 m. La distribución de los puntos descritos se detalla en la figura 8-2:



**Figura 8-2:** Mapa de distribución de los puntos de muestreo

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Es importante mencionar el porqué de la enumeración de los puntos, pues el primero del presente trabajo de investigación está catalogado como D5, ya que existe otro estudio en desarrollo, con objetivos similares y es este el que inicia con el “punto uno” del monitoreo en general, estos puntos se detallan a continuación: punto (D1) es en el río Quillopaccha, (D2) en el río Chagrasacha, (D3) resulta en la unión de los dos ríos antes mencionados y (D4) en el río Yanayacu; con esta descripción se puede apreciar el porqué de la continuación con el tramo seleccionado en este proyecto.

A continuación, se detalla la ubicación específica de cada uno de los puntos de muestreo:

**Tabla 4-2:** Ubicación de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Y	X	Altitud
D5	1°03'52" Sur	78°27'02" Oeste	3187 m
D6	1°04'31" Sur	78°27'36" Oeste	3106 m
D7	1°05'09" Sur	78°27'52" Oeste	3039 m
D8	1°05'25" Sur	78°28'46" Oeste	2981 m

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.



## **2.2. Características del Río Yanayacu**

Las aguas del río Yanayacu tienen origen en la parte más alta de la cordillera central, conocida con el nombre de Quillopacha, específicamente en el Parque Nacional Llanganates, sus límites se basan en los cantones de San Miguel de Salcedo y Santiago de Píllaro, este desemboca en el río Cutuchi, ubicado al sur del Cantón Salcedo direccionado al sector Yachil donde se encuentra una mina de áridos y pétreos. El incremento poblacional trae consigo un volumen significativo de descargas de aguas residuales domésticas, actividades antrópicas junto al río como ganadería y agricultura mismas que generan desechos dirigidos al cauce, generando cambios en la calidad del agua (Maiquiza y Tonato, 2020: p. 14). La contaminación presente en el río es grande pues además de las actividades antes mencionadas, también existe la presencia de descargas industriales, de manera especial el faenamamiento, estas y muchas causas de contaminación hacia este recurso hídrico según (Lascano y Muñoz, 2020: p. 3), se debe al descuido de las autoridades al no ejercer un adecuado control y además entra en juego el desorden en el crecimiento de la ciudad, siendo esa la razón por la cual la sociedad ve al río como un medio fácil de evacuación de todas las aguas servidas, esto se direcciona al sector poblacional y a industrias presentes.

## **2.3. Muestreo de diatomeas**

El muestreo de Diatomeas Epilíticas en el río Yanayacu está basado en la norma técnica ecuatoriana INEN 2176: 2013, misma que genera muestras puntuales debido a que el flujo del agua a muestrear no es uniforme (INEN, 2013, p. 2). Tomando en consideración los lineamientos mencionados en la norma acerca de las características de los equipos de muestreo y las técnicas para el rotulado, fue necesaria la división en fases del procedimiento general para mayor especificación del trabajo realizado.

### ***2.3.1. Muestreo no probabilístico criterial***

El muestreo no probabilístico en general, es más útil para estudios exploratorios, este se utiliza principalmente donde no es posible extraer un muestreo de probabilidad aleatorio a causa de tiempo o costo. En este estudio se considera un muestreo no probabilístico criterial ya que se rige a una investigación cualitativa y además se realiza en base al criterio del muestreador, esto en base a la distancia entre puntos y subpuntos, aquí la muestra no es aleatoria, pero es designada en base a la observación del lugar y a los parámetros preestablecidos; se considera a este método como uno, menos estricto.

### 2.3.2. Fase de campo

Previa a la recolección de Diatomeas Epilíticas en los puntos seleccionados se determinó mediante un analizador multiparámetro hanna-208, parámetros fisicoquímicos como: pH, temperatura (°C), conductividad eléctrica( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), salinidad (ppm), potencial Redox (mV).

La toma de muestra consiste en ingresar a una distancia prudente del río en cada punto de muestreo, colocar la parte destinada del multiparámetro al agua y esperar hasta que las medidas se estabilicen, cabe mencionar que el multiparámetro debe estar previamente calibrado de manera que se encuentre en unidades que sean fáciles de interpretar.

Este procedimiento estrictamente se debe realizar in-situ ya que las propiedades del agua varían tras el traslado de muestras, el registro de datos debe ser preciso para evitar errores en la interpretación.

El oxígeno disuelto se determinó con ayuda del medidor de oxígeno disuelto tipo pluma, marca, ECYmeter, modelo, JPB-70A, en base a las especificaciones descritas en la ficha técnica (C& M [sin fecha]) se espera una lectura de resultados, sencilla.

Con respecto a la determinación de nitratos y fosfatos, fue necesario el uso del fotómetro multiparamétrico de sobremesa, con número de serie C 200, en el manual de uso de este equipo, detalla el procedimiento y los reactivos a utilizar (Instruments, [sin fecha], p. 26), en el caso de la determinación de fosfatos los reactivos a utilizar se centran en el molibdato, aminoácido y aminoácido en líquido, con respecto a los nitratos los reactivos son sobres de polvo, propio del paquete.

Para determinar la presencia o ausencia de estos parámetros, las bases son colores, en el caso de nitratos el color ámbar debería predominar para determinar la presencia de estos; para conocer la presencia de fosfatos el color azul es el que debería resaltar.

Con respecto a la recolección de diatomeas se pretende recolectar y limpiar las rocas en las cuales existe la presencia de estas, para esto se utilizó la metodología de (Lobo et al., 2016; citados en Morales y Alvarez 2017, p. 19), la técnica de muestreo se realizó una vez en el año, por triplicado en el mes de Noviembre.

Los materiales necesarios para realizar el muestreo se detallan a continuación:

**Tabla 5-2:** Materiales utilizados en el laboratorio

Materiales	Unidades
Eppendorf	12
Cooler	1
Pipeta pasteur	12
Pincel #24	2

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- Se debe seleccionar un transecto de 100 m distribuidos cada 20 m obteniendo 3 subpuntos de muestreo, por punto determinado previamente.
- La profundidad de recogida de la muestra no debe superar los 50 cm, debido a que la luz podría ser limitante, es importante evitar el muestreo cerca de la orilla o en zonas muy sombreadas, a no ser que ésta sea la situación de todo el tramo de estudio.
- En cada uno de los puntos de estudio se debe recoger 5 piedras de superficie plana de 10 a 20 cm del lecho del río, a una profundidad de entre 10 y 30 cm, el sustrato debe tener una tonalidad café oscuro o marrón, en sentido aguas arriba, esto se debe hacer por triplicado tomando en cuenta que en cada punto de muestreo existen 3 subpuntos, tomando el distanciamiento recomendado de 20 metros por subpunto.
- Se debe colocar la piedra en una bandeja, remover la superficie de esta, utilizando un cepillo de cerdas suaves, en nuestro caso se optó por la utilización de un pincel grueso debido a que posee la suavidad requerida para obtener el sustrato, mediante una pipeta Pasteur se debe agregar un chorro de agua del río para de esta manera, desprender las especies que se encuentran adheridas del sustrato.
- La piedra al quedar limpia deja las diatomeas en el agua colectada de coloración café oscura mismas que se colocan en los eppendorf previamente etiquetados y a su vez en el cooler mismo que ayuda a la preservación de la muestra.
- Recoger datos fisicoquímicos pH, Temperatura, oxígeno, conductividad con ayuda de un multiparámetro.

### **2.3.3. Fase laboratorio**

El tratamiento en laboratorio de las muestras obtenidas tuvo base en la normativa española (AENOR, 2004, 2005; citado en Vicente et al., 2005, p. 95), sin embargo, fue necesario realizar modificaciones, con el objetivo de generar resultados eficaces y rápidos.

Los materiales, equipos y reactivos utilizados en la fase de laboratorio para limpiar las diatomeas obtenidas en la fase de campo se detallan a continuación.

**Tabla 6-2:** Materiales utilizados en el laboratorio

Materiales	Unidades
Tubos de ensayo	12
Gradilla metálica	1
Pinza de madera	1
Tubos falcón de 50 ml	4
Pipeta de 10 ml	1
Pera de succión	1
Olla calefactora	1
Tamiz 100 micras	1
Pipeta pasteur	12
Canicas de vidrio	12

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Tabla 7-2:** Equipo utilizado en el laboratorio

Equipos	Unidades
Centrifuga de 3000 rpm	1
Balanza analítica	1

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Tabla 8-2:** Reactivos utilizados en el laboratorio

Reactivos
Peróxido de hidrógeno al 30%
Agua destilada
Arena

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- Como paso inicial se debe tamizar las muestras por separado utilizando un tamiz de 100 micras, con el fin de eliminar la mayor cantidad de materia orgánica.
- Una vez tamizada la muestra, se coloca en el tubo de falcón, añadiendo 10 ml de agua destilada, este tipo de tubo resulta óptimo para el uso en la centrifuga.
- Previo a la centrifugación se debe nivelar los pesos en cada tubo falcón, para evitar cualquier daño en la misma, una vez comprobado ello se centrifuga a 1500 rpm durante 3 minutos, esto se debe realizar tres veces seguidas.
- Se debe eliminar el exceso de agua destilada y posterior a ello se procede a agitar la muestra para homogeneizar.
- Cuando la muestra ya esté homogeneizada se coloca en tubos de ensayo y posteriormente añadir 4 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, con ayuda de una pipeta de 10 ml y una pera de succión, se recomienda tener cuidado al destapar el reactivo.

- Llevar los tubos de ensayo con las muestras a baño de arena (colocada previamente en la olla de calefacción) durante 120 min a 95°C, antes de colocar estos, se debe tapar la boquilla del tubo con canicas de vidrio para evitar la salida de vapor.
- Una vez terminados los 120 min, se retira cada uno de los tubos del baño de arena, con ayuda de una pinza de madera y se los coloca en una gradilla hasta que estos se enfríen.
- Se debe retirar el exceso de peróxido de hidrógeno, desechándolo adecuadamente según las normas del laboratorio.
- Finalmente se añade 10ml de agua destilada, se centrifuga las muestras a 1500 rpm por 3 minutos y se coloca en los eppendorf para asegurar su conservación y permanencia.

#### 2.3.4. Fase de gabinete - Análisis de muestras e interpretación de resultados

El análisis de muestras está basado en la técnica de conteo e identificación de diatomeas redactada por (Gómez et al., 2009: p. 226), las modificaciones realizadas en esta metodología son mínimas, sin embargo es importante tomarlas en cuenta.

Los materiales utilizados en esta fase son los siguientes:

**Tabla 9-2:** Materiales utilizados en la fase de análisis de muestras

Materiales	Unidades
Reverbero	1
Malla metálica	1
Pinza de madera	1
Portaobjetos	15
Cubreobjetos	15
Pipeta pasteur	12
Marcador permanente	1

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Tabla 10-2:** Equipo utilizado en la fase de análisis de muestras

Equipos	Unidades
Microscopio	1

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- Se debe colocar 1ml de la muestra previamente agitada para homogeneizar la misma, en un portaobjetos etiquetado de manera que pueda ser identificado posteriormente.
- El cubreobjetos debe ser dividido en cuadrantes con ayuda de un marcador permanente para que resulte más fácil y rápido el conteo de los diferentes tipos de diatomeas encontrados.
- Para asegurar la permanencia de la muestra en el portaobjetos se somete al calor, con ayuda de una pinza de madera y un reverbero encendido con anterioridad.

- Una vez fijada la muestra y dividido el cubreobjetos en cuadrantes más pequeños, se coloca este encima del portaobjetos para colocarlo en el microscopio.
- El conteo e identificación de Diatomeas Epilíticas se realiza mediante la visualización en el lente de 40x del microscopio utilizado.
- Es importante mencionar que para la identificación es necesario el uso de monografías, guías taxonómicas, libros u otros documentos especializados en la diversidad de diatomeas presentes en ríos.
- Se realiza el conteo por cuadrante (el total de cuadrantes es 16) identificando la especie y contando el número de individuos existente en la muestra.
- Los datos se registran en una base de datos como Excel para su posterior utilización.

#### 2.3.4.1. Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS)

El Índice de Poluosensibilidad Específica, conocido por sus siglas, IPS, es un índice francés, basado en la Norma AFNOR NF. T 90-350, establecido en España bajo el código IPS-2013. Este índice va direccionado hacia todos los ecosistemas dulceacuícolas, debido a que las diatomeas se caracterizan por estar presentes estos. Se selecciona este índice debido a las ventajas que posee ya que es un proceso en el que se requiere muestras no menores a 400 valvas, siendo ese el caso de ese proyecto y al tratar variables cuantitativas se espera una estimación más acertada y sensible. La fórmula utilizada para el cálculo del IPS es la siguiente:

$$IPS = 4.75 * \frac{\sum Aj * Sj (i) * Vj}{\sum Aj * Vj} - 3.75$$

Donde:

Aj = Abundancia relativa de la especie j resultado analítico de laboratorio

Sj = Valor de sensibilidad por especie, específicamente j

Vj = Valor de tolerancia por especie, específicamente j

Para la interpretación de resultados una vez obtenidos los valores de los productos de las abundancias relativas de cada genero de las especies se automatiza el sumatorio, cuyo resultado se divide por el sumatorio de las abundancias de las especies multiplicadas por los valores de tolerancia lo cuales se ponderan por medio de los coeficientes indicados en la fórmula, para determinar el estado trófico del agua, se aplican ciertas directrices detalladas en la guía francesa descritas por (Prygiel y Coste, 2000: p. 48).

**Tabla 11-2:** Clasificación del estado ecológico según la puntuación del IPS

SIGNIFICADO	VALOR
EXCELENTE ESTADO	$20 \geq 17$
BUEN ESTADO	$17 \leq 13$
ESTADO MODERADO	$13 \leq 9$
ESTADO MALO	$9 \leq 5$
ESTADO DEFICIENTE	$5 \leq 0$

Fuente: (Prygiel, 2000)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Para la aplicación de este índice es necesario clasificar a las especies de diatomeas encontradas en el tramo estudiado del río Yanayacu, según géneros esto se logrará con ayuda de la guía francesa de Prygiel, en la cual detalla las características y especies respectivas de cada género.

#### 2.3.4.2. Índice de biodiversidad de Shannon Wiener

El índice de Shannon-Wiener es utilizado para medir la biodiversidad específica; existe una variación entre 0.5 y 5, son considerados como normales, valores entre 2 y 3, si se evidencia un valor inferior a 2 se dice que la diversidad es baja y superiores a 3 se denota como alto. La ventaja que sobresale al utilizar este tipo de índices es que no es necesario identificar las especies presentes, solo basta con distinguir unas de otras y contabilizar los individuos, para determinar el recuento total.

La fórmula del índice de Shannon según la metodología utilizada en (Serrano, 2018, p. 14), es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi * \ln(pi)$$

Donde:

S = riqueza de especies (número)

pi = proporción de individuos de la especie/respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i):  $\frac{ni}{N}$

ni = número de individuos por especie, en este caso, i

N = número total de individuos de las especies encontradas

En este caso las especies en estudio son Diatomeas Epilíticas, este índice contempla la cantidad de diatomeas presentes en tramo de río Yanayacu estudiado, denotado como riqueza de especies y la cantidad relativa de individuos de cada una de las especies dentro del grupo de Diatomeas Epilíticas considerando así su abundancia.

**Tabla 12-2:** Interpretación del índice de Shannon Wiener

Valores	Interpretación
0.1 – 1.5	Diversidad baja
1.6 – 3.0	Diversidad media
3.1 – 4.5	Diversidad alta

Fuente: (Alvarez, 2017)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

### 2.3.4.3. Índice de biodiversidad de Simpson

El índice de diversidad de Simpson es conocido como índice de dominancia o índice de la diversidad de especies, este permite medir la riqueza de organismos, también es utilizado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat específica, para ello es necesario tomar un determinado número de especies y su abundancia relativa. Este índice representa la probabilidad de que, dentro de un hábitat determinada, dos individuos pertenezcan a la misma especie, cabe mencionar que estos son seleccionados al azar. Para interpretar los resultados se dice que mientras el valor de este índice se acerque a la unidad, hay mayor probabilidad de dominancia de una especie y de una población, en otro caso, cuanto más se acerque a cero, mayor es la biodiversidad de un hábitat. La fórmula utilizada según la metodología utilizada por (Bouza y Covarrubias, 2005: p. 5), es la siguiente:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S = es el número de especies

N = es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)

n = es el número de ejemplares por especie

Para este proyecto de investigación se toma como hábitat al tramo del río Yanayacu muestreado, como organismos de estudio se tomó en consideración a las Diatomeas Epilíticas.

**Tabla 13-2:** Interpretación del índice de Simpson

Valores	Interpretación
0.00 – 0.35	Diversidad baja
0.36 – 0.75	Diversidad media
0.76 – 1.00	Diversidad alta

Fuente: (Alvarez, 2017)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.



#### 2.3.4.4. Índice de Berger-Parker

Este índice más que un índice de diversidad es considerado como uno de dominancia, varía entre 0 y 1, se dice que mientras el valor más se acerca a 1 significa que la dominancia es mayor y por lo tanto se tiene una menor diversidad. La fórmula por utilizar es la siguiente:

$$D = \frac{N_{max}}{N}$$

Dónde:

N<sub>máx</sub> = abundancia de la especie dominante

Con respecto a la interpretación de datos se puede dividir los rangos en tres partes considerando como diversidad alta, media y baja, se sabe que mientras el valor más se acerque a uno existe menos diversidad, entonces el rango iría de la siguiente manera como se detalla en la tabla 16-2:

**Tabla 14-2:** Interpretación del índice de Berger-Parker

Valores	Interpretación
0.00 – 0.33	Diversidad alta
0.34 – 0.67	Diversidad media
0.68 – 1.00	Diversidad baja

Fuente: (Alvarez, 2017)

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

## 2.4. Muestreo de coliformes totales y fecales

Para el muestreo de coliformes totales y fecales se debe considerar situaciones individuales para aguas naturales, en este caso se trata de la subclasificación de ríos o vertientes según la normativa (NTE INEN 2226:2013, 2013, p. 6), en la cual menciona que los lugares que se deben seleccionar para que proporcionen una muestra representativa deberían ser donde se presenten grandes descargas o separaciones, es importante evitar las represas o lugares donde ocurren pequeñas descargas con efectos muy locales.

### 2.4.1. Fase de campo

La metodología a seguir en la fase de campo está basada en el protocolo propuesto por (Barreto, 2010, p. 14), en el cual habla acerca de la toma de muestras y clasifica criterios según los indicadores a analizar, en el presente proyecto de investigación se requiere el muestreo de indicadores biológicos.

Los materiales requeridos en la fase de campo para el muestreo de coliformes totales y fecales se describe a continuación:

**Tabla 15-2:** Materiales para el muestreo de coliformes totales y fecales

Materiales	Unidades
Cooler	1
Frascos de plástico con boca ancha	4
Guantes	2 pares

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- Es necesario el ingreso al punto de muestreo del río de uno a dos metros dentro, debido a que la muestra no debe ser tomada junto a la orilla.
- Una vez etiquetados los frascos de plásticos, se procede a abrir el envase, y realizar una toma directa a unos 30 cm por debajo de la superficie, dejando un espacio  $\frac{1}{3}$  del frasco para aireación y mezcla.
- En base al protocolo propuesto por (INTA, 2011, p.7), se recomienda que la muestra se mantenga refrigerada o en un ambiente fresco y cerrado ya que tanto las temperaturas altas como la luz provocan la multiplicación de microorganismos e invalidan la muestra, esto se cumple colocando las muestras en un cooler hasta su arribo al laboratorio.

#### 2.4.2. Fase de laboratorio

El proceso desarrollado en laboratorio consiste en sembrar las muestras de agua creando diluciones en los agares EMB y MacConkey, se eligió este tipo de agar en base a los certificados de análisis de cada uno de ellos (INSUMOLAB, 2018a, p.1) y (INSUMOLAB 2018b, p.1), en sus certificados detallan que estos son recomendados para análisis de microorganismos Gram negativos, de manera especial lo que es coliformes y enterobacterias.

Los materiales utilizados en la fase de laboratorio para el análisis de coliformes totales y fecales, son los siguientes:

**Tabla 16-2:** Materiales utilizados en la fase de laboratorio para el análisis de coliformes totales y fecales

Materiales	Unidades
Pipeta de 1ml	1
Pera de succión	1
Cajas Petri	4
Aza metálica	1
Mechero	1

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Tabla 17-2:** Equipos utilizados para el análisis de coliformes totales y fecales

Equipos	Unidades
Incubadora	1

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Tabla 18-2:** Reactivos utilizados para el análisis de coliformes

Reactivos
Agar MacConkey
Agar EMB
Agua destilada

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- Como primer punto se realiza dilución de  $10^{-1}$  de cada muestra.
- Una vez hechas las diluciones, con ayuda de una pipeta y una pera de succión se toma 1ml de la muestra y se coloca en el agar.
- En este proyecto se toma en consideración el uso de dos agares, EMB y MacConkey, por lo que dos de las muestras serán sembradas en uno y dos en otro, es importante mencionar que los agares ya venían preparados y en estado gelatinoso ya que fueron adquiridos previamente.
- Para la siembra se procede a realizar la técnica de siembra por extensión por superficie, con ayuda de una aza metálica, previamente esterilizada, llevándola al fuego en el mechero, se extiende la muestra por todo el agar.
- Una vez realizada la siembra, se tapa la caja Petri y se la lleva a incubación a una temperatura de 35 °C durante 48 horas.

#### **2.4.3. Fase de gabinete - Análisis de muestras e interpretación de resultados**

Con respecto al análisis de muestras, el procedimiento de conteo se lo realiza mediante el método de UFC, unidades formadoras de colonias, ya que este es aplicable para el conteo de coliformes totales y fecales, esto se realizó en base a (Jordán, Britto y Mazo, 2017: p. 9). Como inicio se cuantifica las colonias presentes en las muestras y posterior a ello se aplica la técnica de UFC citada, con ciertas modificaciones, el procedimiento detallado se lo muestra a continuación:

- Con ayuda de un marcador permanente se traza dos líneas una vertical y una horizontal, en forma de cruz en la tapa de la caja Petri con la finalidad de contar las colonias presentes en cada cuadrante, esto se realizó en las 4 cajas, sin embargo, al existir un mínimo número de colonias se optó por cuantificar el total.
- Se cuantifica el número de colonias y se identifican las mismas, con ayuda de guías, libros o información que proporcione los nombres de cada colonia presente.

- Una vez encontrada el nombre al que pertenece cada colonia se aplica el método de UFC para encontrar el número de individuos de cada colonia mediante la siguiente fórmula:
- $UFC/mL = \text{Número de colonias} \times (1/f) \times \text{volumen del inóculo}$
- Finalmente, se registra los datos.

## 2.5. Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson está diseñado para el análisis de variables cuantitativas, su objetivo consiste en medir el grado de covariación entre variables distintas, pero a su vez relacionadas linealmente; este índice adimensional varía entre -1,0 y 1,0, reflejando el grado de dependencia lineal entre dos conjuntos de datos.

En este proyecto se plantean dos variables a ser relacionadas:

- Coliformes totales y/o Fecales
- Diatomeas Epilíticas

La fórmula a utilizar está descrita según la metodología de (Salinas, 2017, p. 23):

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

Donde  $x$  e  $y$  son las medias de muestra promedio de la (matriz 1) y el promedio de la (matriz 2). Se dice que mientras más cercano esté el valor a 1 o -1 existe una correlación más clara ya sea negativa o positiva, en este caso se toma valores superiores a 0.5 o -0.5 ya que superior a la mitad ya es significativo; es importante mencionar que los valores determinados muestran, la posición en desviaciones tipo de un individuo respecto a su media.

Para la interpretación de resultados es importante obtener una tabla de correlación en base a las variables mencionadas tomando en cuenta que lo que se busca es determinar las posibles relaciones existentes entre estos indicadores de contaminación y a la vez encontrar la probabilidad de efectos de dependencia entre algunos de los datos. El análisis de resultados se realizará en base a (Gutiérrez et al., 2020: p. 11), debido a que tratan de la relación existente entre contaminantes atmosféricos, por lo tanto sigue el mismo fin.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos del agua de los puntos muestreados, fueron tomados in-situ, con la ayuda de un multiparámetros; con respecto a fosfatos y nitratos, el análisis se realizó ex-situ en el laboratorio del Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), con ayuda del fotómetro multiparamétrico de sobremesa, con número de serie C 200, estos equipos generan resultados rápidos y confiables; los datos se presentan por puntos de muestreo, como se puede observar en la tabla 19-3:

**Tabla 19-3:** Parámetros fisicoquímicos

Puntos de muestreo	D5	D6	D7	D8
Potencial de hidrogeno (pH)	6.60	6.39	6.16	6.79
Temperatura (°C)	13	12	14	12
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	130	136	75	109
Salinidad (ppm)	65	68	37	48
Potencial Redox	278	285	271	203
Oxígeno disuelto (mg/L)	14	15	15.7	15.9
Fosfatos	0.45			
Nitratos	0.1			

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Para el caso de pH en Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua en la tabla 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, el potencial de hidrógeno (pH) es de 5-9, en los cuatro puntos de monitoreo del río Yanayacu se cumple con la norma, en el punto D8 donde el pH es el más elevado muestra un estado desfavorable para la de Diatomeas Epilíticas, en la misma tabla especifica que la temperatura deberá ser menor al 35°C, en el cauce hídrico del rio Yanayacu por estar en la región andina del Ecuador sus temperaturas en los puntos muestreados van desde 12-14°C, se cumple con la norma, concerniente a la conductividad eléctrica (CE), en esta tabla también se establece la norma para oxígeno disuelto siendo esta no menor al 80% y no menor a 6 mg/l, en nuestro muestreo los cuatro puntos cumplen con el límite permisible estando estos valores entre 14-15.9 mg/l, permitiendo el desarrollo de la vida acuática

como peces, algas, y otros organismos, es considerado como indicador de la capacidad de río para mantener la vida acuática, en la tabla 7 del mismo anexo, los parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego estable para CE de 0.7-3 milimhos/cm, la conductividad eléctrica a diferencia de los demás resultados es alta con 136 uS/cm, el incremento se debería principalmente por los efluentes que vierte CELEC EP, en el caso de la conductividad eléctrica demuestran un estado desfavorable para el desarrollo adecuado las diatomeas siendo el segundo más bajo en cuanto a abundancia específica, la salinidad está muy relacionada con la conductividad eléctrica porque la cantidad de iones aumentan en ambas sus valores lo cual se ve reflejado en el punto D6, para los nitratos y fosfatos tenemos un solo valor dado que se generó una muestra compuesta de los cuatro puntos teniendo para nitritos 0.1 mg/l, mientras que en la norma para la preservación de la vida acuática el límite permisibles es 10 mg/l, el resultado obtenido indica que a pesar de los vertidos industriales y domésticos, los compuestos generalmente vertidos y filtrados no son ricos en nitrógeno, para el fosfato se tiene 0.45 mg/l en cual se relaciona con la norma internacional Colombiana (Guillermo et al. 2002: p. 11), que establece límites no superiores a 0.5 mg/l, nuestro valor levemente se acerca a este debido a factores como: materia orgánica proveniente de vegetación de ribera, descargas sólidas y líquidas de actividades industriales, agrícolas y domésticas contribuyen a las concentraciones de fosfatos.

### **3.2. Diatomeas Epilíticas**

El análisis e identificación de Diatomeas Epilíticas se realizó en las instalaciones del laboratorio de Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), donde se desarrolló la limpieza de muestras y posterior a ello, la observación en el microscopio, mediante este proceso se obtiene el número de individuos por especie, cabe destacar que para la identificación fue necesario el uso de la Guía de Diatomeas de la cuenca del Duero, tomando en cuenta que es la más completa encontrada en bibliografía, (Blanco et al. 2011, p. 58). Las especies encontradas en los cuatro puntos de estudio forman un total de 33, estos individuos por punto se presentan en el anexo C, sin embargo, resulta necesario conocer no solo la abundancia absoluta si no también la abundancia relativa misma que expresa en porcentaje, en el anexo D se puede observar estos parámetros por punto y por especie.

**Tabla 20-3:** Géneros y especies de Diatomeas Epilíticas

<b>Género</b>	<b>Especies</b>	<b>Individuos</b>
<i>Amphora</i>	<i>Amphora indistincta</i>	14
	<i>Amphora meridionalis</i>	25
<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella excisa var. angusta</i>	350
	<i>Cymbella tumida</i>	49
<i>Diploneis</i>	<i>Diploneis parma</i>	207
<i>Encyonema</i>	<i>Encyonema lange-bertalotii</i>	8
	<i>Encyonema minutum</i>	31
	<i>Encyonema prostratum</i>	16
<i>Epithemia</i>	<i>Epithemia sorex</i>	235
	<i>Epithemia turgida</i>	237
<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria arcus</i>	3699
	<i>Fragilaria perminuta</i>	350
	<i>Fragilaria tenera</i>	40
	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	7
<i>Gomphoneis</i>	<i>Gomphoneis minuta</i>	46
<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema acuminatum</i>	55
	<i>Gomphonema exilissimum</i>	22
	<i>Gomphonema parvulum</i> <i>f. saprophilum</i>	853
	<i>Gomphonema rhombicum</i>	25
	<i>Gomphonema truncatum</i>	51
	<i>Gomphonema minusculum</i>	36
<i>Melosira</i>	<i>Melosira varians</i>	4254
<i>Navicula</i>	<i>Navicula cryptotenella</i>	407
	<i>Navicula utermoehli</i>	3
<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia filiformis</i>	729
	<i>Nitzschia palea</i>	13
	<i>Nitzschia sociabilis</i>	12
	<i>Nitzschia umbonata</i>	70
<i>Rhopalodia</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>	6
<i>Synedra</i>	<i>Synedra sp</i>	463
<i>Tabellaria</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>	11
<i>Ulnaria</i>	<i>Ulnaria acus</i>	74
	<i>Ulnaria ulna</i>	406

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

- ***Amphora*:**

*Amphora indistincta*:

Poseen un rango de tamaño de 11-100  $\mu\text{m}$ , las células pequeñas tienen mayores tasas de crecimiento y división celular que las células grandes, por su tamaño son ligeramente móviles, con inserción postrados lo cual indica que son resistentes a los altos flujos, pero no son comunes

en aguas con sedimento porque pueden ser cubiertas por estos, esto se da en hábitat bentónicos, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas

*Amphora meridionalis:*

Con rango de tamaño de 101-1000  $\mu\text{m}$ , por su tamaño son moderadamente móviles, con inserción postrada con resistencia a altos flujos de caudal, se encuentran en hábitat bentónicos, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas, estas viven de manera solitaria.

- ***Cymbella:***

*Cymbella excisa var. angusta:*

Con rango de tamaño de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , por su tamaño son ligeramente móviles, se encuentran en hábitat bentónicos, con un gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles.

*Cymbella tumida:*

Está ampliamente distribuida, aunque normalmente no alcanza una gran abundancia, en rango de tamaño de 10001-100000  $\mu\text{m}$ , son ligeramente móviles, se encuentran en hábitat bentónicos como en ríos y lagos, en una amplia gama de condiciones, como colonias ocasionales de ocurrencia rara, y un gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles.

- ***Diploneis:***

*Diploneis parma:*

Se registra con frecuencia en ríos, con rangos de tamaño de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , permitiéndoles ser moderadamente móviles, viven en hábitat bentónicos, de manera solitaria en cuerpos hídricos.

- ***Encyonema:***

*Encyonema lange-bertalotii:*

Se encuentra en lugares con bajas concentraciones de nutrientes, baja conductividad eléctrica y pH ligeramente alcalino con un rango de tamaño de 101-1000  $\mu\text{m}$ , permitiéndoles ser una especie moderadamente móvil, cuyo hábitat es bentónico, que se encuentra en colonias ocasionales.

*Encyonema minutum:*

La especie cuenta con presencia en hábitats bentónicos de agua dulce débilmente ácidos, en cursos hídricos como ríos, en rangos de tamaño de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , permitiéndoles ser moderadamente móviles en el agua, se presentan mediante colonias ocasionales de ocurrencia rara.

*Encyonema prostratum:*

Se presenta en mayor abundancia en pH de 6 a 7 en un rango de tamaño 1001-10000  $\mu\text{m}$ , permitiéndole ser ligeramente móvil, los hábitats bentónicos, con recurrencia ocasional de colonias.



- ***Epithemia:***

*Epithemia sorex:*

Esta especie contiene frústulos que permiten la fijación de nitrógeno, lo que hace que se vuelva abundante en habitadas con una relación de N/P baja en ríos, con rango de tamaño de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , por su tamaño son moderadamente móviles, se encuentran en hábitat bentónicos, de manera solitaria, con un gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles.

*Epithemia turgida:*

De igual manera que *Epithemia sorex* esta contiene cianobacterias fijadoras de nitrógeno, es abundante en ríos, con rangos de tamaños de 1001-10000 y 10001-100000  $\mu\text{m}$ , siendo moderadamente móvil de inserción postrada con resistencia a altos flujos de caudal, viven de manera solitarias, con un gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles.

- ***Fragilaria:***

*Fragilaria arcus:*

Son especies que tienen ocurrencia a pH de 6, con tamaños de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , de motilidad inmóvil e inserción postrada que les da la característica de fijación al sustrato a altos flujos de caudal, estas viven en hábitats bentónicos y planctónicos.

*Fragilaria perminuta:*

Son especies con tamaños de 11-100  $\mu\text{m}$ , de motilidad inmóvil e inserción postrada de resistencia a altos flujos de caudal, estas viven en hábitats bentónicos.

*Fragilaria tenera:*

De hábitat planctónico de tamaños de 101-1000  $\mu\text{m}$ , poseen motilidad inmóvil, con gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles, con características de formar pequeñas colonias unidas entre ellas, este taxón es muy común en el plancton.

*Fragilaria vaucheriae:*

Especies bentónicas, con tamaños 101-1000  $\mu\text{m}$  de motilidad inmóvil formando colonias en empalizada unidas al sustrato por un extremo, con gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles.

- ***Gomphoneis:***

*Gomphoneis minuta:*

De hábitat bentónico de tamaños de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , poseen motilidad moderadamente móvil, con gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles, de inserción vertical donde los tallos crean área donde se pueden anclar las células.

- ***Gomphonema:***

*Gomphonema acuminatum:*

Especie de tamaños de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , de motilidad moderadamente móvil, con inserción postrada o vertical, en hábitat bentónicos se encuentra presente con gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles.

*Gomphonema exilissimum:*

Especie de tamaños de 10001-100000  $\mu\text{m}$ , con hábitats bentónicos.

*Gomphonema parvulum f. saprophilum:*

Especie de tamaños de 11-100  $\mu\text{m}$ , de motilidad inmóvil, con inserción vertical al sustrato en hábitats bentónicos.

*Gomphonema rhombicum:*

Son especies que aparecen en forma de colonias con rangos de tamaños de 101-1000  $\mu\text{m}$ , de motilidad moderadamente móvil, con inserción vertical, en hábitat bentónicos se encuentra presente con ocurrencia rara con gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles.

*Gomphonema truncatum:*

De hábitat bentónico de tamaños de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , poseen motilidad moderadamente móvil, con inserción postrada y vertical a un sustrato con gradiente de condición biológica de 3, siendo el valor para especies sensibles.

*Gomphonema minusculum:*

Especie con tamaños relativos a 101-1000  $\mu\text{m}$ , poseen motilidad moderadamente móvil, con inserción vertical a un sustrato, habitan en hábitat bentónicos.

- ***Melosira:***

*Melosira varians:*

Es muy común en ríos, se considera que estas especies toleran la mala calidad del agua, aunque también puede encontrarse en lugares más vírgenes, con células unidas en largas cadenas filamentosas, son colonias con una ocurrencia común, encuentra principalmente en hábitats bénticos y planctónico de tamaño 10001-10000  $\mu\text{m}$ , de motilidad inmóvil, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas.

- ***Navicula:***

*Navicula cryptotenella:*

Es muy común en ríos con pH 7-8 con de colonias solitarias en hábitat bentónicos, con rangos de tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , de motilidad altamente móvil.

*Navicula utermoehli:*

Esta especie está presente en sedimentos de ríos, con rangos de tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , es altamente móvil en el hábitat bentónico, está de manera solitaria pero muy común con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas.

- ***Nitzschia:***

*Nitzschia filiformis:*

Esta especie tiene rangos de tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , es moderadamente móvil en sustratos de hábitat bentónico, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas.

*Nitzschia palea:*

Especie presente en sedimentos con rangos de tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , es moderadamente móvil, de inserción postrada en sustratos de hábitat bentónicos, con un gradiente de condición biológica de 5, siendo el valor para especies tolerantes a niveles crecientes de perturbación humana.

*Nitzschia sociabilis:*

Son especies bentónicas con rangos de tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , altamente móviles con colonias de manera solitaria, con inserción en forma de tubos de un extremo al sustrato, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas.

*Nitzschia umbonata:*

Son especies bentónicas, con rango de tamaños de 101-1000  $\mu\text{m}$ , moderadamente móviles con inserción postrada al sustrato, con un gradiente de condición biológica de 4, siendo el valor para especies indiscriminadas.

- ***Rhopalodia:***

*Rhopalodia gibba*

Esta especie bentónica, con rango de tamaños de 1001-10000  $\mu\text{m}$ , moderadamente móvil con inserción postrada al sustrato, de colonias solitarias con ocurrencia rara, viven en hábitat bajos en nitrógeno, con gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles.

- ***Synedra:***

*Synedra sp:*

Especie de ríos bien definida con tamaño 101-1000  $\mu\text{m}$ , de motilidad inmóvil con inserción postrada al sustrato de hábitat ventánico de colonias solitarias con ocurrencia rara.

- ***Tabellaria:***

*Tabellaria flocculosa:*

Es una especie de agua dulce y crecen en sustratos duros o vegetación, de tamaños 11-100 y 101-1000  $\mu\text{m}$ , con motilidad inmóvil, con inserción postrada al sustrato ante flujos de agua altos, es

de hábitat tanto béntico y planctónico, con gradiente de condición biológica de 2, siendo el valor para especies altamente sensibles.

- ***Ulnaria:***

*Ulnaria acus:*

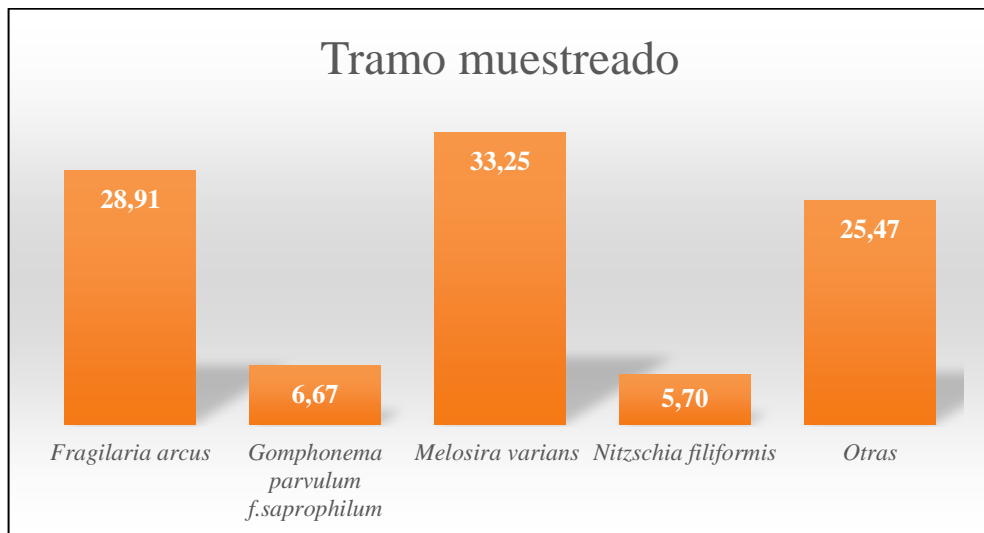
Especie de colonias ocasionales en ríos, con ocurrencia rara de tamaño 1001-10000  $\mu\text{m}$ , y motilidad inmóvil postrados a los sustratos de hábitat bentónicos y planctónicos.

*Ulnaria ulna:*

Especie distribuida en ríos de corriente lenta, de tamaño 1001-10000  $\mu\text{m}$ , con motilidad inmóvil, con inserción vertical en un extremo de sustrato, es de hábitat tanto béntico y planctónico, de colonias ocasionales de ocurrencia rara.

- ***Abundancia de las especies de Diatomeas Epilíticas***

La abundancia representativa total y por punto de Diatomeas Epilíticas encontradas en el tramo estudiado, sirve para conocer cuán comunes o raras son las especies dentro de un ecosistema; se conoce que la abundancia absoluta es el número de especies encontradas en el punto o tramo designado, sin embargo, la abundancia relativa se calcula dividiendo el número de especies de un grupo por el número total de especies de todos los grupos, multiplicado por 100 para conocer su porcentaje total, es importante mencionar que especies con valores superiores al 5% se consideran representativas, estas son detalladas a continuación:



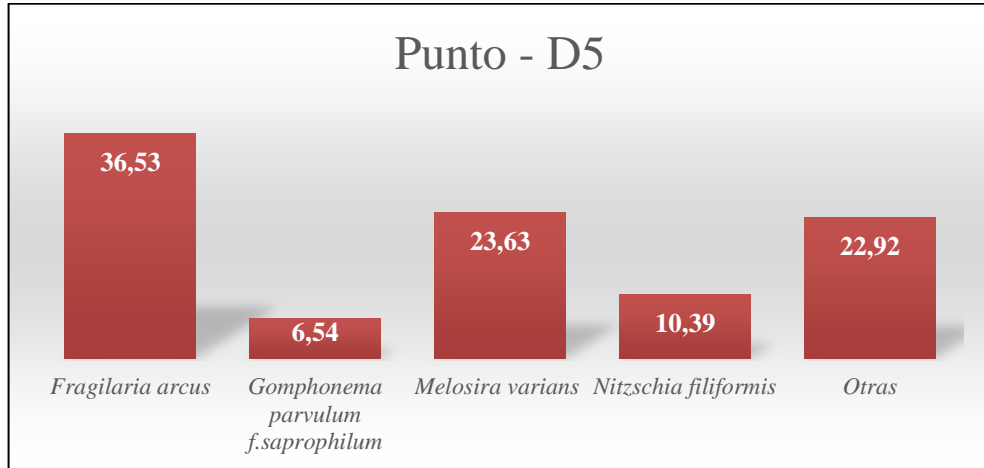
**Gráfico 1-3:** Abundancia del tramo general muestreado

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En el tramo muestreado (4 puntos), existe una totalidad de 33 especies, de las cuales sobresalen 4, superando el 5% de abundancia relativa, sin embargo, dos de ellas mantienen un porcentaje elevado, tratándose de *Fragilaria arcus* y *Melosira varians*, con un porcentaje de 28.91% y 33.25% respectivamente, la especie con mayor porcentaje se caracteriza por ser colonizadora

en ambientes donde existe gran acumulación de materia orgánica (Darwich, Gil y Moreno, 2017: p. 14), de allí su abundancia; es importante mencionar que estas especies forman un total de 74.53% dejando un restante de 25.47% este porcentaje está conformado por las 29 especies restantes mismas que conforman la diversidad de este tramo de estudio del río Yanayacu.

**Punto – D5**

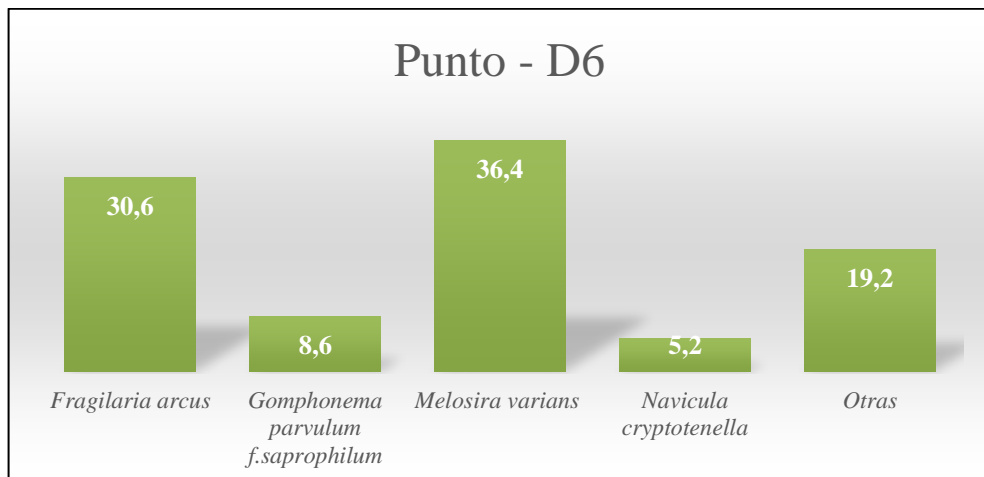


**Gráfico 2-3:** Abundancia representativa en el punto D5

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En este punto se puede observar 4 especies representativas con una abundancia relativa superior al 5%, sin embargo, la especie que sobresale en este punto de muestreo es *Fragilaria arcus*, esta tiene un porcentaje de 36.53% con respecto a las demás; es importante mencionar que el 22.91% se centra a las especies poco abundantes, pero a su vez significativo debido a que contribuyen a la diversidad de este punto.

**Punto – D6**

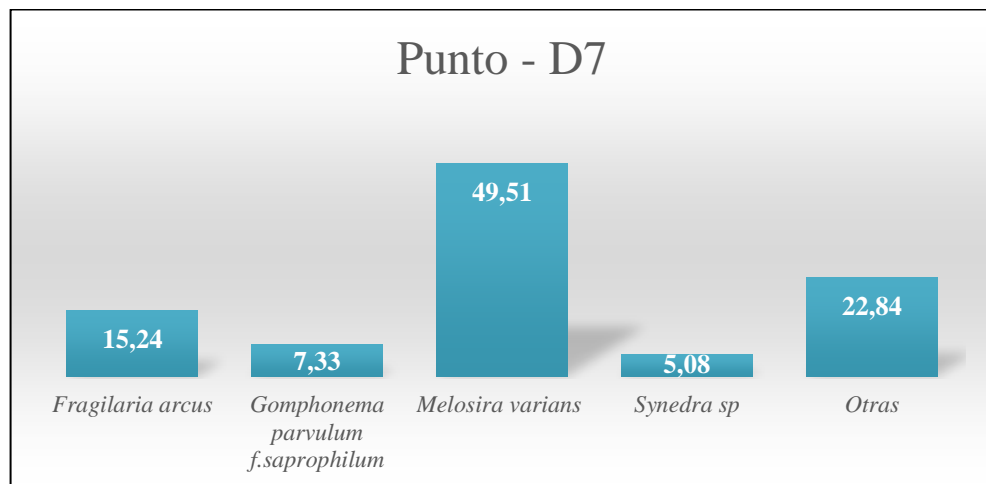


**Gráfico 3-3:** Abundancia representativa en el punto D6

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En este punto existen 4 especies representativas al igual que en el punto D5, sin embargo, la diferencia radica en la especie *Navicula cryptotenella*, quien se caracteriza por tener un amplio rango de tolerancia en cuanto a pH, contenido de nutrientes y electrolitos (Escobar, 2012, p. 91), esta se une al grupo que supera el porcentaje de representatividad, reemplazando a la especie *Nitzschia filiformis* del punto D5, quien lleva el protagonismo en este punto es *Melosira varians*, esta especie contiene el porcentaje más alto en cuanto a abundancia con un valor de 36.4% con respecto a las demás; las especies no mencionadas en la representatividad de abundancia tienen un nivel de importancia amplia con un porcentaje de 19.2% debido a que forman parte de la composición y diversidad de especies de este punto.

### Punto – D7

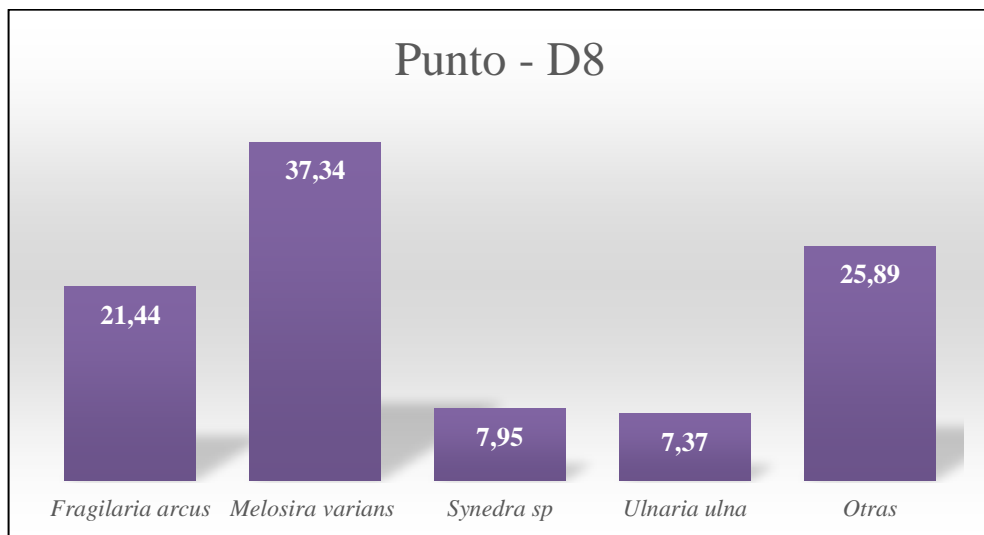


**Gráfico 4-3:** Abundancia representativa en el punto D7

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En este caso también existen 4 especies representativas, quienes superan el 5% en abundancia relativa, la especie que varía con respecto al punto D5 y D6 es *Synedra sp.*, esta contiene el porcentaje mínimo en cuanto a representatividad; la especie con mayor abundancia es *Melosira varians*, esta se acerca al 50% significando que cerca de la mitad de todas las especies encontradas en este punto pertenecen a esta especie, específicamente comprende el porcentaje de 49.51%; las especies no mencionadas constituyen un porcentaje de 22.84% y forman parte fundamental de la abundancia y diversidad general del tramo.

## Punto – D8

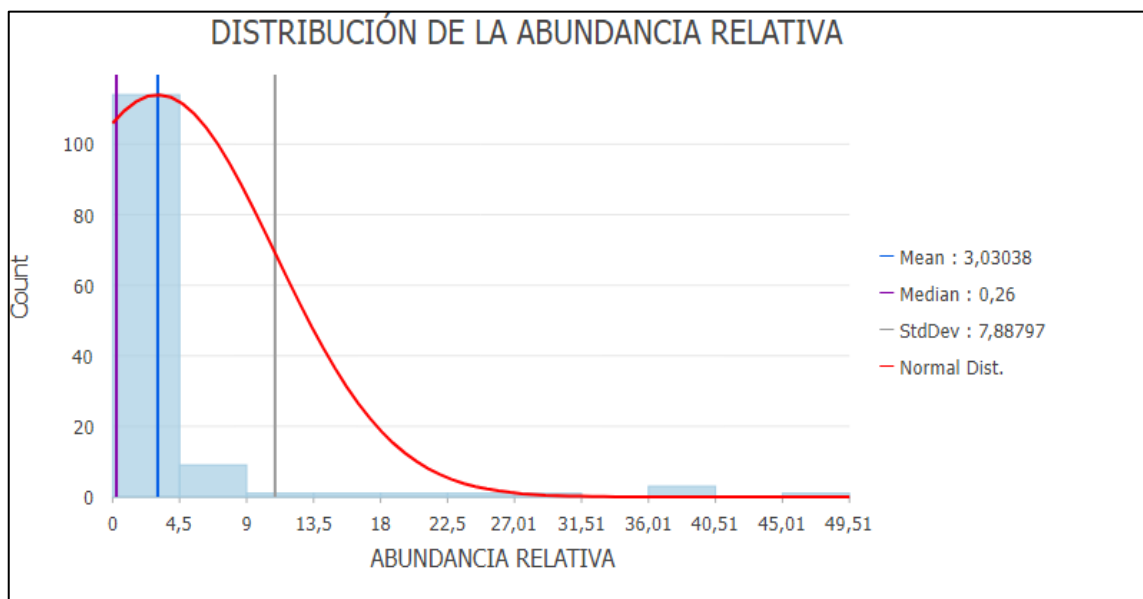


**Gráfico 5-3:** Abundancia representativa del punto D8

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En este punto varían dos especies, *Synedra sp.* y *Ulnaria ulna*, estas cuentan con un porcentaje de representatividad similar, cercano al 8%, *Ulnaria ulna* se caracteriza por vivir en corrientes rápidas (Daruich, Gil y Moreno, 2017: p. 13), característica propia de este punto de muestreo; la especie con mayor abundancia al igual que en el punto D6 y D7 es *Melosira varians*, con un porcentaje de 37.34% con respecto a las demás; las especies no mencionadas con un porcentaje de 25.9%, contribuyen a la abundancia y diversidad de este punto.

- **Distribución de la abundancia relativa**



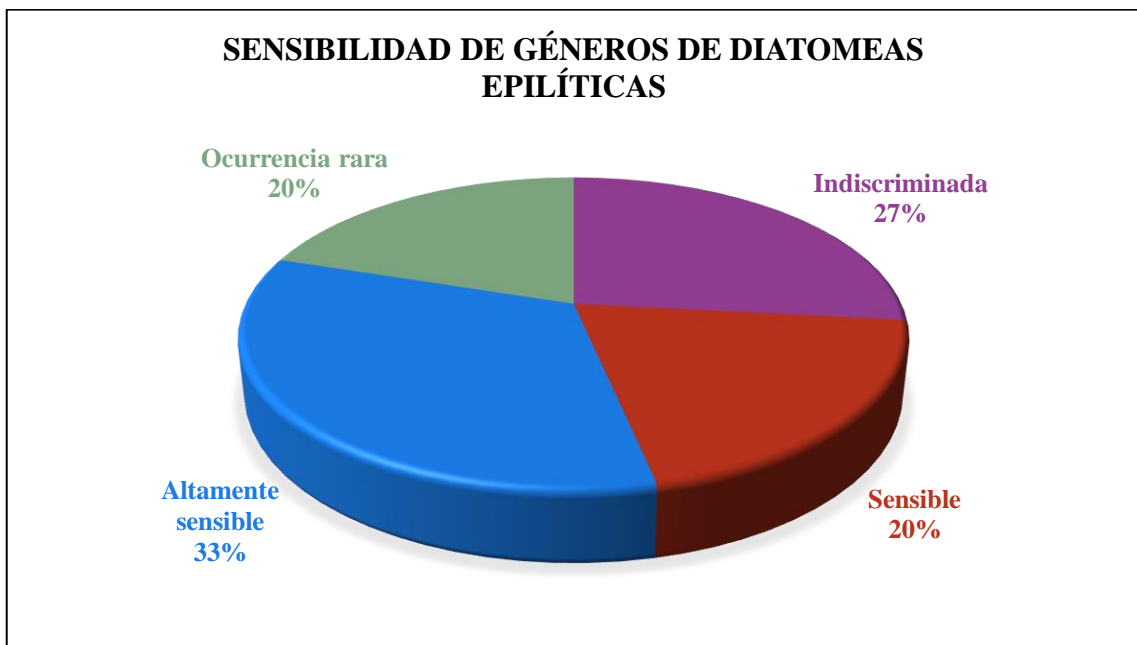
**Gráfico 6-3:** Distribución de la abundancia relativa

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Al observar la gráfica se puede decir que la media mediana y moda se encuentran al lado izquierdo, deduciendo que sigue una simétrica positiva y está sesgada hacia la izquierda, distribuyéndose las especies positivamente. Con respecto a la desviación estándar, al ser asimetría positiva, los datos tienden a poseer una dispersión hacia la derecha con un valor de 7.89. La mayoría de las especies se encuentran más distribuidos a la derecha de la media.

- **Sensibilidad de Diatomeas Epilíticas**

Como parte de los productores primarios en los sistemas acuáticos, las diatomeas son altamente sensible a cambios en las propiedades químicas del medio, especialmente la concentración de nutrientes (P, N) y la presencia de contaminantes. Debido a su constante contacto con el agua, responden de manera muy específica a los cambios ambientales en los ecosistemas que desarrollan; los géneros que son altamente sensibles son *Cymbella*, *Epithemia*, *Gomphoneis*, *Rhopalodia* y *Tabellaria*, con valor de sensibilidad de 2, seguido de *Diploneis*, *Fragilaria* y *Gomphonema*, que son consideradas sensibles cuyo valor de sensibilidad es 3; luego tenemos a *Amphora*, *Melosira*, *Navicula* y *Nitzschia*, considerados géneros indiscriminados con valor de sensibilidad 4; por ultimo tenemos a *Encyonema*, *Synedra* y *Ulnaria* que son géneros de ocurrencia rara.



**Gráfico 7-3:** Sensibilidad de géneros de Diatomeas Epilíticas

**Realizado por:** Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

El porcentaje superior es el de especies altamente sensibles, mismas que son indicadores de una buena calidad del agua, pues al ser altamente sensibles a contaminantes y predominar en la zona significa que no hay condiciones que motiven a que estas desaparezcan, considerando al recurso



hídrico como poco contaminado, si bien el número de individuos perteneciente a esta clasificación no es el mayor, su diversidad contribuye mucho al balance de la calidad del agua del tramo del río; en el porcentaje de especies indiscriminadas se encuentra la especie con mayor abundancia reportada, *Melosira varians*, esta está presente en los cuatro puntos de muestreo y representa el alto nivel de tolerancia a la contaminación, todo lo contrario a *Fragilaria arcus*, quien es la segunda en abundancia, siendo considerada como sensible como se puede observar en el gráfico 6-3, contribuyendo al 20% de esta clasificación, a su vez ayuda a las altamente sensibles para catalogar al recurso hídrico como poco contaminado, creando un balance entre poca presencia de contaminantes y alta, debido a la presencia de *Melosira varians*, según la sensibilidad de las especies de Diatomeas Epilíticas encontradas, se podría decir que este tramo de río estudiado es medianamente contaminado.

En el estudio realizado por Lascano y Muñoz en (2020: p. 46), se determina la presencia de 59 especies de Diatomeas Epilíticas en las aguas del río Yanayacu, los puntos de muestreo se encuentran en los sectores de los barrios, San José, San Martín y la Casa de la Cultura, lo cual difiere del presente estudio pues los 4 puntos seleccionados están cerca al sector de San José de Poaló, empresa CELEC y parque Nacional Llanganates; la diferencia de sectores influye en la abundancia y presencia de ciertas especies, pues existe similitud en algunas de ellas como *Navicula cryptotenella*, su abundancia se asemeja a la de este estudio pues difiere de 50 individuos, teniendo un valor mayor en el presente trabajo de investigación, *Nitzschia palea* presenta una variación muy significativa pues en este estudio existe menor cantidad de individuos con una diferencia de 222, *Fragilaria vaucheriae* demuestra una abundancia mínima en los dos estudios encontrando bajos niveles de individuos inferiores a 10, *Gomphonema parvulum* muestra una clara diferencia entre los estudios mencionados pues en este estudio es una de las especies predominantes en cuanto a abundancia con un total de 853 individuos, lo que no sucede con el estudio de Lascano y Muñoz pues existe un total de 89 siendo poco significativo, *Encyonema minutum* muestra una diferencia en la cantidad de individuos, sin embargo, en los dos casos su abundancia es poco significativa, *Fragilaria arcus* es una de las especies más sobresalientes en el presente estudio por el número de individuos reportado, con un total de 3699 considerado altamente significativo, sin embargo, en el estudio realizado en el año 2020, se encuentra la presencia de un solo individuo siendo poco o nada significativo; cómo se puede observar en las especies en común descritas, no se encuentra *Melosira varians*, quien es la predominante en cuanto a número de individuos con un total de 4254, esto puede deberse a la alta presencia de actividad antrópica en los puntos de muestreo de este estudio, siendo esta especie tolerante a altos niveles de contaminación, con una sensibilidad de 4 como se puede observar en el gráfico 7-3. En el estudio reportado no existe una predominancia de abundancia en los tres puntos, pues cada uno presenta una especie diferente sobresaliente, incluso especies reportadas

como significativas en el primer punto, no se encuentran en el segundo y tercero, lo que no sucede en este estudio pues aquí predomina *Melosira varians* y *Fragilaria arcus*, mantienen un nivel alto de individuos en los cuatro puntos de muestreo, la diferencia podría deberse al tipo de muestreo denotado como multitemporal realizado en el estudio reportado en 2020 pues sus muestreos fueron realizados en tres meses diferentes y en este caso se realizó en un solo mes.

Según Maiquiza y Tonato (2020: p. 53), mencionan que las especies representativas de su estudio son, *Encyonema lange-bertalotti*, *Gomphonema pumilum* var. *Rigidum*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema rhombicum* y *Hantzschia bacillariophyta* de estas, una de ellas tiene similitud con las representativas en cuanto a abundancia en este estudio, se trata de *Gomphonema parvulum* sin embargo, el número de individuos difiere significativamente pues en el estudio reportado existe un valor de 17 individuos, lo que no sucede en este caso pues aquí se encontró un valor de 853, muy superior al antes mencionado, esto puede diferir debido a los sectores de muestreo pues el estudio realizado en el año 2020 se realizó en el sector de San Juan; aquí tampoco se reportó la presencia de las especies sobresalientes en este estudio como *Melosira varians* y *Fragilaria arcus*, si bien el sector de San Juan muestra actividades antrópicas, su nivel de contaminación no es tan significativo para que exista la presencia de especies altamente tolerantes como las antes mencionadas y también puede interferir la cantidad de materia orgánica pues esta especie se caracteriza por estar presente en velocidades bajas de corriente, siendo esta corriente la que predomina en el punto D5 y D6, creando condiciones favorables debido al aumento de nutrientes y el crecimiento acelerado de los filamentos propios de *Melosira varians* (Zapata Anzola y Donato Rondon, 2005: p. 9), el oxígeno disuelto del estudio reportado es bajo lo que significa que posee corrientes bajas, sin embargo, la especie descrita no está presente probablemente por la baja cantidad de materia orgánica presente en los puntos estudiados; a simple vista el río del estudio se considera como río claro tomando como consideración la corriente pues es importante en la estructuración de las diatomeas, donde se evidencia la necesidad de adaptaciones morfológicas para una mejor adherencia al substrato como es el caso de *Fragilaria arcus* (Ramírez y Plata, 2008: p. 12), dado que predomina en este medio.

### **3.3. Índice de Shannon Wiener, Simpson y Berger-Parker**

Estos índices describen la diversidad de especies presentes en un determinado ecosistema, que en este caso se trata de la diversidad de Diatomeas Epilíticas presentes en el tramo muestreado del río Yanayacu, aquí se expresa el número de especies y abundancia relativa de las mismas, estos índices se calculan a través de expresiones matemáticas que relacionan el número de especies de una comunidad y los valores de importancia, el programa utilizado para el desarrollo de estos índices es Past, versión 3.17, aquí es posible calcular gran variedad de índices, sin embargo, los seleccionados en este proyecto de investigación son tres los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 21-3:** Índices de diversidad de los puntos muestreados

	<b>Punto – D5</b>	<b>Punto – D6</b>	<b>Punto – D7</b>	<b>Punto – D8</b>
<b>Índice de Simpson</b>	0.7908	0.7575	0.7182	0.7971
<b>Índice de Shannon Wiener</b>	2.036	1.768	1.9	2.151
<b>Índice de Berger-Parker</b>	0.3646	0.3639	0.4951	0.3734

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

En base a las tablas 14-2, 15-2 y 16-2, quienes brindan los rangos de valores para considerar si la diversidad de diatomeas es alta, media o baja, se denota que en el punto D5, según el índice de Simpson, la diversidad de Diatomeas Epilíticas muestreadas es alta ya que se encuentra dentro del rango de 0.76 – 1.00, en cuanto al índice de Shannon Wiener este muestra que existe una diversidad media pues el valor encontrado está dentro del rango de 1.6 – 3.0, aquí existe una pequeña discrepancia en cuanto a deliberar en que rango se define la diversidad de este punto, es por eso que se opta por un índice adicional, como es el índice de Berger-Parker, quien denota que este punto presenta una diversidad media, gracias a este se puede determinar que el punto D5 posee una diversidad media en cuanto a Diatomeas Epilíticas.

Con respecto al punto D6, según el índice de Simpson muestra que existe una diversidad alta, cabe mencionar que aquí se redondea el valor que brinda el programa para considerarlo como alto, en cuanto al índice de Shannon Wiener denota que existe una diversidad media y finalmente el índice de Berger-Parker también coincide en que presenta una diversidad media, por lo tanto, por mayoría se puede decir que este punto posee una diversidad media con respecto a las especies estudiadas.

El punto D7 según el índice de Simpson muestra que posee una diversidad media, al igual que el índice de Shannon y Berger Parker, por lo tanto, por decisión unánime este punto también genera diversidad media.

El punto D8, en base al índice de Simpson muestra que posee una diversidad alta, lo que no sucede con el índice de Shannon y Berger Parker, pues en estos índices se demuestra una diversidad media, por lo tanto, este punto también genera diversidad media como en los puntos anteriores.




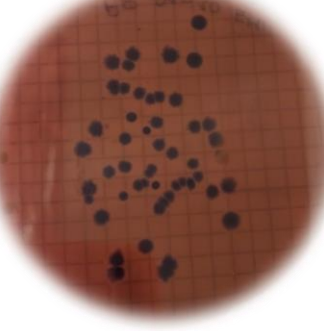
Al analizar los índices de diversidad ecológica en 4 puntos de muestreo, se pudo observar una diversidad media, se puede decir que el tramo muestreado en su totalidad posee la misma interpretación, con valores de diversidad dentro de estos rangos establecidos para cada índice, con valores de diversidad y equidad media, sin embargo los valores son relativamente altos para el tiempo y disposición del muestreo por las proporciones entre individuos y punto muestreado estos parecen indicar que el grado de intervención varía, lo cual depende de los puntos de muestreo los

cuales fueron tomados buscando tendencias geográficas de influencia de contaminantes, por eso se muestran patrones significativos en cuanto a la varianza de diversidad ecológica, entonces la variedad de Diatomeas Epilíticas dentro del río Yanayacu, específicamente en el tramo seleccionado es medio significando de esta manera que si existe la posibilidad de encontrar varias especies sobre un mismo punto, de acuerdo con Sardi (2018, p. 23), se puede encontrar mayor homogeneidad dentro de un mismo río, donde los valores pueden variar de acuerdo a las distancias y condiciones entre los puntos de muestreo, la cual es una forma indirecta de medir las características de los ríos, ya que se evidencia diferencias en la equidad de diatomeas y una influencia de puntos contaminados.

#### **3.4. Conteo e identificación de coliformes totales y fecales**

Con respecto a coliformes totales, es importante tomar en cuenta a la familia de las Enterobacterias, esta consta de distintos géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*, estas viven en el tracto intestinal de animales, en este caso se podría tratar del tipo de ganado presente en los alrededores del río Yanayacu, la presencia de estos microorganismos representa una deficiente calidad del agua, sin embargo cabe mencionar que no necesariamente son específicos de contaminación fecal, el género representativo de este tipo de contaminación es *Escherichia coli*, esta es una bacteria que tiene su origen en heces fecales, perteneciente al grupo de bacterias Coliformes.

**Tabla 22-3:** Coliformes totales y fecales

PUNTO	COLONIAS	IMAGEN
D5 – Agar MacConkey	Limpio	
D6 – Agar MacConkey	<i>Escherichia coli</i> – 6 <i>Klebsiella</i> – 5 <i>E. cancerogenus</i> – 1	
D7 – Agar EMB	Limpio	
D8 – Agar EMB	<i>Klebsiella</i> – 55 <i>Enterobacter</i> – 1	

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

**Unidades formadoras de colonia UFC**

UFC/ml = Número de colonias x (1/f) x Volumen del inóculo

- **D5**

Limpio

- **D6**

Coliformes totales: 6

Coliformes fecales: 6

$$\text{UFC coliformes totales} = 6 \times (1/10^{-1}) \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes totales} = 6 \times 10 \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes totales} = 60 \text{ UFC}/100\text{ml}$$

$$\text{UFC coliformes fecales} = 6 \times (1/10^{-1}) \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes fecales} = 6 \times 10 \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes fecales} = 60 \text{ UFC}/100\text{ml}$$

- **D7**

Limpio

- **D8**

Coliformes totales: 56

$$\text{UFC coliformes totales} = 56 \times (1/10^{-1}) \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes totales} = 56 \times 10 \times 0.1 \text{ ml}$$

$$\text{UFC coliformes totales} = 560 \text{ UFC}/100\text{ml}$$

**Tabla 23-3:** Coliformes totales y fecales en los puntos de estudio

	Punto – D5	Punto – D6	Punto – D7	Punto – D8
Coliformes totales	0	60	0	560
Coliformes fecales	0	60	0	0

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

La poca presencia de coliformes totales y coliformes fecales principalmente puede deberse a las condiciones ambientales en las que se encuentra el tramo de estudio, pues según Larrea y otros autores en el año (2013: p. 3), mencionan que *Escherichia coli* muere en aguas templadas, debido a factores como la temperatura, pues la falta de nutrientes y las condiciones ecológicas severas en ambientes templados evitan que pueda dividirse fuera del hospedante animal; dado que el río Yanayacu no pertenece a un ambiente trópico en el cual proliferarían este tipo de microorganismos, considerándolo así como ambiente templado por poseer una temperatura entre 12 a 14 °C específicamente en los cuatro puntos de muestreo, de allí su bajo nivel de crecimiento.

### 3.5. Correlación de Pearson

Para plantear un estadístico como es el coeficiente de correlación de Pearson, fue necesario el uso de herramientas digitales como es Excel, para validar los datos encontrados es necesario el planteamiento de hipótesis que sustenten la veracidad en la aplicación de este, con las variables de estudio, que en este caso se trata de relacionar los parámetros microbiológicos como son las coliformes totales y fecales, con la concentración de Diatomeas Epilíticas encontradas en el río Yanayacu. El valor encontrado aplicando la fórmula del coeficiente de correlación de Pearson, presente en Excel, es -0.58, a partir de este se debe aplicar un estadístico de prueba como es T de student para comprobar si existe o no una relación, sin embargo, en el caso de existir sería baja ya que se considera significativa si supera 0.7 o -0.7.

- **Planteamiento de hipótesis**

H0: Los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) no se relacionan con las Diatomeas Epilíticas encontradas en el sector muestreado del río Yanayacu.

H1: Los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) si se relacionan con las Diatomeas Epilíticas encontradas en el sector muestreado del río Yanayacu.

- **Nivel de confianza**

En este caso se trabajará con un nivel de confianza  $\alpha = 0.05$

- **Estadístico de prueba**

Para validar el coeficiente de correlación de Pearson, es necesario aplicar un estadístico de prueba que se trata de un t de student, relacionada a correlaciones, la fórmula a aplicar es la siguiente:

$$t = \frac{r_{xy}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}$$

Donde:

$r_{xy}$  = al valor de de correlación obtenido entre las variables, en este caso – 0.6

n = es la población de estudio, en este caso sería el número de géneros de Diatomeas Epilíticas

Aplicando esta fórmula en la herramienta digital Excel, se obtiene un valor de:

t = 2.42

De la misma manera para encontrar el  $t_{\alpha}$ , se aplica la función de distribución t de student de cola derecha, DISTR.T.INV = (probabilidad, grados de libertad), donde la probabilidad es 0.05 y los grados de libertad son n-2, en este caso sería 13, aplicando esta función se obtiene el siguiente valor:

$t_{\alpha} = 2.16$ , entonces:  $t > t_{\alpha}$ :  $2.42 > 2.16$

- **Interpretación:**

Para validar la correlación es necesario comparar el t con el  $t_{\alpha}$ , denotando lo siguiente:

Dado que  $t > t_{\alpha}$ , se dice que se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que se acepta H1, y se dice que las variables en estudio están relacionadas, se puede decir que los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) si se relacionan con las Diatomeas Epilíticas encontradas en el sector muestreado del río Yanayacu.

Si bien en el ámbito estadístico afirma que existe una relación entre coliformes totales y fecales y la concentración de Diatomeas Epilíticas, con un valor de -0.58 considerándolo como inversamente proporcional, se podría decir que en su totalidad las dos variables en estudio mantienen una relación muy baja debido a que se la considera significativa superando el 0.7 o -0.7, esta relación “baja” se consideraría al mencionar las particularidades entre cada género o especie y su relación con coliformes totales y de la misma manera con coliformes fecales, esta relación se podría deber a los géneros de diatomeas indicadoras de mala calidad del agua como son *Nitzschia*, *Navicula*, *Melosira* y *Fragilaria* presentes en este estudio, teniendo afinidad a aguas orgánicamente contaminadas, si bien su relación va ligada a la contaminación, también existen varios factores que intervienen en la presencia de estos géneros como concentraciones de nutrientes como fósforo y nitrógeno, flujo de corriente, pH, clorofila-a, entre otros (Zapata y Donato, 2005: p. 5) (García et al. 2012: p. 7) (Hernández, 2015: p. 5); sin embargo, en el campo ambiental no existiría relación amplia que sustente la interacción entre las variables en estudio pues, los contaminantes como las enterobacterias o coliformes totales y coliformes fecales, producto de la actividad antropogénica, no inciden en la biodiversidad de los géneros de diatomeas del hábitat monitoreado, o a su vez desde el contexto ambiental la diversidad no se ve afectada quizá por las bajas poblaciones, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que al tomar muestras multitemporales o que a su vez la población de coliformes aumente, afecte o intervenga en la abundancia y diversidad de Diatomeas Epilíticas; consecuentemente aunque hay contaminación baja, por el número bajo de coliformes totales y fecales, esta muestra perturbación en el ambiente y así mismo se muestra diversidad que aún no ha sido afectada con estos valores, pero de acuerdo a otros factores incidentes como los fisicoquímicos, pueden en un determinado momento alterar diversidad en la población de las diatomeas encontradas en este tramo del río Yanayacu muestreado; es importante mencionar que la presencia de estas variables en el mismo hábitat no precisamente se debe a una relación entre ellas pues según Chasiqiza y Cola (2017: p. 30), menciona que para determinar el grado de eutrofización del río Yanayacu toman en cuenta parámetros como, la demanda biológica de oxígeno, coliformes fecales, fosfatos, sólidos disueltos, sólidos totales, turbidez y la abundancia de Diatomeas Epilíticas, catalogándolo como mesotrófico, con tendencia a estado eutrófico; la eutrofización genera el crecimiento de microorganismos, en este caso se trata de coliformes totales y fecales al existir la proliferación excesiva de nutrientes, justificando así la presencia de estas en los cuerpos hídricos, al igual que



las Diatomeas Epilíticas y su abundancia enfocado en las que son tolerantes a este tipo de ecosistemas.

En un estudio de Messyasz y otros colaboradores (2015: p.1), mencionan la relación existente entre el fitoplacton y las bacterias heterótrofas, aquí hace énfasis en que estas dos variables responden a los gradientes ecológicos de una manera independiente, existiendo ausencia de relación alguna. Dentro de fitoplancton es posible encontrar diatomeas al igual que dentro de bacterias heterótrofas existen las enterobacterias, haciendo válido la comparativa con este estudio.

### 3.6. Estado trófico del agua mediante IPS

En el cálculo del estado trófico, como una forma numérica de evaluar el grado de contaminación en los sistemas acuáticos, determinando las tolerancias o sensibilidades de un organismo a una perturbación o contaminante se usó la densidad de Diatomeas Epilíticas agrupándolas por géneros y mediante los diferentes puntos de muestreo.

En base a lo expuesto se obtuvo para cada especie un valor de IPS en cada punto de muestreo.

#### Punto-D5

**Tabla 24-3:** Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D5

Género	Abundancia relativa	Sensibilidad (S)	Tolerancia (V)	Valor IPS
<i>Amphora</i>	0,24	3	2	10,5
<i>Cymbella</i>	2,40	3	1	10,5
<i>Diploneis</i>	3,27	5	1	20
<i>Encyonema</i>	0,41	5	1	20
<i>Epithemia</i>	4,47	5	2	20
<i>Fragilaria</i>	40,46	4	1	15,25
<i>Gomphonema</i>	7,14	3	2	10,5
<i>Melosira</i>	23,59	3	1	10,5
<i>Navicula</i>	3,45	3	1	10,5
<i>Nitzschia</i>	10,68	1	1	1
<i>Rhopalodia</i>	0,03	4	1	15,25
<i>Synedra</i>	2,00	3	1	10,5
<i>Tabellaria</i>	0,07	5	1	20
<i>Ulnaria</i>	1,81	3	1	10,5

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 24-3 para este punto se tiene un total de 14 géneros; *Tabellaria*, *Diploneis*, *Encyonema* y *Epithemia* con valores de 20 indica un excelente estado trófico, mientras que *Fragilaria* y *Rhopalodia* indican un buen estado, *Amphora*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra* y *Ulnaria* indican un estado moderado y *Nitzschia* un estado deficiente del agua, teniendo un valor promedio de 12.39, que indica un estado trófico moderado del agua.

## Punto-D6

**Tabla 25-3:** Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D6

Género	Abundancia relativa	Sensibilidad (S)	Tolerancia (V)	Valor IPS
<i>Cymbella</i>	4,6	3	1	10,50
<i>Epithemia</i>	4,3	5	2	20,00
<i>Fragilaria</i>	33,0	4	1	15,25
<i>Gomphonema</i>	8,7	3	2	10,50
<i>Melosira</i>	36,4	3	1	10,50
<i>Navicula</i>	5,2	3	1	10,50
<i>Nitzschia</i>	1,2	1	1	1,00
<i>Synedra</i>	2,6	3	1	10,50
<i>Ulnaria</i>	3,9	3	1	10,50

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 25- 3 para este punto se tiene un total de 9 géneros; *Epithemia* con valores de 20 indica un excelente estado trófico, mientras que *Fragilaria* indican un buen estado, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra* y *Ulnaria* indican un estado moderado y *Nitzschia* un estado deficiente del agua, teniendo un valor promedio de 12.50, que indica un estado trófico moderado del agua.

## Punto-D7

**Tabla 26-3:** Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D7

Género	Abundancia relativa	Sensibilidad (S)	Tolerancia (V)	Valor IPS
<i>Amphora</i>	0,2	3	2	10,50
<i>Cymbella</i>	3,6	3	1	10,50
<i>Diploneis</i>	0,2	5	1	20,00
<i>Encyonema</i>	0,2	5	1	20,00
<i>Epithemia</i>	4,0	5	2	20,00
<i>Fragilaria</i>	17,8	4	1	15,25
<i>Gomphoneis</i>	0,1	4	2	15,25
<i>Gomphonema</i>	10,5	3	2	10,50
<i>Melosira</i>	49,5	3	1	10,50
<i>Navicula</i>	2,4	3	1	10,50
<i>Nitzschia</i>	0,9	1	1	1,00
<i>Rhopalodia</i>	0,1	4	1	15,25
<i>Synedra</i>	5,1	3	1	10,50
<i>Tabellaria</i>	0,1	5	1	20,00
<i>Ulnaria</i>	5,2	3	1	10,50

Fuente: Autores, 2022

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 26-3 para este punto se tiene un total de 15 géneros; *Tabellaria*, *Diploneis*, *Encyonema* y *Epithemia* con valores de 20 indica un excelente estado trófico, mientras que *Fragilaria*, *Gomphoneis* y *Rhopalodia* indican un buen estado, *Amphora*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra* y *Ulnaria* indican un estado moderado y *Nitzschia* un estado deficiente del agua, teniendo un valor promedio de 11.87, que indica un estado trófico moderado del agua.

#### Punto-D8

**Tabla 27-3:** Resultado de Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) del punto D8

Género	Abundancia relativa	Sensibilidad (S)	Tolerancia (V)	Valor IPS
<i>Amphora</i>	0,99	3	2	10,5
<i>Cymbella</i>	2,72	3	1	10,5
<i>Diploneis</i>	0,52	5	1	20
<i>Encyonema</i>	1,31	5	1	20
<i>Epithemia</i>	0,16	5	2	20
<i>Fragilaria</i>	23,27	4	1	15,25
<i>Gomphoneis</i>	2,30	4	2	15,25
<i>Gomphonema</i>	7,37	3	2	10,5
<i>Melosira</i>	37,34	3	1	10,5
<i>Navicula</i>	0,94	3	1	10,5
<i>Nitzschia</i>	7,27	1	1	1
<i>Rhopalodia</i>	0,05	4	1	15,25
<i>Synedra</i>	7,95	3	1	10,5
<i>Tabellaria</i>	0,26	5	1	20
<i>Ulnaria</i>	7,53	3	1	10,5

Fuente: Autores, 2022

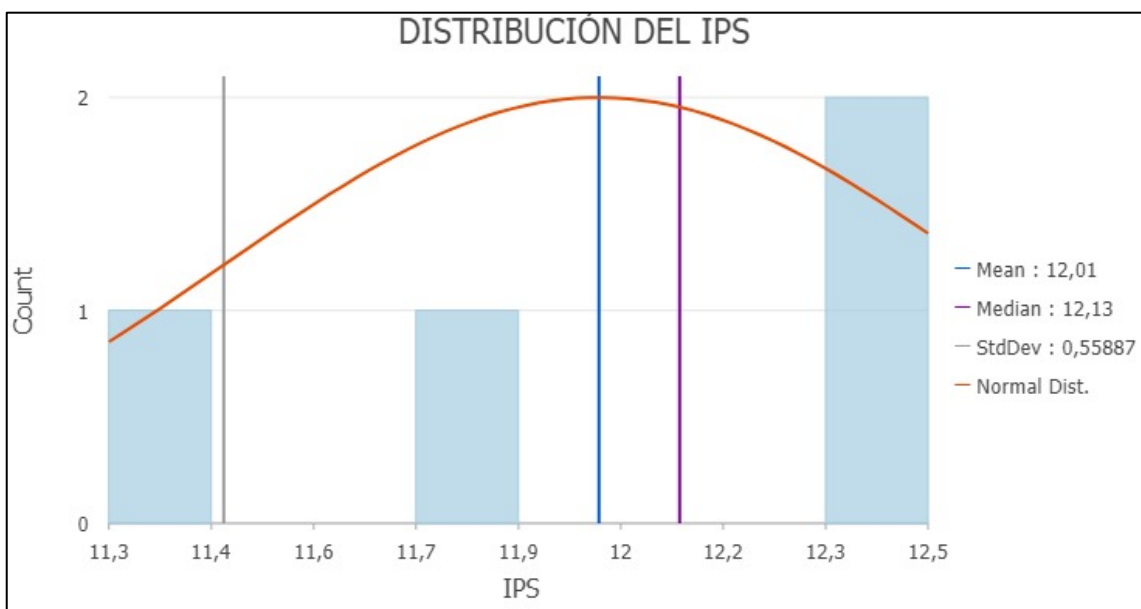
Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

Como se puede apreciar en la tabla 27-3 para este punto se tiene un total de 15 géneros; *Tabellaria*, *Diploneis*, *Encyonema* y *Epithemia* con valores de 20 indica un excelente estado trófico, mientras que *Fragilaria*, *Gomphoneis* y *Rhopalodia* indican un buen estado, *Amphora*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Melosira*, *Navicula*, *Synedra* y *Ulnaria* indican un estado moderado y *Nitzschia* un estado deficiente del agua, teniendo un valor promedio de 11.28, que indica un estado trófico moderado del agua.

El Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS) considera la ecología de todos los géneros de diatomeas hallados en los puntos de muestreo del río Yanayacu en la parroquia de San José de Poaló y permite así una evaluación del estado ecológico más representativa. Así mismo, nuestros resultados señalan que el río Yanayacu presentan particularidades florísticas comparando con los ríos de América del Sur, que se traducen en la presencia, en ocasiones con frecuencias

significativas, de especies no incluidas dentro de los listados considerados por los índices IBD. Así, el índice del tramo de muestreo se valora en 12.17 este rango está dentro de un estado moderado que comprende entre 13-9 como se puede evidenciar en todos los puntos muestreados los valores del índice están entre 11.28 siendo el valor más bajo y el 12.50 siendo el valor más alto.

En el punto D5 se tiene el valor del índice de 12.39 en este punto se denota que existe influencia de la agricultura se pueden evidenciar, la presencia de ganado y borregos en áreas muy cercanas al río la cuales afectan a la tolerancia de las distintas especies de diatomeas, D6, esto se debe a que cada especie tiene un valor diferente de tolerancia a la contaminación por presencia de aguas residuales domésticas e industriales. Adicionalmente, se aprecia que los valores del índice decaen desde el punto D6, lo cual nos indica el estado trófico se deteriora a medida que el agua va hacia la cuenca baja, por procesos industriales, pesca y turísticos que se generan. El siendo el valor del tramo 12.17, se cumple parcialmente con los objetivos de calidad ecológica determinados por la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, en el cual se tendrá que reforzar muestreos para calidad y mejoramiento del recurso hídrico.



**Gráfico 8-3:** Distribución del IPS

Realizado por: Erazo, Luz; Paladines, Lady, 2022.

El índice de polusensibilidad específica se aproxima a una distribución normal ya que tiende a formar una campana de Gauss Jordan debido a que los datos se encuentran dispersos cerca de la media 12.01.

## CONCLUSIONES

- La influencia microbiológica (coliformes totales y fecales) sobre la concentración de Diatomeas Epilíticas, en el río Yanayacu, es poco significativa debido a que cada una de estas variables tienen un comportamiento independiente, la relación obtenida en la correlación de Pearson menciona que si existe influencia, con un valor de -0.58, este según el parámetro establecido pasaría a ser una relación con nivel bajo de significancia pues no supera -0.7, de esta manera se puede decir que ciertos géneros de diatomeas mantienen relación con las coliformes totales y fecales, sin embargo, en su mayoría la diversidad y abundancia no se ven afectados, existe la posibilidad de que en al realizar un análisis multitemporal y encontrar mayor número de UFC en las coliformes estudiadas, la relación aumente, pero en este estudio se puede considerar que en el campo ambiental no existe influencia predominante.
- Las especies de Diatomeas Epilíticas encontradas en el tramo estudiado del río Yanayacu, fueron 33, de las cuales predominan dos, *Melosira varians* y *Fragilaria arcus*, estas presentan una abundancia superior con valores de 42.97% y 37.37% respectivamente, también se determinó el nivel de diversidad que presentan estas especies con ayuda de los índices de Shannon Wiener, Simpson y Berger-Parker, obteniendo una diversidad media, se elige los tres índices para brindar mayor confiabilidad al resultado encontrado; las especies se clasificaron por géneros encontrando 15 de estos, mismos que sirven para encontrar su sensibilidad ante contaminantes encontrando un porcentaje alto de géneros que poseen alta sensibilidad, seguida de un porcentaje de géneros que mantienen una descripción de indiscriminados, esto quiere decir que se muestran altamente tolerantes a situaciones de alta contaminación.
- Se determinó la influencia microbiológica mediante la correlación de Pearson, en la cual se obtuvo un valor de -0.58, considerado como inversamente proporcional y poco significativo, se podría decir que el nivel bajo de relación estaría ligado a las diatomeas indicadoras de mala calidad del agua como *Nitzschia*, *Navicula*, *Fragilaria* y *Melosira*, sin embargo estas a su vez no solo predominan en aguas por los contaminantes sino también por condiciones de nutrientes o parámetros fisicoquímicos, considerando así un comportamiento independiente ya que la presencia de coliformes totales o fecales no afecta en la diversidad o abundancia de la concentración de Diatomeas Epilíticas presentes en el tramo de estudio del río Yanayacu.
- El índice biológico de Poluosensibilidad Específica (IPS) debido a su versatilidad es muy útil para el monitoreo, análisis y determinación del estado trófico del agua, permite una evaluación rápida y apropiada basado en valoraciones de sensibilidad y tolerancia ambiental, la interpretación de este índice es clara y sencilla, la ponderación para el río Yanayacu, es de

12.17, la cual denota un estado trófico del agua moderado, esto se debe a la presencia de actividades antropogénicas como agricultura, ganadería e industrias.

## RECOMENDACIONES

- En base a los resultados descritos en este estudio es recomendable la comparativa de la concentración de Diatomeas Epilíticas con parámetros fisicoquímicos, ya que la presencia de estos contiene elementos que altera la dinámica de los procesos en el medio acuático, así como la capacidad del recurso para resistir el estrés y su autodepuración, además permiten clasificar al recurso hídrico como admisible o deseables, la cual se define por la presencia de la abundancia de diatomeas dependiendo de requerimientos exclusivos de cada especie, la relación entre estos permitirá la clasificación del agua de acuerdo a uso específico.
- El monitoreo de las aguas del río Yanayacu debe realizarse con un seguimiento anual, en temporada lluviosa y seca, mediante datos de parámetros físicos, químicos y biológicos, para obtener información a través de las estaciones de tiempo, al tener estos datos se facilitará el proceso investigativo, adicionalmente estos datos ayudarán en el análisis y determinación del estado del cuerpo hídrico en la zona de San José de Poaló, con respecto a las actividades antropogénicas tales como la industria, ganadería y agricultura.
- Continuar con la investigación de Diatomeas Epilíticas como indicadores de la calidad del agua, con el fin de desarrollar un índice de calidad trófica del agua propio del país, donde se contemple especies y géneros más comunes en ríos andinos, también los rangos altitudinales y el tipo de ecosistema.
- Al observar las Diatomeas Epilíticas es importante desarrollar un reconocimiento previo de la taxonomía, sustentado en autores con bibliografía reconocida, para identificar exitosamente las especies y minimizar posibles errores, se debe realizar un doble barrido de conteo por cuadrante.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, A.** “Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua”. *Revista Digital Universitaria* [en línea], 2005, (México) 8 (8), pp. 5. [Consulta: 12 enero 2022]. ISSN 1067-6079. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/int78.htm>.
- ALVAREZ, E.** “Informe del estado actual del componente biótico al proyecto de Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Puerto de Aguas Profundas de Posorja”. *Cardno* [en línea], 2017, (Ecuador), pp. 6-192. [Consulta: 2022-01-30]. Disponible en: [https://www.idbinvest.org/sites/default/files/2019-04/2-3-21\\_RESUMEN\\_EJECUTIVO.pdf](https://www.idbinvest.org/sites/default/files/2019-04/2-3-21_RESUMEN_EJECUTIVO.pdf)
- ARCOS, M., ÁVILA, S., ESTUPIÑÁN, S. & GÓMEZ, A.** “Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua”. *Redalyc* [en línea], 2005, (Colombia) 3 (4), pp. 69-79. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/411/41130408.pdf>
- AUGE, M.,** 2007. *Agua fuente de vida*. La plata- Argentina: SEGEMAR, 2007, pp. 23.
- BARRETO, P.** “Protocolo de monitoreo de agua”. *Revista Mexicana De Ingenieros Químicos* [en línea], 2010, (Perú) 22 (5), pp. 40. [Consulta: 2022-01-06]. Disponible en: [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPERu.pdf%5Cnhttp://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/13504/1/ArangoMendozaJulianAndres2014.pdf%5Cnhttp://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd54](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-PROTOCOLO-ANAPERu.pdf%5Cnhttp://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/13504/1/ArangoMendozaJulianAndres2014.pdf%5Cnhttp://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd54).
- BATEMAN, A.** Hidrología básica y aplicada. *Grupo de Investigación Transporte de Sedimentos* [en línea], 2007, (México), pp. 4. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: [www.gits.ws](http://www.gits.ws).
- BLANCO, S., ÁLVAREZ, I., CEJUDO, C. & BÉCARES, E.** *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero* [en línea]. España: CELARAYN, 2011. [Consulta: 2021-12-21]. Disponible en: <https://www.chduero.es/documents/20126/427605/guiadiatomeas.pdf/bbc153ef-4fbb8090-6bfc-7064888b764a?t=1563195534793>.
- BOJORGE GARCÍA, M., CARMONA, J. & RAMÍREZ, R.** “Species richness and diversity of benthic diatom communities in tropical mountain streams of Mexico”. *Inland Waters* [en línea], 2014, (Mexico) 4(3), pp. 279 -292. [Consulta: 20 noviembre 2021]. ISSN 2044205X.



Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/269830417\\_Species\\_richness\\_and\\_diversity\\_of\\_benthic\\_diatom\\_communities\\_in\\_tropical\\_mountain\\_streams\\_of\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/269830417_Species_richness_and_diversity_of_benthic_diatom_communities_in_tropical_mountain_streams_of_Mexico).

**BOUZA, C. & COVARRUBIAS, D.** “Estimación del índice de diversidad de simpson en m sitios de muestreo”. *ResearchGate* [en línea], 2005, (México) 26 (2), pp. 187-197. [Consulta:2022-02-13]. ISSN 62D05. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/236611307\\_ESTIMACION\\_DEL\\_INDICE\\_DE\\_DIVERSIDAD\\_DE\\_SIMPSON\\_EN\\_m\\_SITIOS\\_DE\\_MUESTREO](https://www.researchgate.net/publication/236611307_ESTIMACION_DEL_INDICE_DE_DIVERSIDAD_DE_SIMPSON_EN_m_SITIOS_DE_MUESTREO)

**BRIÑEZ, L., CASTRO, S., CIFUENTES, D., DÍAZ, P., GUEPE, A., MATOMA, A., OSPINA, D., VILA, S., WALTEROS, W. & ZÁRATE, S.** *Ecosistemas acuáticos*. [en línea], 2011, (Colombia) 1, pp. 22-25. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en:  
<https://ecologia.unibague.edu.co/libro.pdf>.

**CARÍSSIMO, M., DEL CERO, P., SILVA, P., & GIORDANO, M.** *Ecosistemas Acuáticos* [en línea]. Buenos Aires, Argentina: Renata Kándico, Gastón Genovese, 2013. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005258.pdf>

**CARRILLO ZAPATA, Elisa Marcela. & LOZANO CAICEDO, Aura María.** Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult [en línea] (Trabajo de Titulación). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. 2008. pp. 69-73. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT\\_Globalization\\_Report\\_2018.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf)[http://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India\\_globalisation%2C\\_society\\_and\\_inequalities%28sero%29.pdf](http://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India_globalisation%2C_society_and_inequalities%28sero%29.pdf)<https://www.quora.com/What-is-the>.

**CASAMIQUELA, C.** *Sistemas de Capataciones de Agua en Manantiales y Pequeñas Quebradas para la Region Andina* [en línea]. Buenos Aires, Argentina: INTA, 2011. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cipaf\\_ipafnoa\\_manual\\_\\_de\\_agua.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cipaf_ipafnoa_manual__de_agua.pdf).

**CHASIQUIZA CANDO, Myriam Sofía & COLA CHIPUGSE, Gabriela Elizabeth.** Determinación del Índice Trófico de la calidad de agua a partir de la presencia de Diatomeas Epilíticas en el Río Cutuchi sector Parque Nacional Cotopaxi, cantón Latacunga. [en línea]. (Trabajo de Titulación), Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2017. pp. 30-36

[Consulta: 2022-02-08]. Disponible en:  
<http://181.112.224.103/bitstream/27000/4202/1/UTC-PC-000090.pdf>

**CHÁVEZ SIFONTES, Johanna María. & ORANTES GUERRERO, Erick Eduardo.**

Reconocimiento de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como alternativa para determinar la calidad del agua del Río Sensunapán, Departamento de Sonsonate, El Salvador, C.A [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de El Salvador, El Salvador. 2010. pp. 32. [Consulta: 2022-02-10]. Disponible en:  
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/935/1/13100846.pdf>

**CHUNCHO, Carlos M.; & CHUNCHO, Guillermo.** “Páramos del Ecuador, importancia y

afectaciones”. *Una revisión* [en línea], 2019, (Ecuador) 9(2), pp. 11. [Consulta: 8 noviembre 2021]. Disponible en:  
[https://drive.google.com/file/d/1\\_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view](https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIPnS/view).

**COLÍN GARCÍA, S.R.** “Sílice de las algas diatomeas (Clase Bacillariophyceae) como material

complejo y su importancia nanotecnológica”. *La Granja* [en línea], 2013, (Ecuador) 17(1), pp. 5-15. [Consulta: 24 octubre 2021]. ISSN 1390-3799. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047401001>.

**CUEVA SÁNCHEZ, Mario Giovanni.** Efectos del derrame de petróleo sobre la dinámica

ecológica de las comunidades zooplanctónicas de la laguna de Papallacta [En línea] (Trabajo de titulación). (Biólogo) Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2013. pp. 26. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en:  
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/298/1/T-UIDE-0277.pdf>

**C&M, G.** Medidor de oxígeno disuelto tipo pluma. [sin fecha]. [Consulta: 2022-01-11]

**DARUICH, G., GIL, M. & MORENO, L.** “Diatomeas empleadas en la evaluación de la calidad

del agua en 3 cuencas de la provincia de San Luis (Argentina)”. *Natura neotropicalis* [En línea], 2017, (Argentina), vol. 48, pp. 13-14.

**ESCOBAR CÁRDENAS, María José.** Caracterización del estado de salud ecológica de los

cuerpos de agua en el sector agrícola de la parroquia de Puéllaro utilizando comunidades de Plancton como bioindicadores [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2012. pp. 136. [Consulta: 2022-02-20]. Disponible en:  
[https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UIDE\\_928f574c26c993656e5e52e85305965a](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UIDE_928f574c26c993656e5e52e85305965a)

**FALASCO, E., BONA, F., BADINO, G., HOFFMANN, L. & ECTOR, L.** “Diatom teratological forms and environmental alterations: A review”. *Springer Science* [en línea], 2009, (Italia) 623(1), pp. 1–35. [Consulta: 24 noviembre 2021]. ISSN 00188158. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/225782687\\_Diatom\\_teratological\\_forms\\_and\\_environmental\\_alterations\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/225782687_Diatom_teratological_forms_and_environmental_alterations_A_review)

**FALASCO, E., BONA, F., GINEPRO, M., HLÚBIKOVÁ, D., HOFFMANN, L. & ECTOR, L.** “Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions”. *Water SA* [en línea], 2009, (Italia), 35 (5), pp. 595-606. [Consulta: 20 noviembre 2021]. ISSN 18167950. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/49185>.

**FRÍAS QUIÑONES, Tatiana de María & MONTILLA CABUDIVA, Lizeth.** Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el sector puerto de productores río Itaya, Loreto – Perú 2014 -2015. [en línea]. (Trabajo de titulación). (Licenciado) Universidad Científica del Perú, San Juan, Perú, 2016. pp. 24. [Consulta: 2022-01-23]. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/114/FR%c3%8dAS-MONTILLA-Evaluaci%c3%b3n-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=>.

**GARCÍA, Virginia, CANTORAL, Enrique, ISRADE, Isabel, & MAIDANA, Nora.** “Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico”. *SciELO.Hidrobiologica* [en línea], 2012, (México) 22 (1), pp. 16-27. [Consulta: 2022-02-22]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972012000100003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972012000100003&script=sci_abstract)

**GÓMEZ, N., DONATO, J., GIORGI, A., GUASCH, H., MATEO, P. & SEBATER, S.** *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* [En línea]. España: Fundación BBVA, 2009. [Consulta: 2022-01-06]. Disponible en: [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE\\_2009\\_conceptos\\_ecologia\\_fluvial.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2009_conceptos_ecologia_fluvial.pdf)

**GUADARRAMA, R., KIDO, J., ROLDAN, G. & SALAS, M.,** “Contaminación del agua”. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* [En línea], 2016, (España) 2 (5), pp. 1-10. [Consulta: 2022-02-09]. ISSN 2444-4936. Disponible en: [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales/vol2num5/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales\\_V2\\_N5\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf)

**GUILLERMO, S., LUQUE, H.E. & PACHECO, L.** *Normas técnicas de calidad del agua potable*. [en línea]. Bogota. Colombia: *Asesora Jurídica*, 2002. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: [www.superservicios.gov.co](http://www.superservicios.gov.co)

**GUTIÉRREZ, Israel., CALDERÓN, Dora., GUTIERREZ, Doricela., & AQUINO, Eduardo.** “Correlación entre diferentes contaminantes atmosféricos de la Ciudad de México y el Área Metropolitana”. *CIENCIA ergo sum* [en línea], 2020, (México) 27 (3), pp.95. [Consulta: 2022-01-23]. ISSN 14050269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/104/10463384004/html/>

**HEREDIA, M.** *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial* [en línea], 2014. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0560016970001\\_Actualizaci%C3%B3n%20del%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20AJH\\_29-10-2015\\_17-36-13.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560016970001_Actualizaci%C3%B3n%20del%20Plan%20de%20Desarrollo%20y%20Ordenamiento%20Territorial%20AJH_29-10-2015_17-36-13.pdf).

**HERNÁNDEZ, P., GIMÉNEZ, A. & GEREZ, R.** “Situación actual de la biodiversidad vegetal en el interfluvio Salado-Dulce, Santiago del Estero, Argentina”. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales* [en línea], 2008, (Argentina) 16 (16), pp. 20-31. [Consulta: 2022-02-05]. ISSN 0328-0543. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/n16a02.pdf>

**HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Silvia.** “Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas)”. *Universidad y Ciencia* [en línea], 2015, (Nicaragua) 6 (9), pp. 20-23. [Consulta: 09 diciembre 2021]. ISSN 2074-8655. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/uyc.v6i9.1952>

**NTE INEN 2266 : 2013.** *Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo. Parte 1: Fotómetro Multiparámetro de sobremesa C200.*

**INSUMOLAB.** “Certificado de analisis Agar EMB ( agar )”, 2018a, Chile, pp. 4-6

**INSUMOLAB.** “Certificado de analisis Placas de Agar MacConkey”. 2018b, Chile, pp. 4-6.

**INTA.** “Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)”. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca* [en línea], 2011, (Argentina) 1(1). pp. 2-3. [Consulta: 2022-01-07].

Disponible en: <https://bit.ly/2Zkhk8L>.

**CAMPAÑA, A., & NIETO, C.** *Contaminación de las Aguas y Políticas para Enfrentarla* [en línea]. Quito, Ecuador: Isch, 2011. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: <https://camaren.org/documents/contaminacion.pdf>.

**JEAN PRYGIEL.** *l'Indice Biologique Diatomées* [en línea]. Francia: Étude Agences de l'Eau - Cemagref Bordeaux, 2000. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: [https://consultation.eau-artois-picardie.fr/OAI\\_Docs/aegis/2496/B\\_16478\\_\(12.04Mo\).pdf](https://consultation.eau-artois-picardie.fr/OAI_Docs/aegis/2496/B_16478_(12.04Mo).pdf).

**JORDÁN, J., BRITTO, D. & MAZO, M.** Evaluación de la calidad microbiológica del agua en producción pecuaria en municipios de Risaralda, Colombia-2017 [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. 2017. pp. 1-33. [Consulta: 2022-01-11]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/items/d27ad6ed-5088-477b-a46b-9757d42afae3>

**KERMARREC, L., BOUCHEZ, A., RIMET, F. and HUMBERT, J.F.** “First Evidence of the Existence of Semi-Cryptic Species and of a Phylogeographic Structure in the *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing Complex (Bacillariophyta)”. *Database* [en línea], 2013, (Francia) 164 (5), pp. 686-705. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/256331321\\_First\\_Evidence\\_of\\_the\\_Existence\\_of\\_SemiCryptic\\_Species\\_and\\_of\\_a\\_Phylogeographic\\_Structure\\_in\\_the\\_Gomphonema\\_parvulum\\_Kutzing\\_Kutzing\\_Complex\\_Bacillariophyta](https://www.researchgate.net/publication/256331321_First_Evidence_of_the_Existence_of_SemiCryptic_Species_and_of_a_Phylogeographic_Structure_in_the_Gomphonema_parvulum_Kutzing_Kutzing_Complex_Bacillariophyta)

**LADRERA FERNÁNDEZ, Rubén.** “Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos”. *Dialnet* [en línea], 2012, (España) 39, pp. 24-29. [Consulta: 2021-12-21]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

**LARREA, Jeny, ROJAS, Marcia, ÁLVAREZ, Beatriz, ROJAS, Nidia, & PÉREZ, Mayra.** “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura”. *Revista Redalyc-CENIC: Ciencias Biológicas* [en línea], 2013, (Cuba) 44 (3), pp. 24-34. [Consulta: 2022-02-17]. ISSN 2221-2450. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

**LASCANO REYES, Lenin Omar, & MUÑOZ CEPEDA, Alberto Jamil.** Identificación de diatomeas epilíticas asociadas al índice trofico de calidad del agua del río Yanayacu, provincia de Cotopaxi, periodo septiembre 2019 - febrero 2020 [en línea] (Trabajo de

Titulación). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2020. pp. 1-77. [Consulta: 2022-02-05]. Disponible en: <http://www.akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/919>.

**LOBO, E., WEBER, N. & SALINAS, V.** “Diatomeas como bioindicadores: Aspectos ecológicos de la respuesta de las algas a la eutrofización en América Latina”. *Mexican Journal of Biotechnology* [en línea], 2019, (Brasil) 4 (1), pp. 1–24. [Consulta: 2022-01-12]. ISSN 2448-6590. Disponible en: [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2021/05/38ce56\\_40a7ac0e92354156ab3f7fa492a2529d.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2021/05/38ce56_40a7ac0e92354156ab3f7fa492a2529d.pdf).

**LÓPEZ, R.** *Catálogo de la Bahía de Cartagena, Bahía Portete y Agua de Lastre* [en línea]. Cartagena-Colombia, Casa Editorial S.A.2011. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: [https://www.cioh.org.co/aguasdelastre/images/docs/catalogo\\_fitoplancton2012.pdf](https://www.cioh.org.co/aguasdelastre/images/docs/catalogo_fitoplancton2012.pdf).

**LUÍS, A.T., TEIXEIRA, P., ALMEIDA, S.F.P., MATOS, J.X. & DA SILVA, E.F.** “Environmental impact of mining activities in the Lousal area (Portugal): Chemical and diatom characterization of metal-contaminated stream sediments and surface water of Corona stream”. *Science of the Total Environment* [en línea], 2011, (Portugal) 409(20), pp. 4318. [Consulta: 20 enero 2022]. ISSN 00489697. Disponible en: [https://www.cioh.org.co/aguasdelastre/images/docs/catalogo\\_fitoplancton2012.pdf](https://www.cioh.org.co/aguasdelastre/images/docs/catalogo_fitoplancton2012.pdf)

**MAIQUIZA RAMÍREZ, Katty. & TONATO UNAPUCHA, Gabriela.** Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector San Juan, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020 [En línea] (Trabajo de Titulación). Uniersidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador. 2020. pp. 12-53. [Consulta: 2022-01-09]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7103/1/PC-001038.pdf>

**MANN, D.G., Thomas, S.J. & EVANS, K.M.** “Revision of the diatom genus *Sellaphora*: a first account of the larger species in the British Isles”. *Fottea* [En línea], 2008, (Olomouc) 8(1), pp. 7. [Consulta: 15 enero 2021] Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.500.329&rep=rep1&type=pdf>

**MENESES ORTEGÓN, Luz Andrea.** Bacterioplancton de tres lagunas de alta montaña tropical andina en el departamento de Boyacá, Colombia [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Colombia. 2013. pp. 1-73. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2008/1/TGT-635.pdf>

**MESSYASZ, B., GABKA, M., BARYLSKI, J., LAMENTOWICZ, Ł., GOŹDZICKA, A., RYBAK, A., DONDAJEWSKA, R. & BURCHARDT, L.** “Phytoplankton , culturable bacteria and their relationships along environmental gradients in a stratified eutrophic lake”. *ResearchGate* [en línea], 2015, (Polonia) 10 (1), pp. 41 – 52. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/270902521\\_Phytoplankton\\_culturable\\_bacteria\\_and\\_their\\_relationships\\_along\\_environmental\\_gradients\\_in\\_a\\_stratified\\_eutrophic\\_lake](https://www.researchgate.net/publication/270902521_Phytoplankton_culturable_bacteria_and_their_relationships_along_environmental_gradients_in_a_stratified_eutrophic_lake)

**MORA, D., CARMONA, J. & CANTORAL-URIZA, Enrique A.** “Diatomeas epilíticas de la cuenca alta del río Laja, Guanajuato, México”. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea], 2015, (México) 86, pp. 10–24. [Consulta: 05 enero 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532015000401024](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532015000401024)

**MORALES LUCERO, Mercedes Maribel, & ALVAREZ PAREDES, Monserrath del Carmen.** Determinación Del Índice Trófico De La Calidad De Agua a Partir De La Presencia De Diatomeas Epilíticas En El Río Cutuchi, Sector Lasso, Cantón Latacunga [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2017. pp. 101. [Consulta: 2022-01-06]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>

**MORIN, S., DUONG, T.T., DABRIN, A., COYNEL, A., HERLORY, O., BAUDRIMONT, M., DELMAS, F., DURRIEU, G., SCHÄFER, J., WINTERTON, P., BLANC, G. & COSTE, M.** “Long-term survey of heavy-metal pollution, biofilm contamination and diatom community structure in the Riou Mort watershed, South-West France”. *Environmental Pollution* [en línea], 2008, (Francia) 151(3), pp.45. [Consulta: 07 enero 2022 ]. ISSN 02697491. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17629383/>

**NOM-001-CONAGUA-2011**, *Hídrica, Programa Nacional Hídrico 2007-2012 secretaria de medio ambiente y recursos naturales NORMA Oficial Mexicana. Consideraciones.*

**NÚÑEZ, M.** “Microalgas acuáticas: La otra escala de la biodiversidad en la Amazonia colombiana”. *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- SINCHI* [en línea], 2018,(Colombia), pp. 47. [Consulta: 20 enero 2022 ]. ISSN:978-958-8317-43-4. Disponible en: <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Microalgas%20reload.pdf>

**ORDÓÑEZ, J.** “Cuenca Hidrológica”. *Sociedada Geológica de Lima* [en línea], 2011, (Perú) pp. 15. [Consulta: 10 enero 2022 ]. ISBN: 978-9972-602-76-4. Disponible en:

[http://www.gwp.org/Global/GWPSAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWPSAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf).

**PAN, Y., HILL, B.H., HUSBY, P., HALL, R.K. and KAUFMANN, P.R.** “Relationships between environmental variables and benthic diatom assemblages in California Central Valley streams (USA)”. *Springer* [en línea], 2006, (United State of America) 561(1), pp. 21. [Consulta: 18 enero 2022 ]. ISSN 00188158. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/226436406\\_Relationships\\_Between\\_Environmental\\_Variables\\_and\\_Benthic\\_Diatom\\_Assemblages\\_in\\_California\\_Central\\_Valley\\_Streams\\_USA](https://www.researchgate.net/publication/226436406_Relationships_Between_Environmental_Variables_and_Benthic_Diatom_Assemblages_in_California_Central_Valley_Streams_USA)

**PAZ LUDEÑA, Luis Enrique.** Identificación de especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río pita en la provincia de Pichincha [en línea], (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2017. pp. 17. [Consulta: 2021-11-23]. Disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2538>

**PINILLA, G.** *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia.* Santafé de Bogotá: Litográficas Pabón, 2000, pp.13.

**POTAPOVA, M. & HAMILTON, P.B.** “Morphological and ecological variation within the *Achnantheidium minutissimum* (Bacillariophyceae) species complex”. *Journal of Phycology* [en línea], 2007, (Canada) 43(3), pp. 7. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 00223646. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2007.00332.x>

**POULÍČKOVÁ, A., ŠPAČKOVÁ, J., KELLY, M.G., DUCHOSLAV, M. & MANN, D.G.,** “Ecological variation within Sellaphora species complexes (Bacillariophyceae): Specialists or generalists?” *Springer* [en línea], 2008, (República Checa) 614(1), pp. 12. [Consulta: 11 noviembre 2021]. ISSN 00188158. Disponible en: [https://www.academia.edu/17282414/Ecological\\_variation\\_within\\_Sellaphora\\_species\\_complexes\\_Bacillariophyceae\\_specialists\\_or\\_generalists](https://www.academia.edu/17282414/Ecological_variation_within_Sellaphora_species_complexes_Bacillariophyceae_specialists_or_generalists)

**PRYGIEL, J.** *Management of the diatom monitoring networks in France.* 14<sup>a</sup> ed. Francia: Journal of Applied Phycology, 2002, pp. 17.

**PRYGIEL, J. & COSTE, M.** *Guide Methodologique pour la mise en cuivre de l'Indice Biologique Diatomées* [en línea]. Francia: CLCI, 2000. [Consulta: 2022-01-12]. Disponible



en:[https://consultation.eau-artoisshpicardie.fr/OAI\\_Docs/aegis/2496/B\\_16478\\_\(12.04Mo\).pdf](https://consultation.eau-artoisshpicardie.fr/OAI_Docs/aegis/2496/B_16478_(12.04Mo).pdf)

**PULLOTASIG TOASA, Blanca Alicia; & MILLINGALLE SACATORO, Juan Rodrigo.**

Caracterización de los contaminantes físicos y químicos presentes en el Río Yanayacu del cantón Salcedo [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2014. pp. 28. [Consulta: 2021-12-20]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2741/1/T-UTC-00278.pdf>

**RAMÍREZ, J.** *Amazonia posible y sostenible* [en línea]. Colombia: Offset Gráfico, 2013.

[Consulta: 23 enero 2022]. Disponible en: [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia\\_posible\\_y\\_sostenible.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf)

**RAMÍREZ, Angélica. & PLATA DÍAZ, Yasmín.** “Diatomeas perifíticas en diferentes tramos

de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales”. *Unal. Acta Biologica Colombiana* [en línea], 2008, (Colombia) 13 (1), pp. 199-216. [Consulta: 2022-02-22]. ISSN 0120548X. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/1340>

**REYES, C. & FIERRO, P.** *Los macroinvertebrados acuáticos* [en línea]. Quito-Ecuador:

EcoCiencia, 2001. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

**RODRÍGUEZ PINDADO, Sergio.** “Aportaciones a la caracterización limnológica de algunas

lagunas endorreicas en las estribaciones de la Sierra de la Paramera (Ávila)”. *CONAMA* [en línea], 2014, (España), pp. 03. [Consulta: 2021-12-03]. Disponible en: [www.conama2014.org](http://www.conama2014.org).

**RODRÍGUEZ GARZÓN, Laura Stefhany.** Determinación del estado trófico de tres

ecosistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrastantes [En línea] (Trabajo de Titulación). (Bióloga) Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. 2012. pp. 1-116. [Consulta: 2022-02-09]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/11125/RodriguezGarzonLauraStefhany2013.pdf;jsessionid=07AB3C0DBE3599781AD2033ABEBC3265?sequence=1>

**RONDIERE, P.** *La muerte del agua* [en línea]. España: Noguer, 1992. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: [https://aguas.igme.es/igme/educacion\\_ambiental/guia\\_didactica/pdf/in\\_03.pdf](https://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/guia_didactica/pdf/in_03.pdf).

**ROSERO CÓRDOVA, Katherine Jhoanna.** Establecimiento de un índice biótico para determinar la calidad de aguas de los ríos andinos presentes en el Ecuador basado en poblaciones de diatomeas epilíticas [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Internacional SEK, Ecuador. 2016. pp. 24. [Consulta: 2021-11-22]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/3/TESIS%2520FINALIZADA%2520DEFINITIVA.pdf+%&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

**SALA, S.E., VOUILLOUD, A.A., PLATA-DÍAZ, Y., PEDRAZA, E. & PIMIENTA, A.** “Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia. I”. *Caldasia* [en línea], 2015, (Colombia) 37(1), pp. 125–141. [Consulta: 10 noviembre 2021]. ISSN 0366-5232. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-52322015000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322015000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

**SALAS, Silvia. & MARTÍNEZ, Guadalupe.** Determinación de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable (nmp) [en línea], 2004. pp. 58-76. [Consulta: 2022-02-22]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloIII/3Practicasdeanalisisdellaboratoriomicrobiologicos2.pdf>.

**SALINAS ALVARADO, Juan Cristóbal.** Evaluación de modelos Regresión para predicción de Sequías en la microcuenca del Río Chulco utilizando el índice estandarizado de precipitación - evotranspiración (SPEI) y predictores climáticos [En línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 20-45. [Consulta: 2022-01-12]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27349/1/Trabajo%20de%20Titulaci%203%b3n.pdf>

**SÁNCHEZ, E., NÚÑEZ, D., CRUZ, R., TORRES, M. & HERRERA, E.** “Simulación y Conteo de Unidades Formadoras de Colonias”. *ReCIBE*. [en línea], 2017, (México) 6 (1), pp. 97-111. [Consulta: 15 febrero 2022]. ISSN 2007-5448. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5122/512253717006/html/index.html>.

**SARDI BARZALLO, Cristina.** La diversidad de algas diatomeas como herramientas de monitoreo para la gestión de la calidad de recursos hídricos, en los páramos del macizo del Cajas [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad del Azuay, Ecuador. 2018. pp. 23. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8324/1/14046.pdf>

**SERRANO ÁVALOS, Paola Cristina.** Diversidad y riqueza de especies de diatomeas epilíticas de la microcuenca del río chibunga, chimborazo (Trabajo de Titulación) (Maestría) Universidad Internacional SEK, Ecuador. 2018. pp. 14. [Consulta: 2022-01-13]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2885/1/DIVERSIDAD%20Y%20RIQUEZA%20DE%20ESPECIES%20DE%20DIATOMEAS%20EPIL%C3%8DTICAS%20DE%20LA%20MICROCUENCA%20DEL%20R%C3%8DO%20CHIBUNGA%20%20CHIMBORAZO..pdf>

**TENELEMA LAGUA, Deisy Lucia.** Evaluación físico, químico y microbiológico del agua de la junta de agua potable de la parroquia San Miguelito, cantón Píllaro, provincia de Tungurahua [En línea] (Trabajo de Titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 17. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6840/1/56T00729.pdf>

**UNIÓN EUROPEA.** *El agua de Europa está sometida a presiones.* [blog]. España: Wise, 2000. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/>.

**UVILLUS, S.** Caracterización de la composición florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río “La Compañía”, cantón Mejía [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2017. pp. 10. [Consulta: 2022-11-10]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf>.

**VÁZQUEZ, M.A. & L. SUÁREZ** *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates* [en línea]. Quito-Ecuador: EcoCiencia, 2000. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/40770.pdf>.

**VICENTE, E., HOYOS, C., SÁNCHEZ, P. & CAMBRA, J.** *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro* [en línea]. España: Jesús de la Fuente Álvaro, 2005. [Consulta: 2022-

01-08]. Disponible en:  
[https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm30-214764.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf).

**ZAPATA ANZOLA, Angela, & DONATO RONDON, Jhon.** “Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota - Colombia)”. *Limnetica* [en línea], 2005, (Colombia) 24 (3-4), pp. 327-338. [Consulta: 2022-02-22]. ISSN 0213-8409. Disponible en:  
<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-24-2-p-327.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO A: MUESTREO DE DIATOMEAS



Georreferenciación



Muestreo de Diatomeas Epilíticas



Análisis de parámetros físico-químicos



Limpieza de piedras



Almacenamiento de la muestra



Preservación de la muestra en el cooler

## ANEXO B: TRATAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE DIATOMEAS



Tamizado de la muestra



Limpieza de muestras con Peróxido de hidrógeno



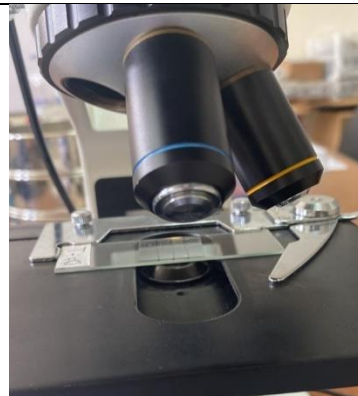
Pesado de la muestra previo a centrifuga



Introducción de la muestra a centrifuga



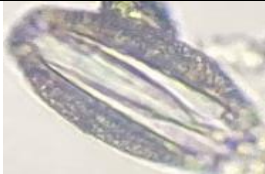
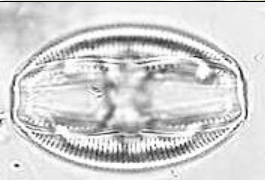
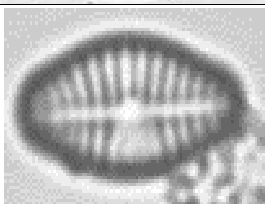



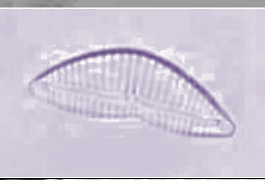


Plaqueado de la muestra en calor

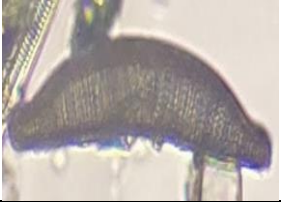

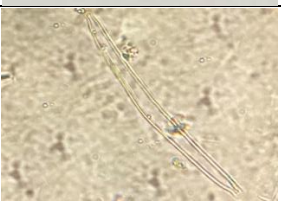








Observación en el microscopio




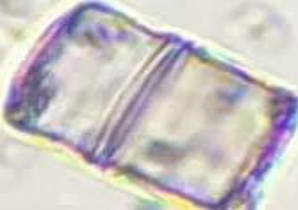










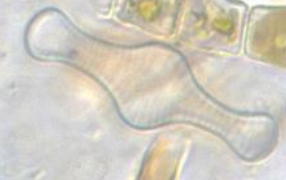
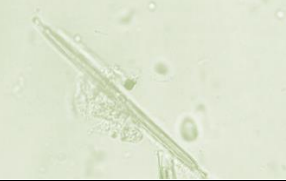

**ANEXO C: NÚMERO DE ESPECIES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ENCONTRADAS  
POR PUNTO**

<b>NOMBRE</b>	<b>IMAGEN</b>	<b>D5</b>	<b>D6</b>	<b>D7</b>	<b>D8</b>
<i>Amphora indistincta</i>		12	0	0	2
<i>Amphora meridionalis</i>		2	0	6	17
<i>Cymbella excisa</i> <i>var. angusta</i>		98	113	87	52
<i>Cymbella tumida</i>		44	0	5	0
<i>Diploneis parva</i>		193	0	4	10
<i>Encyonema langebertalotii</i>		3	0	3	2
<i>Encyonema minutum</i>		20	0	0	11
<i>Encyonema prostratum</i>		1	0	3	12
<i>Epithemia sorex</i>		158	19	55	3

<i>Epithemia turgida</i>		106	85	46	0
<i>Fragilaria arcus</i>		2155	747	387	410
<i>Fragilaria perminuta</i>		219	60	44	27
<i>Fragilaria tenera</i>		12	0	21	7
<i>Fragilaria vaucheriae</i>		5	0	1	1
<i>Gomphoneis minuta</i>		0	0	2	44
<i>Gomphonema acuminatum</i>		9	0	26	20
<i>Gomphonema exilissimum</i>		3	0	8	11
<i>Gomphonema parvulum</i> <i>f. saprophilum</i>		386	211	186	70



<i>Gomphonema rhombicum</i>		2	0	3	20
<i>Gomphonema truncatum</i>		19	1	16	15
<i>Gomphonema minusculum</i>		3	0	28	5
<i>Melosira varians</i>		1394	889	1257	714
<i>Navicula cryptotenella</i>		202	128	60	17
<i>Navicula utermoehli</i>		2	0	0	1
<i>Nitzschia filiformis</i>		613	30	16	70
<i>Nitzschia palea</i>		2	0	0	11
<i>Nitzschia sociabilis</i>		9	0	2	1

<i>Nitzschia umbonata</i>		7	0	6	57
<i>Rhopalodia gibba</i>		2	0	3	1
<i>Synedra sp</i>		118	64	129	152
<i>Tabellaria flocculosa</i>		4	0	2	5
<i>Ulnaria acus</i>		56	2	13	3
<i>Ulnaria ulna</i>		51	94	120	141

**ANEXO D: ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES DE DIATOMEAS EN CADA PUNTO DE MUESTREO**

<b>NOMBRE</b>	<b>D5</b>	<b>A. relativa</b>	<b>D6</b>	<b>A. relativa</b>	<b>D7</b>	<b>A. relativa</b>	<b>D8</b>	<b>A. relativa</b>
<i>Amphora indistincta</i>	2	0.03	0	0.0	0	0.00	2	0.10
<i>Amphora meridionalis</i>	2	0.03	0	0.0	6	0.24	17	0.89
<i>Cymbella excisa var. angusta</i>	98	1.66	113	4.6	87	3.43	52	2.72
<i>Cymbella tumida</i>	44	0.75	0	0.0	5	0.20	0	0.00
<i>Diploneis parma</i>	193	3.27	0	0.0	4	0.16	10	0.52
<i>Encyonema lange-bertalotii</i>	3	0.05	0	0.0	3	0.12	2	0.10
<i>Encyonema minutum</i>	20	0.34	0	0.0	0	0.00	11	0.58
<i>Encyonema prostratum</i>	1	0.02	0	0.0	3	0.12	12	0.63
<i>Epithemia sorex</i>	158	2.68	19	0.8	55	2.17	3	0.16
<i>Epithemia turgida</i>	106	1.80	85	3.5	46	1.81	0	0.00
<i>Fragilaria arcus</i>	2155	36.53	747	30.6	387	15.24	410	21.44
<i>Fragilaria perminuta</i>	219	3.71	60	2.5	44	1.73	27	1.41
<i>Fragilaria tenera</i>	12	0.20	0	0.0	21	0.83	7	0.37
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	5	0.08	0	0.0	1	0.04	1	0.05
<i>Gomphoneis minuta</i>	0	0.00	0	0.0	2	0.08	44	2.30
<i>Gomphonema acuminatum</i>	9	0.15	0	0.0	26	1.02	20	1.05
<i>Gomphonema exilissimum</i>	3	0.05	0	0.0	8	0.32	11	0.58
<i>Gomphonema parvulum f. saprophilum</i>	386	6.54	211	8.6	186	7.33	70	3.66
<i>Gomphonema rhombicum</i>	2	0.03	0	0.0	3	0.12	20	1.05
<i>Gomphonema truncatum</i>	19	0.32	1	0.0	16	0.63	15	0.78
<i>Gomphonema minusculum</i>	3	0.05	0	0.0	28	1.10	5	0.26
<i>Melosira varians</i>	1394	23.63	889	36.4	1257	49.51	714	37.34
<i>Navicula cryptotenella</i>	202	3.42	128	5.2	60	2.36	17	0.89
<i>Navicula utermoehli</i>	2	0.03	0	0.0	0	0.00	1	0.05
<i>Nitzschia filiformis</i>	613	10.39	30	1.2	16	0.63	70	3.66
<i>Nitzschia palea</i>	2	0.03	0	0.0	0	0.00	11	0.58
<i>Nitzschia sociabilis</i>	9	0.15	0	0.0	2	0.08	1	0.05
<i>Nitzschia umbonata</i>	7	0.12	0	0.0	6	0.24	57	2.98
<i>Rhopalodia gibba</i>	2	0.03	0	0.0	3	0.12	1	0.05
<i>Synedra sp</i>	118	2.00	64	2.6	129	5.08	152	7.95
<i>Tabellaria flocculosa</i>	4	0.07	0	0.0	2	0.08	5	0.26
<i>Ulnaria acus</i>	56	0.95	2	0.1	13	0.51	3	0.16
<i>Ulnaria ulna</i>	51	0.86	94	3.8	120	4.73	141	7.37

**ANEXO E: TOTAL DE INDIVIDUOS TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LOS  
GÉNEROS DE DIATOMEAS EPILÍTICAS**

<b>GÉNEROS</b>	<b>D5</b>	<b>D6</b>	<b>D7</b>	<b>D8</b>	<b>Total</b>
<i>Amphora</i>	14	0	6	19	39
<i>Cymbella</i>	142	113	92	52	399
<i>Diploneis</i>	193	0	4	10	207
<i>Encyonema</i>	24	0	6	25	55
<i>Epithemia</i>	264	104	101	3	472
<i>Fragilaria</i>	2391	807	453	445	4096
<i>Gomphoneis</i>	0	0	2	44	46
<i>Gomphonema</i>	422	212	267	141	1042
<i>Melosira</i>	1394	889	1257	714	4254
<i>Navicula</i>	204	128	60	18	410
<i>Nitzschia</i>	631	30	24	139	824
<i>Rhopalodia</i>	2	0	3	1	6
<i>Synedra</i>	118	64	129	152	463
<i>Tabellaria</i>	4	0	2	5	11
<i>Ulnaria</i>	107	96	133	144	480

**ANEXO F: DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES**



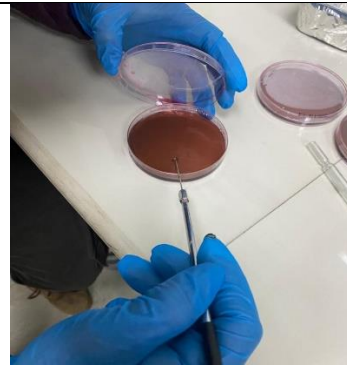
Muestreo de agua



Almacenamiento de muestra



Esterilización de materiales en el auto clave



Siembra de la muestra



Dejamos en incubación por 48 horas



Identificación de colonias



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 22 / 04 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Luz Elena Erazo Cunachi</i>  <i>Lady Adriana Paladines Barba</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA, NUSTE  
Número de reconocimiento: DINI: 0-FC, 0-BANCO CENTRAL DEL  
Ecuador, 000-ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION E-CECIZ,  
QUITO, urn:uuid:000021485, o=LEONARDO FABIO MEDINA  
PZEE: 2022.04.22 15:20:07 -0500



0748-DBRA-UTP-2022