



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA
CONDORQUAYCO PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL
LLANGANATES MEDIANTE ÍNDICES ECOLÓGICOS DE
DIATOMEAS EPILÍTICAS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ERICK WLADIMIR ALVAREZ CHANGO

DIRECTOR: Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Erick Wladimir Alvarez Chango

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.

Yo, Erick Wladimir Alvarez Chango, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi propia autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo 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, 28 de marzo del 2023



Erick Wladimir Alvarez Chango

C. I: 060392297-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA CONDRGUAYCO PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL LLANGANATES MEDIANTE ÍNDICES ECOLÓGICOS DE DIATOMEAS EPILÍTICAS**”, realizado por **ERICK WLADIMIR ALVAREZ CHANGO**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes. MsC PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023/03/28
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo. MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/03/28
Dra. Nancy Cecilia Veloz Mayorga ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023/03/28

DEDICATORIA

Dentro del transcurso de mi vida me he podido dar cuenta de que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé que se desarrollarían en mí; pero lo realmente importante es que puede descubrir que por más que disfrute trabajar a solas, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía perfecta, en la redacción de la presente tesis se presentaron muchos momentos en los cuales pareciera que los deberes y las obligaciones acabaron por completo con mi vida, pero también entendí que en ese preciso momento de dificultad, la ayuda idónea llega justo a tiempo cuando tú la solicitas.

Por esto quiero dedicar el presente trabajo de titulación:

A dios por ser mi guía en el camino correcto, por nunca abandonarme, por darme una excelente familia, por permitirme conocer excelentes profesores y amigos, pero lo más importante por llenar mi corazón con la luz de su espíritu.

A mis queridos padres Luis y Carmen por ser los pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más.

A mi amada esposa Mayra por ser la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, siendo el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida.

A mi princesita Elaine, aunque aún no lo sepas eres y serás lo más importante en mi vida, hoy he dado un paso más para servir de ejemplo a las personas que más amo en este mundo. Gracias a ti he decidido subir un escalón más y crecer como persona y profesional. Espero que un día comprendas que te debo lo que soy ahora y que este logro sirva de herramienta para guiar cada uno de tus pasos.

A mis hermanos Carlos, John y Lisbeth por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Erick

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, siendo la base de mi fortaleza y nunca dejándome perder la esperanza mientras alcanzo mis metas.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen el Ministerio del ambiente, agua y transición ecológica por confiar en mí y abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso de investigación dentro del parque nacional llanganates.

De igual manera mis agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a toda la Facultad de Ciencias, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Carlos Rosero, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

A mis padres Luis y Carmen quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Al Grupo de Investigación-Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) y técnicos colaboradores, mi más sincero agradecimiento por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este estudio.

Erick

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>General</i>	3
1.3.2. <i>Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Marco teórico.....	5
2.2.1. <i>Sistemas lóticos</i>	5
2.2.1.1. <i>Características</i>	6
2.2.2. <i>Cuenca hidrográfica</i>	6
2.2.2.1. <i>Clasificación</i>	6
2.2.2.2. <i>Divisiones</i>	7
2.2.3. <i>Función ecosistémica de los ríos</i>	7
2.2.4. <i>Evaluación del recurso hídrico</i>	8
2.2.4.1. <i>Calidad del agua</i>	8
2.2.4.2. <i>Afectaciones de origen antropogénico</i>	8
2.2.4.3. <i>Afectaciones</i>	9
2.2.4.4. <i>Consecuencias</i>	9
2.2.5. <i>Evaluación</i>	9

2.2.5.1.	<i>Bioindicadores</i>	10
2.2.5.2.	<i>Utilidad</i>	10
2.2.5.3.	<i>Principales</i>	10
2.2.5.4.	<i>Algas b3nticas</i>	13
2.2.5.5.	<i>Inter3s y uso ecosistemico de las microalgas</i>	13
2.2.5.6.	<i>Diatomeas</i>	13
2.2.5.7.	<i>Ventajas</i>	19
2.2.6.	<i>Aplicabilidad de los 3ndices ecol3gicos en estudios de biodiversidad</i>	20
2.2.6.1.	<i>3ndice de Shannon-Wiener</i>	21
2.2.6.2.	<i>3ndice de Margalef</i>	21
2.2.6.3.	<i>3ndice de Sensibilidad Espec3fica a la Poluci3n (IPS)</i>	22
2.2.7.	<i>3ndice de calidad del agua (ICA-NSF)</i>	22
2.2.8.	<i>Par3metros para la determinaci3n del 3ndice de calidad del agua</i>	23
2.2.8.1.	<i>Turbidez</i>	23
2.2.8.2.	<i>Temperatura</i>	23
2.2.8.3.	<i>pH</i>	24
2.2.8.4.	<i>Ox3geno disuelto</i>	24
2.2.8.5.	<i>Nitratos</i>	24
2.2.8.6.	<i>Fosfatos</i>	24
2.2.8.7.	<i>S3lidos totales disueltos</i>	25
2.2.8.8.	<i>DBO</i>	25
2.2.8.9.	<i>Coliforme fecales</i>	25
2.3.	Marco conceptual	25
2.3.1.	<i>Recurso h3drico</i>	25
2.3.2.	<i>Poluci3n</i>	26
2.3.3.	<i>Comunidad biol3gica</i>	26
2.3.4.	<i>Diversidad</i>	26
2.3.5.	<i>Abundancia</i>	26
2.3.6.	<i>Tolerancia</i>	26
2.3.7.	<i>Macr3fitas</i>	27
2.3.8.	<i>Perifiton</i>	27
2.4.	Marco legal	27
2.4.1.	<i>Constituci3n de la republica del Ecuador</i>	27
2.4.2.	<i>C3digo Org3nico Ambiental</i>	27
2.4.3.	<i>Convenci3n de Ramsar</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1.	Localización De La Área De Estudio	29
3.2.	Selección de los puntos de muestreo	30
3.2.1.	<i>Puntos de muestro para diatomeas</i>	30
3.2.2.	<i>Puntos de muestro para análisis físicos y químicos</i>	31
3.3.	Muestreo	32
3.3.1.	<i>Muestro para diatomeas</i>	32
3.3.1.1.	<i>Recolección y conservación de la muestra</i>	32
3.3.1.2.	<i>Extracción de diatomeas</i>	32
3.3.1.3.	<i>Análisis de diatomeas</i>	33
3.3.2.	<i>Muestreo de toma de agua</i>	33
3.3.2.1.	<i>Análisis de parámetros fisicoquímicos</i>	33
3.3.2.2.	<i>Muestreo microbiologico</i>	34
3.4.	Índices ecológicos	34
3.5.	Evaluación del IPS	34
3.6.	Determinación del índice ICA-NSF	36

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
4.1.	Puntos de muestreo	42
4.2.	Diatomeas encontradas	44
4.2.1.	<i>Tramo uno</i>	45
4.2.2.	<i>Tramo dos</i>	47
4.2.3.	<i>Tramo tres</i>	49
4.2.4.	<i>Tramo cuatro</i>	51
4.3.	Índices ecológicos	53
4.3.1.	<i>Índice de Shannon-Wiener</i>	54
4.3.2.	<i>Índice de Margalef</i>	54
4.4.	Índice de sensibilidad específica a la polución (IPS)	55
4.5.	Análisis físico-químico y microbiologico	57
4.5.1.	<i>pH</i>	57
4.5.2.	<i>Temperatura</i>	58
4.5.3.	<i>Solidos totales disueltos</i>	59

4.5.4.	<i>Turbidez</i>	60
4.5.5.	<i>Oxígeno disuelto</i>	61
4.5.6.	<i>Fosfatos</i>	62
4.5.7.	<i>Nitratos</i>	63
4.5.8.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	64
4.5.9.	<i>Coliformes Fecales</i>	65
4.6.	Calidad del agua del agua de la quebrada condorguayco por el índice ICA	66
 CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Clasificación de las diatomeas epilíticas	16
Tabla 2-2:	Valores de amplitud ecológica o tolerancia.....	22
Tabla 3-2:	Valores de sensibilidad	22
Tabla 4-2:	Interpretación del índice de calidad del agua	23
Tabla 1-3:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 1, Zona del herbazal inundable de páramo	31
Tabla 2-3:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 2, Zona herbazal del páramo ...	31
Tabla 3-3:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 3, Zona herbazal del páramo ...	31
Tabla 4-3:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 4, Zona arbustal del páramo	31
Tabla 5-3:	Ubicación de los puntos a muestrear analizar parámetros físicos y químicos ...	31
Tabla 6-3:	Rangos de diversidad según Shannon Wiener.....	34
Tabla 7-3:	Rangos de diversidad según Margalef	34
Tabla 8-3:	Valores del IPS	35
Tabla 9-3:	Valores de sensibilidad y tolerancia para el calculo del IPS	35
Tabla 10-3:	Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF.....	36
Tabla 1-4:	Abundancia de especies del tramo uno en la Quebrada Condorguayco	45
Tabla 2-4:	Abundancia de especies del tramo dos en la Quebrada Condorguayco.....	48
Tabla 3-4:	Abundancia de especies del tramo tres en la Quebrada Condorguayco.....	49
Tabla 4-4:	Abundancia de especies del tramo cuatro en la Quebrada Condorguayco	52
Tabla 5-4:	Estadística descriptiva del IPS	55
Tabla 6-4:	Resultados de pH	57
Tabla 7-4:	Resultados de la variación de la Temperatura (°C)	58
Tabla 8-4:	Resultados de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	59
Tabla 9-4:	Resultados de Turbidez (NTU)	60
Tabla 10-4:	Resultados del OD (% de saturación)	61
Tabla 11-4:	Resultados de Fosfatos (mg/L)	62
Tabla 12-4:	Resultados de Nitratos (mg/L)	63
Tabla 13-4:	Resultados de la DBO5 (mg/L).....	64
Tabla 14-4:	Resultados de Coliformes Fecales (UFC/100L).....	65
Tabla 15-4:	Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Divisiones de una cuenca hidrográfica.....	7
Ilustración 2-2:	Macrófitas como bioindicadores de calidad biológica	11
Ilustración 3-2:	Algas.....	12
Ilustración 4-2:	Macroinvertebrados y peses como bioindicadores	13
Ilustración 5-2:	Material intracelular de diatomeas	15
Ilustración 1-3:	Mapa de localización del área de estudio.....	30
Ilustración 2-3:	Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes fecales	37
Ilustración 3-3:	Valoración de la calidad del agua en función del pH	38
Ilustración 4-3:	Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5	38
Ilustración 5-3:	Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos.....	39
Ilustración 6-3:	Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos	39
Ilustración 7-3:	Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura	40
Ilustración 8-3:	Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez	40
Ilustración 9-3:	Valoración de la calidad del agua en función de sólidos disueltos totales....	41
Ilustración 10-3:	Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del OD	41
Ilustración 1-4:	Tramo 1: Zona del herbazal inundable de páramo	42
Ilustración 2-4:	Tramo 2: Zona herbazal del páramo	43
Ilustración 3-4:	Tramo 3: Zona herbazal del páramo	43
Ilustración 4-4:	Tramo 4: Zona arbustal del páramo	44
Ilustración 5-4:	Dendograma descriptivo de las especies diatomeas epilíticas encontradas ..	45
Ilustración 6-4:	Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo uno	47
Ilustración 7-4:	Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo dos....	49
Ilustración 8-4:	Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo tres	51
Ilustración 9-4:	Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo cuatro	53
Ilustración 10-4:	Diversidad de diatomeas epilíticas presentes en cada tramo	54
Ilustración 11-4:	Diversidad con base en la riqueza de diatomeas epilíticas por cada tramo...55	
Ilustración 12-4:	Valoración del IPS para cada tramo de la zona de estudio	56
Ilustración 13-4:	Variación del pH en los diferentes tramos	57
Ilustración 14-4:	Variación de la temperatura (°C) en los diferentes tramos	58
Ilustración 15-4:	Variación de los SDT (mg/L) en los diferentes tramos	59
Ilustración 16-4:	Variación de Turbidez (NTU) en los diferentes tramos	60
Ilustración 17-4:	Variación del OD (% de saturación) en los diferentes tramos.....	61
Ilustración 18-4:	Variación de Fosfatos (mg/L) en los diferentes tramos.....	62
Ilustración 19-4:	Variación de Nitratos (mg/L) en los diferentes tramos	63

Ilustración 20-4: Variación de la DBO5 (mg/L) en los diferentes tramos	64
Ilustración 21-4: Variación de Coliformes Fecales (UFC/100L) en los diferentes tramos	65
Ilustración 22-4: Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TAXONES ENCONTRADOS EN LOS 4 TRAMOS DE LA QUEBRADA CONDORQUAYCO.

ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE TAXONES ENCONTRADOS EN LA QUEBRADA CONDORQUAYCO

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es diagnosticar la integridad ecológica y evaluar la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco perteneciente al Parque Nacional Llanganates. Se realizaron campañas de muestreo desde el mes de diciembre del 2021 hasta el mes de mayo del 2022. Se determinaron 4 tramos: zona del herbazal inundable de paramo, zona del herbazal de paramo 1, zona herbazal del páramo 2 y zona arbustal de páramo, estableciendo 24 puntos a monitorear diatomeas y para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos 4 puntos. En relación con la abundancia de diatomeas epilíticas se identificaron 40 especies, de las cuales 6 de ellas tienen una abundancia relativa mayor al 5% siendo *Eunotia minor* (7,82%), *Nitzschia inconspicua* (7,38%), *Amphora pediculus* (7%), *Melosira varians* (6,75%), *Cymbella tumida* (6,19%), *Stauroneis acuta* (5,32%) las más representativas. La mayor abundancia de especies de acuerdo con el Índice de diversidad de Shannon-Wiener y el Índice de diversidad de Margalef se registró en el tramo T1 con valores de 3,16 y 7,20, respectivamente, esto se le atribuye a la ubicuidad que permite el desarrollo y distribución de las diatomeas epilíticas. A través el Índice de Sensibilidad Específica a la Polución (IPS) la media registrada fue de $12,97 \pm 0,47$ indicando que la calidad de agua en toda la zona de estudio es moderada encontrándose dentro del rango de 13-17. De esta manera ciertas especies de diatomeas epilíticas podrían ser consideradas como indicadores biológicos de las condiciones ambientales del río debido a sus características de sensibilidad y tolerancia a factores ambientales, por lo que se recomienda establecer un plan de monitoreo y seguimiento constante a los ríos con la finalidad de profundizar en la información de especies bioindicadoras de calidad del agua.

Palabras clave: <ÍNDICE DE SHANNON-WIENER>, <ÍNDICE DE MARGALEF>, <ÍNDICE DE SENSIBILIDAD ESPECÍFICA A LA POLUCIÓN (IPS)>, <DIATOMEAS EPILÍTICAS>, <INDICADORES BIOLÓGICOS>

1354-DBRA-UPT-2023

A handwritten signature in blue ink is written over a circular official stamp. The stamp is faint and contains text around its perimeter, including 'UNIVERSIDAD DE LOS RÍOS' and 'FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES'. The signature is highly stylized and cursive.

ABSTRACT

The Llanganates National Park has been presenting some problems that have jeopardized the water quality of the water bodies in this protected area, specifically focusing on the Condorguayco stream in the Pantzarumi area. One problem that is diagnosed is the performance of recreational activities since the environment and water resources were strongly affected due to the accumulation of solid waste generated by human presence. This research aimed to diagnose the ecological integrity and evaluate the water quality of the Quebrada Condorguayco belonging to the Llanganates National Park. The methodology used in the investigation was of a nonprobabilistic or directed type; the sampling points selected in the Quebrada Condorguayco were for field recognition. The results were obtained through sampling campaigns from December 2021 to May 2022, with which it was possible to identify 40 species of epilithic diatoms, of which six have a relative abundance greater than 5%. *Eunotia minor*, *Nitzschia inconspicua*, *Amphora pediculus*, *Melosira varians*, *Cymbella tímida*, and *Stauroneis acuta*, the most representative, in addition to the highest abundance of species according to the Shannon-Wiener diversity index and the Margalef diversity index. They are registered in the IT section. In this context, it is concluded that through the Specific Sensitivity to Pollution (IPS) index, the registered average indicates that the water quality in the entire study area is moderate, being within the range. In this way, certain species of epilithic diatoms could be considered biological indicators of the river's environmental conditions due to their sensitivity and tolerance to environmental factors.

Keywords: <SHANNON-WIENER INDEX>, <MARGALEF INDEX>, <INDEX SPECIFIC SENSITIVITY TO POLLUTION (IPS)>, <EPILITHIC DIATOMS>, <BIOLOGICAL INDICATORS>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

Debido al hecho de que la mayoría de las actividades (como la agricultura, la minería y la ganadería, etc.) necesitan agua como insumo vital en sus procesos, la importancia de los recursos hidrológicos para el desarrollo socioeconómico del país es importante para los estudios ambientales. Los ríos son vistos como sistemas complejos en los que tienen lugar una serie de procesos ecológicos y dinámicas y en qué sedimentos, agua y seres organismos se transportan. Los páramos del Ecuador son de gran importancia debido a que albergan un sinnúmero de cuerpos de agua presentando en su entorno una vegetación que se parece a una esponja, páramos más secos o con mucha neblina, con pajonales altos y arbustos teniendo así un reconocimiento de gran importancia ya que estos actúan como fuentes de abastecimiento de agua a las comunidades que se encuentran aledañas, sirviendo estas no solamente en cantidad sino en calidad y de lograr un enfoque de conservación del recurso hídrico en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). (Ruiz 2009).

El Parque Nacional Llanganates abarca una vasta gama de diversidad de organismos y recursos abióticos, y pese a formar parte de una área protegida se cuenta con muy poca información sobre ella (Vásquez et al, 2000) evidenciando de igual forma que en la zona de la laguna de Antejos donde se ubica la Quebrada Condorguayco no se cuenta con un desarrollo de análisis socioeconómicos de las comunidades aledañas, conllevando de esta forma a que exista un mal manejo de este recurso natural.

Estos métodos proporcionan un análisis más completo del ecosistema al incorporar parámetros adicionales como el pH y los niveles de oxígeno disuelto. Esto conduce a una comprensión más precisa del estado actual de los recursos hídricos, que es una parte importante de la política pública de gestión del agua. Se necesita investigación adicional para incorporar indicadores como estándares biológicos en la ecuación. (Estrella, 2021, p. 4). El empleo de diatomeas epilíticas como indicadores biológicos se encuentra por encima de los análisis fisicoquímicos costosos y sistemáticos, mostrando información acerca de la tolerancia de los ecosistemas acuáticos, además de que es un procedimiento relativamente nuevo y sencillo en cuanto a la técnica de muestreo y preservación (Lucero & Walls, 2017, p. 2).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Problema

En la actualidad el Parque Nacional Llanganates presenta algunos problemas que ponen en riesgo la calidad del agua de los cuerpos hídricos pertenecientes a esta área protegida, centrándose específicamente en la quebrada de Condorguayco. Uno de los principales problemas que se presenta en esta zona es la realización de actividades recreacionales (pesca, senderismo), incrementando la presencia humana y viéndose fuertemente el ambiente afectado a causa de la acumulación de residuos sólidos generados. Así mismo existen actividades agropecuarias que se desarrollan cerca del lugar de estudio contribuyendo a que se dé una contaminación o alteración a la calidad del agua. Cabe mencionar que, pese a ser un área protegida desde 1996 cuenta con pocos estudios sobre la variedad de formaciones vegetales y de especies de animales existentes en su territorio, careciendo de este modo con planes específicos para el monitoreo hidrológico en estos ecosistemas.

1.2. Justificación

Según (Vasquez et al. 2000), la declaración de los Llanganates como Parque Nacional no eliminó las amenazas sobre sus recursos. Pese a ser un área protegida, esta muestra signos de deterioro por las actividades de los locales y visitantes en espacios concretos, alterando de esta manera la calidad del agua que es la fuente primaria de abastecimiento para las comunidades que se encuentran a su alrededor. Es por ello, por lo que la presente investigación se centra en evaluar la calidad del agua de la quebrada Condorguayco a partir de la identificación de diatomeas pertenecientes a este cuerpo hídrico como bioindicadores. Se llevará a cabo tres fases de muestreo para cada uno de los tramos seleccionados, siguiendo la metodología de Eduardo Lobo, que es adecuada para periodos de flujo continuo, observación microscópica y análisis en laboratorio, que se enfocan en los índices ecológicos para calcular la abundancia-diversidad y el índice ICA que se encarga de analizar los parámetros químicos, físicos y microbiológicos, como la temperatura, la turbidez, el pH, el STD, el OD, los nitratos, los fosfatos, el DBO y los coliformes fecales. El propósito de interés de la investigación es el aporte de un estudio que sirva como una guía o base para próximas investigaciones que se realicen en el Parque Nacional Llanganates y además para evidenciar la importancia y el valor que posee el agua de los páramos.

De acuerdo con la política pública, la investigación actual promueve el uso sostenible de todos los recursos hídricos como se establece en el Objetivo 13. (Secretaría Nacional de planificación 2021)

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Diagnosticar la integridad ecológica y la calidad del agua de la quebrada Condorguayco perteneciente al Parque Nacional Llanganates.

1.3.2. Específicos

- Caracterizar las poblaciones de diatomeas epilíticas mediante la identificación de índices de biodiversidad.
- Determinar la calidad del agua a través del Índice de Sensibilidad Específica a la Polución (IPS).
- Evaluar la calidad del agua a través del índice físico químico ICA-NSF.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

El uso de diatomeas para determinar la calidad del agua ha sido ampliamente estudiado a nivel internacional, especialmente en Europa continental, y en algunos países como parte de la legislación para controlar la calidad del agua en sus principales cuencas fluviales. La Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá es uno de los lugares más significativos estudiados en el mundo. Albergaba un estudio que analizaba las diatomeas epilíticas, que son indicadores de la salud de los sistemas acuáticos. Esto estaba destinado a ayudar a evaluar la calidad del agua de los principales ríos y embalses. (Soler et al., 2012).

En la cuenca del río Zinapécuaro en México, se han llevado a cabo diferentes actividades económicas que han contaminado el área, lo que ha ocasionado una severa degradación ambiental, por lo que se considera a diferentes taxones como indicadores biológicos de la calidad del agua, principalmente a las diatomeas, que se utilizan para evaluar la condición ecológica de los ríos, ya que estas son afectadas por diferentes actividades (Segura-García, 2016).

Un estudio en Perú mostró los sedimentos en la cuenca del río, la calidad del agua del río Utcubamba y de los afluentes del agua como las aguas residuales industriales, domésticas y agrícolas. Las especies con mayor dominancia a nivel de cuenca en ambas temporadas se caracterizaron por su tolerancia a la salinidad y al pH, que a menudo se asocian con ecosistemas contaminados y se correlacionan fuertemente con la contaminación orgánica. (Guzmán & Leiva, 2016).

La cuenca del río Locumba en Tacna, Perú, contiene diez estaciones de muestreo. Se evaluaron tanto los parámetros fisicoquímicos de cada estación como el número y diversidad de diatomeas. Los resultados mostraron una disminución en el número de diatomeas ya que hubo mayor contaminación en el área (Calizaya-Anco et al., 2013).

Identificaron la variedad y la cantidad de especies de diatomeas epilíticas en la microcuenca urbana del río Pirro, en Heredia, Costa Rica, a través de la reacción con variables fisicoquímicas. Se recolectaron materiales a través de múltiples períodos en la parte baja, media y alta del río. Como consecuencia, se identificaron 18 especies de diatomeas, las cuales son indicadoras de

condiciones moderadas y tolerantes a los contaminantes, por lo que se concluye que la parte baja del río Pirro es la más afectada por la contaminación (Flores-Stulzer et al., 2017).

Para evaluar la calidad del agua, Ecuador estudió 19 familias y 25 géneros de diatomeas que se encuentran en el río Teaone. Este río atraviesa Esmeraldas, ciudad que también tiene una importante agricultura y ganadería. Además, el estudio evaluó la calidad del agua del aire urbano contaminado (Ortiz, 2015).

En el río Cutuchi, que se encuentra altamente contaminado por las descargas de aguas residuales de industrias aledañas a la zona, mediante el uso de diatomeas epilíticas como indicadores biológicos, determinaron la calidad del agua y encontraron la presencia de 53 especies y 21 familias de diatomeas epilíticas. (Lucero & Paredes, 2017).

El río Yanayaku tiene 31 especies de diatomeas epilíticas que miden la calidad del agua del río. Estos organismos eliminaron las propiedades microbianas y fisicoquímicas del río y se analizaron en cuanto a parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Este estudio fue parte de un esfuerzo por comparar resultados con otros estudios en otras regiones que incluyeron las áreas de Cutuchi, Pumacunchi y Cotopaxi. (Maiquiza & Tonato, 2020).

2.2. Marco teórico

2.2.1. *Sistemas lóticos*

Los sistemas lóticos conectan arroyos, manantiales, ríos y cascadas. Transportan agua continuamente en la misma dirección y forman redes hidrológicas que la concentran con el tiempo en un canal principal. Esta es la razón por la cual los sistemas lóticos a menudo se asocian con sitios de erosión, transporte y sedimentación (Bojorge & Cantoral, 2016, p.1).

Las corrientes de los ríos juegan un papel clave en la determinación del entorno físico de un sistema lótico. Al transportar recursos útiles, los ríos alientan a los organismos a adaptarse a las condiciones cambiantes mediante la selección de nuevos rasgos. Los cambios ambientales frecuentes y repetidos determinan la diversidad de especies ribereñas. Los cambios en el caudal de los ríos alteran drásticamente la comunidad biótica al causar perturbaciones frecuentes y generalizadas (Donato, 2008, p.26).

2.2.1.1. Características

Generalmente en las zonas altas el clima actúa sobre la geología del lugar, estableciendo las formas terrestres; a nivel medio el clima incide la abundancia de vegetación; en el nivel más bajo se plasma la interacción entre factores abióticos y bióticos; en estos sistemas existe una concentración de oxígeno alta y gran parte de los nutrientes llegan al cauce mediante procesos erosivos. Existen dos tipos, el flujo laminar que corresponde a la zona de remansos en donde la velocidad de corriente disminuye permitiendo el proceso de sedimentación; y el flujo turbulento que es la zona de los rápidos, en donde el agua fluye de forma vertiginosa llevando los sedimentos (Briñez et al., 2011, p.24).

2.2.2. Cuenca hidrográfica

En la desembocadura de la cuenca, las aguas que esperan conectan el sistema fluvial por encima y por debajo del suelo. Los arroyos poco profundos serpentean a través de la cuenca hasta que se fusionan cerca del centro (Ibáñez et al., 2011, p. 3). Se trata de un espacio en donde se dan cambios físicos y biológicos, además de componentes que tienen que ver con la sostenibilidad ecológica desde el punto de vista socioeconómico y cultural (Álvarez & Andrade, 2021, p.25).

Las cuencas hidrográficas facilitan el planeamiento de los recursos hídricos al definir el efecto de las actividades humanas en el sistema hidrológico, que pueden ser perjudiciales o benéficos para el agua en cuestión (Cotler et al., 2013, p.7).

2.2.2.1. Clasificación

Por el tamaño o área superficial:

De acuerdo con Vásconez et al., (2019, p.27) las cuencas hidrográficas en el Ecuador se clasifican de dos maneras descritas a continuación:

Por el tamaño o área superficial:

- Cuenca muy pequeña: área superficial menor a 25 km².
- Cuenca pequeña: área superficial en un rango de 25 km² a 250 km².
- Cuenca intermedia pequeña: área superficial en un rango de 250 km² a 500 km².
- Cuenca intermedia grande: área superficial en un rango de 500 km² a 2500 km².
- Cuenca grande: área superficial en un rango de 2500 km² a 5000 km².
- Cuenca muy grande: área superficial mayor a 5000 km².

Por el lugar a desembocar:

- Endorreica: desembocan dentro de la cuenca ya sea en un lago o laguna.

- Exorreica: el agua desemboca en un río principal cuyo destino es el mar.
- Arreica: no desemboca en un lago, río o mar, sino que se infiltra en el suelo.

2.2.2.2. Divisiones

- Subcuenca: Cuando las subcuencas se fusionan entre sí, crean una cuenca más grande. Estas cuencas más grandes varían de 150 a 1000 kilómetros cuadrados.



Ilustración 1-2: Divisiones de una cuenca hidrográfica

Fuente: (Merino Salazar, 2018, p.22).

2.2.3. Función ecosistémica de los ríos

Los ciclos naturales que se dan en los ríos y arroyos, permiten el equilibrio hídrico, esto se evidencia por la gran variedad de especies que se encuentran en los lagos lóticos a medida que el ecosistema evoluciona a través de los siglos. Los distintos roles que cumplen los ríos en su ecosistema, desde la purificación de agua, la conservación de sedimentos y nutrientes, hasta la protección de hábitats para la vida silvestre, pasando por el control de inundaciones y la provisión de agua para los humanos, son procesos que se encuentran en constante movimiento, sin embargo, el consumo de agua por parte del ser humano ha sido la causa directa de la pérdida de biodiversidad acuática y la disminución de los servicios que presta el ecosistema (Encalada, 2010, p.42).

2.2.4. Evaluación del recurso hídrico

Los recursos hídricos están presentes en diferentes actividades humanas y en el mantenimiento de los ecosistemas, por lo tanto, el grado de su deterioro depende del comportamiento humano y de los eventos naturales, debido a que la humanidad requiere mucha agua, su naturaleza cambiará, por lo que la importancia de la administración y el manejo de los recursos hídricos es crucial, (UNESCO, 2006, p.12).

2.2.4.1. Calidad del agua

Los atributos físicos, químicos y biológicos del agua determinan su utilidad en aplicaciones específicas. Estos estándares rigen cada situación y determinan la calidad del agua. La calidad varía naturalmente entre los lugares (estacional, biorregional y geográficamente) y también cambia con la composición del suelo y las rocas de la región (Gali, 2001, p.1).

Según Samaniego (2019, p.12), al abastecer una fuente de agua para consumo humano, sus estándares de calidad aumentan. Esto se debe a que los problemas de salud hacen que los funcionarios eliminen cualquier patógeno en el agua. Además, la cantidad de contaminantes en una fuente de agua afecta su calidad general.

2.2.4.2. Afectaciones de origen antropogénico

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben mejorarse debido a los trabajos industriales, agrícolas, mineros, domésticos y otros relacionados con el agua. Esto provoca problemas económicos a la población que repercute negativamente en su vida (Maass, 2003, p.4).

Los fertilizantes son vitales para la producción agrícola. Proporcionan los nutrientes que nuestro cuerpo necesita para mantenerse saludable. Esto hace que el uso de fosfatos y nitratos se encuentre entre las prácticas agrícolas más significativas. Al agregar estos compuestos al suelo, pueden ingresar al torrente sanguíneo y propagarse por todo el cuerpo. Sin embargo, pueden ser arrastrados por la lluvia o el agua que corre por los canales de riego cerca de estos desagües (Maass, 2003, p.5).

El incremento de la población genera una mayor demanda de agua, lo que origina grandes cantidades de aguas residuales domésticas sin tratar, que a menudo desembocan en ríos o barrancas, perjudicando el equilibrio ecológico por la contaminación que contiene (Londoño, 2001, p.117).

Los desechos industriales a menudo se drenan en los océanos o los ríos sin antes someterlos a algún tratamiento, además, contienen contaminantes que son tóxicos y pueden infiltrarse en las aguas subterráneas, lo que afecta la disponibilidad de recursos para las futuras generaciones (Londoño, 2001, p.117).

2.2.4.3. Afectaciones

Son fenómenos naturales como el clima, la geología, la actividad volcánica, etc. que ocurren sin intervención humana. Los contaminantes en el suelo están presentes en el agua en formas específicas y generalmente no exceden los límites de concentración. Los procesos de erosión, transporte y sedimentación cambian las propiedades de los canales cercanos (Motta, 2021, p.15).

2.2.4.4. Consecuencias

En la preservación de las fuentes de agua, el equilibrio de las características físicas, químicas y biológicas es resultado de la dinámica estructural y funcional. Para proteger los ríos es necesario conocer su condición actual sobre todo cuando han estado expuestos por mucho tiempo a perturbaciones ocasionadas por el hombre (Samaniego, 2019, p.24). La contaminación del agua altera la biota presente en el lugar, es un factor clave en la transmisión de enfermedades generalmente bacterianas y en la acumulación de toxinas al intervenir en la red alimenticia llegando hasta el nivel del ser humano, ocasionando el desarrollo de enfermedades a corto y largo plazo (Maiquiza & Tonato, 2020, p.31).

2.2.5. Evaluación

La biología del agua es el estudio de la composición y estructura de los organismos que viven en el agua, está estrechamente relacionado con el propósito final del agua, cuanto más diversidad hay en el agua, mejor es su calidad biológica. Para examinar y evaluar la calidad biológica del agua y los cambios en el medio ambiente, se emplean sistemáticamente monitoreos biológicos que se utilizan como indicadores de calidad del agua, estos son: bacterioplancton, fitoplancton (diatomas), perifiton, macroalgas, invertebrados y peces (Medina et al., 2018, p.3).

Los distintos organismos acuáticos que viven en el medio, tienen adaptaciones y grados de tolerancia a las condiciones ambientales, que les permiten ser sensibles o no a nuevos cambios que los pueden llevar a la muerte, por lo cual se marchan de la zona afectada (Maiquiza & Tonato, 2020, p.14).

2.2.5.1. Bioindicadores

Estudiar la calidad del agua utilizando indicadores biológicos es crucial para comprender la integridad de un cuerpo de agua. Debido a que estos indicadores son sensibles a los cambios ambientales ya los factores naturales o químicos, responden a los problemas más rápidamente que otros métodos. Esto se debe a que la medición de la presencia o ausencia de organismos específicos no tiene en cuenta los cambios ambientales, los factores naturales o químicos que afectan el crecimiento o los efectos del entorno circundante (Hernández, 2015, p.20).

Los indicadores de la salud del ecosistema son de naturaleza biológica. Pueden medir el estrés, medir la cantidad de toxinas en el medio ambiente y medir el sistema de defensa del ecosistema contra ellas. También pueden medir las características del hábitat y cómo interactúan entre sí. Estos indicadores complementan los análisis químicos, pero no se pueden replicar en un laboratorio. Dado que es complejo y tiene una amplia gama de variables, crear estos efectos en un laboratorio es casi imposible (Guillén et al., 2012, p.3).

2.2.5.2. Utilidad

Los bioindicadores se pueden clasificar como indicadores de respuesta o de acumulación; mediante la utilización de organismos indicadores de prueba o de monitoreo. Los organismos indicadores o bioindicadores ofrecen información de las condiciones de un ecosistema, de factores ambientales como humedad, pH o presencia de contaminantes. Los organismos de prueba se utilizan principalmente en pruebas de laboratorio en el área de ecotoxicología; pruebas que se realizan para evaluar el nivel de riesgo de exposición (García et al., 2017, p.49).

2.2.5.3. Principales

En los ríos y lagos, los indicadores biológicos se emplean en función del ecosistema que se quiere monitorear, los macroinvertebrados bentónicos, el fitoplancton (diatomas), las algas, los perifiton y los peces son, mayormente, los que se emplean como indicadores de la calidad del agua (García et al., 2017, p.50).

Macrófitas

Con macrófitas nos referimos a todas las plantas acuáticas que teniendo en cuenta la acumulación de sustancias en los tejidos de las plantas se las puede considerar como bioindicadores utilizados comúnmente en el bio monitoreo., su utilización se ha ampliado por su facilidad de recolección, así como el uso diverso desde evaluar a las macrófitas como bioindicadores de contaminación por

metales pesados, estudiando la acumulación en los tejidos de las plantas, o de nutrientes como nitrógeno de Zn y Cu en los tejidos de las plantas, o de nutrientes como nitrógeno, niveles de contaminación del agua mediante la presencia de macrófitas (García et al., 2017, p.50).



Ilustración 2-2: Macrófitas como bioindicadores de calidad biológica

Fuente: (García et al., 2017, p.50).

Algas y perifiton

- Las algas como bioindicadores de calidad de agua brindan información del comportamiento de los contaminantes y de los cambios en las condiciones ambientales, las algas que son más ampliamente utilizadas en el monitoreo de calidad de agua son las diatomeas, poseen ventajas en cuanto al seguimiento de contaminantes y sedimentos en general (Guillén et al., 2012, p.51).
- El perifiton refiere a las comunidades de algas, hongos o microorganismos con sus atributos como abundancia, calidad y composición de comunidades, que se adhieren a superficies sumergidas (rocas o sustratos vegetales), su utilización como bioindicador es importante en ríos de flujo rápido, ya que el establecimiento de otros tipos de organismos es casi nulo, convirtiendo a los perifiton en excelentes indicadores de la presencia de contaminantes en el agua, pues ofrecen una evaluación cualitativa de las respuestas a los cambios en los ecosistemas o sensibilidad de una comunidad a un contaminante (García et al., 2017, p.51).
- Al evaluar el efecto de la contaminación agrícola y ganadera en ríos mediante diatomeas y algas bentónicas, se puede afirmar que el perifiton como bioindicador es una herramienta útil y complementaria a los análisis fisicoquímicos, que ofrece información de las condiciones de la biota de forma integrada de la calidad de agua, evaluando distintos índices de biodiversidad (Guillén et al., 2012, p.51).



Ilustración 3-2: Algas

Fuente: (Guillén et al., 2012, p.6).

Macroinvertebrados

Como bien sustenta García et al., (2017, p.50), la utilización de peces como bioindicadores aporta con información importante del ambiente natural, cambios espaciales, estado morfológico trófico y térmico donde se encuentran, gran utilidad para medir impactos humanos y permiten también la realización de estudios ecotoxicológicos y fisiológicos. Los peces por su tamaño permiten realizar procedimientos analíticos para la obtención de patógenos relacionados con la contaminación ambiental, afecciones a la salud humana y la administración de recursos hídricos.

Los macroinvertebrados con bioindicadores ampliamente usados ya que tienen alta sensibilidad a cambios climáticos convirtiéndolos en adecuados para la evaluación de la calidad ambiental, pues tienen facilidad de recolección, fuertes respuestas ante cambios ambientales y especialmente son de evaluación rápida (Blanco et al., 2010, p.5).

Una mejora en la calidad de agua se ve reflejada en el aumento de poblaciones de macroinvertebrados bentónicos e incremento de las especies de peces; la presencia de especies de macroinvertebrados en las zonas altas de los ríos son indicadoras de buena calidad de agua, por el contrario en la parte baja del río se puede notar una disminución en la diversidad de especies por presencia de contaminantes, los macroinvertebrados que allí se encuentran son resistentes a contaminantes (García et al., 2017, p.6).

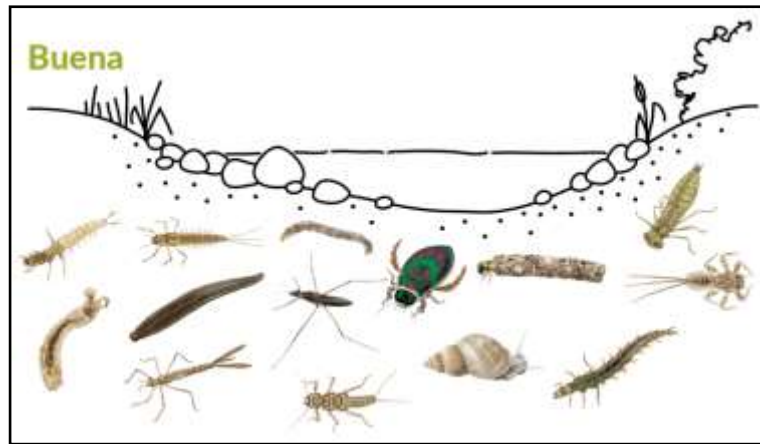


Ilustración 4-2: Macroinvertebrados y peses como bioindicadores

Fuente: (García et al., 2017, p.6).

2.2.5.4. Algas bénticas

Los ríos y arroyos son ecosistemas complejos que exhiben diferentes condiciones ambientales a lo largo del tiempo, lo que genera que los microorganismos como las algas bénticas o los fitobentos se vuelvan más sensibles a ellos, lo que se denomina como la comunidad de microalgas y macroalgas (Guillén et al., 2012, p.6). En estos lugares, la evaluación de la calidad del agua se hace a través de indicadores físicos y químicos, pero no es lo suficientemente completa (Esquiús et al., 2008, p.96).

2.2.5.5. Interés y uso ecosistémico de las microalgas

El uso de microalgas para sistemas de tratamiento biológicos de aguas residuales se ha vuelto cada vez más importante (respetuoso con el medio ambiente y rentable) al ser eficaz a comparación de los sistemas tradicionales de tratamiento de aguas residuales, aporta dando mejores soluciones a problemas ambientales como el calentamiento global, la expansión del agujero de ozono y el cambio climático, porque tienen la capacidad de consumir una gran cantidad de dióxido de carbono para producir oxígeno y glucosa en el proceso de fotosíntesis (Aguilar, 2020, p.30). Además, las microalgas también tienen la capacidad de utilizar la luz solar, el dióxido de carbono y diversos nutrientes para eliminar nutrientes, metales pesados, sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas y otras impurezas presentes en las aguas residuales (Hernández, 2015, p.7).

2.2.5.6. Diatomeas

Las diatomeas son algas eucariotas microscópicas y unicelulares compuestas de silicio en un 60%, que consta de un frústulo que protege a la célula como un caparazón mismo que brinda dureza y

resistencia. El frústulo consta de dos tecas que coinciden entre sí, cada una formada por una valva y un cingulo creándose en la valva un sinnúmero de ornamentaciones las mismas permitiendo una identificación taxonómica, la teca superior llamada epiteca (superior) es siempre mayor y envuelve parcialmente a la hipoteca (inferior). Las diatomeas cumplen un papel fundamental en la cadena trófica ya que actúan como productores primarios para especies acuáticas tanto en agua dulce como en hábitats marinos (Merino, 2018, p.30).

Como bien sostienen Maiquiza & Tonato (2020, p.45), las diatomeas contribuyen a la fijación del carbono atmosférico, considera también que la actividad fotosintética de las diatomeas aporta en un 20% y 40 % de oxígeno a la tierra, por lo cual es factible utilizarlas como bioindicadores de calidad del medio en el que se encuentren.

Los cambios ambientales estacionales durante el paso de los años han determinado fluctuaciones en las comunidades de algas, mismas que dependen de factores físicos como temperatura, intensidad lumínica y parámetros fisicoquímicos del agua como dureza, TDS (sólidos totales disueltos), pH y conductividad (Merino, 2018, p.30).

Las diatomeas mediante la utilización de índices de biodiversidad e identificación de distintas especies son ampliamente utilizadas para la evaluación de la calidad de agua (García et al., 2017, p.6).

Morfología de las diatomeas

Como ya se mencionó las diatomeas tienen un frústulo que se encuentra dividido en tecas una superior y otra inferior, en gran parte de las especies la valva se encuentra atravesada por un rafe que es un delgado surco, el rafe atraviesa la teca hasta llegar al protoplasto, gracias a la hendidura del rafe es posible la locomoción de las células pues bajo de este se encuentra un orgánulo con forma de cinta, formado por fibrillas que se contraen rítmicamente. el orgánulo es causante de la secreción (sustancia adhesiva que se desplaza a través de la hendidura del rafe) en los poros terminales. Perpendiculares al rafe también se encuentran las areolas que son varias series de líneas de perforaciones, la sucesión de estas en cada línea forma las estrías. Uniendo la epiteca e hipoteca se encuentra la cintura que se forma por una cantidad variable de cópulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que ésta (Blanco et al., 2010, p.25).



Ilustración 5-2: Material intracelular de diatomeas

Fuente: (Blanco et al., 2010, p.25).

En la Figura 5-1 Las paredes celulares hechas de sílice contienen celulosa, lo que indica que el protoplasma ocupa el espacio dentro de la célula. El núcleo se encuentra en el centro de la célula, mientras que los cloroplastos aparecen ocasionalmente en uno o dos lugares a lo largo del rafe de diatomeas. En el medio de cada cloroplasto lleno de clorofila, se puede encontrar algún tipo de pigmento como caroteno, carotenoide o xantofila (Merino, 2018, p.7).

La reproducción de las diatomeas se da principalmente por bipartición, primero el protoplasto se divide de forma longitudinal paralelo a las caras valvulares, las dos mitades de la célula se separan formando células hijas que sintetizan la otra mitad faltante, desarrolla una nueva teca que siempre será una hipoteca por lo cual la hipoteca antigua se convierte en la epiteca de la nueva célula, todo este proceso lleva una disminución progresiva en el tamaño de las diatomeas nuevas por lo cual la nueva célula ya no es viable. Por lo cual se llega a producir una reproducción sexual mediante la formación de auxósporas, es decir se juntan dos células madre y tras una división reductora forman dos gametos. Aquí las células se abren y dejan libres a los gametos mismos que al fusionarse forman cigotos. Los cigotos crecen aumentando su tamaño al mismo tiempo forman las dos nuevas tecas con el tamaño máximo de la especie llamándose células iniciales (Blanco et al., 2010, pp.24–26).

Clasificación de las diatomeas

Las diatomeas se dividen en dos clases: las que viven en agua dulce o marina y las que viven en tierra, las primeras poseen rafe y presentan movimiento, por lo cual se adhieren al sustrato acuático y dependen de la luz, el O₂, el H₂S, el CH₄, el CO₂ y la temperatura. Las formas perifíticas o bóticas se asientan sobre piedras o rocas, denominadas epilíticas, las plantas se

asientan epifitas, las que se desarrollan sobre animales reciben el nombre de epizoicas y, por último, las que se localizan en animales internos reciben el nombre de endozoicas (Estrella, 2021, p.57).

Tabla 1-2: Clasificación de las diatomeas epilíticas

Forma	Características	Género	Descripción
Céntricas	Células muy grandes (diámetro mayor de 35 μm)	<i>Ellerbeckia</i>	Presencia de espinas, cara valvar con costillas radiales marginales:
	Células de diámetro inferior a 35 μm	<i>Melosira</i>	Manto con ornamentación tenue, célula sin espinas
		<i>Cyclotella</i>	Estrías no prolongadas hasta el centro de la valva
		<i>Stephanodiscus</i>	Espinas visibles en la periferia de la valva
		<i>Cyclostephanos</i>	Espinas poco visibles
Arrafídeas	Ausencia de rafe en las dos valvas Presencia de costillas	<i>Diatoma</i>	Valvas isopolares, colonias en zigzag
		<i>Tabellaria</i>	Colonias en zigzag, Valvas con engrosamiento central donde se observa una rimopórtula, ápices capitados
		<i>Asterionella</i>	Colonias en forma de estrella, Valvas con forma de “hueso”, ápices capitados uno más grande que el otro
	Ausencia de costillas	<i>Fragilaria</i>	Pseudorrafe bien visible, área hialina central
		<i>Fragilaria</i>	Ligero estrechamiento del área hialina central. Frústulos en visión pleural, a veces, unidos por una de sus mitades y separados en la otra
		<i>Ulnaria</i>	Estrías de ambas márgenes enfrentadas
		Formas pequeñas, Valvas pequeñas	<i>Pseudostaurosira</i>

	(<16 µm) de ápices redondeados y forma elíptica	<i>Staurosira</i>	Células con estrechamiento central, ápices pronunciados y rostrados
Braquirrafídeas	Rafes cortos visibles en los polos, frústulos asimétricos	<i>Eunotia</i>	Estrías visibles, con mayor densidad en los ápices de la célula y en la zona ventral de la misma
Monorradídeas	Rafe sólo presente en una de las valvas Valva plana o abombada	<i>Cocconeis</i>	Valva sin rafe con areolas alargadas y un estrecho pseudorrafe central
	Frústulos curvados en visión pleural	<i>Achananthes</i>	Estrechamiento del centro valvar, areolas claramente visibles
	Frústulos curvados en visión pleural	<i>Achnanthidium</i>	Forma valvar variable (linear, lanceolada o elíptica), ápices curvados en visión pleural:
		<i>Platessa</i>	Estrías gruesas, más separadas y paralelas en el centro de la valva
		<i>Karayevia</i>	Valva con rafe con estrías radiantes, estrías paralelas en la valva sin rafe, areolas visibles en ambas valvas
Valva sin rafe con estrías gruesas y areolas claramente visibles, valva con rafe con alta densidad de estrías finas			
Birrafídeas	Rafe presente en las dos valvas Taxones pertenecientes con anterioridad a Navícula sensu lato	<i>Eolimna</i>	Estrías paralelas, ápices apuntados
		<i>Sellaphora</i>	Estrías paralelas, ápices redondeados
		<i>Geissleria</i>	Estrías radiantes, ápices apuntados
		<i>Navícula sensu stricto</i>	Forma linear, ápices rostrados, estrías radiantes
Forma lanceolada, estrías radiantes y curvas, fisuras centrales del rafe curvadas			

			Forma linear, ápices apuntados
			Fisuras centrales del rafe curvadas
			Formas lanceoladas con ápices más o menos rostrados
		<i>Cymbella</i>	Valvas asimétricas, Fisuras terminales del rafe curvadas hacia la zona dorsal de la valva, normalmente presencia de estigmas o estigmoides ventrales
		<i>Encyonema</i>	Fisuras terminales del rafe curvadas hacia la zona ventral de la valva y fisuras centrales hacia la zona dorsal
		<i>Encyonopsis</i>	Fisuras terminales del rafe casi rectas, células no curvadas dorsiventralmente o sólo ligeramente
		<i>Reimeria</i>	Margen ventral con una prominencia central sin estrías, estigma situado entre las fisuras centrales del rafe
		<i>Amphora</i>	Frústulos elípticos en visión pleural mostrando el rafe en ambas valvas, margen ventral normalmente cóncavo
		<i>Gomphonema</i>	Presencia de uno o más estigmas en el área central*
		<i>Nitzschia</i>	Rafe localizado en un canal rafideano marginal con fíbulas, ápices rostrados o capitados, fíbulas sin interespacio central
		<i>Epithemia</i>	Valvas curvadas dorsiventralmente, con rafe en forma de V y costillas transapicales, células grandes (ancho superior a 13 µm, largo superior a 45 µm)

		<i>Surirella</i>	Valvas heteropolas, con ápice superior redondeado e inferior apuntado
		<i>Cymatopleura</i>	Células muy grandes con constricción central y ondulaciones transapicales

Fuente: (Blanco et al., 2010, p.33–81).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

2.2.5.7. Ventajas

De acuerdo con Blanco et al. (2010, p.32), Las diatomeas son una herramienta útil para estudiar la calidad del agua de los ríos. Algunas de las ventajas de usarlos se enumeran a continuación.

Ubicuidad

Las diatomeas prosperan en cualquier cuerpo de agua y adoptan muchas formas. Estos incluyen adaptaciones perifíticas, coloniales, planctónicas y otras que los ayudan a destacarse como indicadores en cualquier tipo de ecosistema acuático.

Cosmopolitanismo

La distribución de las diatomeas es global, ya que se encuentran desde los polos hasta las zonas desérticas, en aguas dulces o en los océanos, en salares que se encuentran en diferentes condiciones ambientales, también en los ambientes acuáticos y en los de tierra caliente.

Bajo grado de endemismo

La cantidad de especies de diatomeas es abundante en todo el planeta, gracias a esto, es posible realizar comparaciones de calidad de agua entre diferentes regiones sin importar la ubicación geográfica.

Sensibilidad

Las diatomeas son las primeras plantas en participar como productores primarios en los ecosistemas acuáticos.

Diversidad

Originan una gran cantidad de datos, que se pueden cuantificar con el uso de los índices diatomológicos, son más precisos que otros índices bióticos, ya que tienen mayor capacidad para diagnosticar la calidad del agua.

Precisión estadística

Para que los métodos estadísticos de evaluación de diatomeas sean más confiables y precisos, es necesario identificar un mínimo de 400 individuos por muestra, lo que reduce el error en un 10%.

Ciclos vitales

Las diatomeas son organismos unicelulares que se reproducen rápidamente y tienen ciclos de vida cortos. Su estabilidad ambiental depende de su biología de alta calidad durante intervalos específicos de tiempo. Las propiedades físicas de las diatomeas solo muestran efectos de los análisis fisicoquímicos del ecosistema.

Facilidad de muestreo

Las diatomeas son fáciles de recolectar en cualquier segmento de río, están presentes en varios tipos de sustrato en el medio acuático, los materiales de recolección son mínimos y, sobre todo, la recolección tiene una duración de tiempo limitado.

Facilidad de tratamiento

Las diatomeas son económicas y fáciles de trabajar, lo que facilita la conservación de las muestras sin necesidad de almacenarlas. Al montar diatomeas preparadas, se requiere una cantidad mínima de espacio que se puede almacenar sin necesidad de modificarlo. Esto permite futuros estudios ambientales y biológicos, así como un fácil intercambio entre diferentes laboratorios. Mediante el uso de estos tratamientos, cualquier otro laboratorio puede analizar, controlar y monitorear fácilmente la calidad del agua.

Estudios temporales

A diferencia de otros organismos, las diatomeas son indestructibles y se pueden recolectar vivas o fosilizadas de los sedimentos de los ríos, los acantilados y los lagos, lo que permite estudiar el estado del agua en el pasado y elaborar modelos cuantitativos para la reconstrucción de los ambientes geológicos, ya que son las únicas especies que pueden ser halladas en los arroyos secos y temporales de las cuencas hidrográficas.

2.2.6. Aplicabilidad de los índices ecológicos en estudios de biodiversidad

Un índice ecológico es un sistema combinado de varios métodos que se utilizan para calcular la variedad de especies. Su beneficio es simplificar toda la información a un solo número para relacionarlas estadísticamente a través del tiempo en diferentes regiones de un hábitat. Para describir la variedad, es necesario entender que los índices están relacionados y son

complementarios entre sí. Por ejemplo, si se utiliza un índice basado en la estructura, debe combinarse con un índice de riqueza (Moreno, 2001, p.26).

2.2.6.1. Índice de Shannon-Wiener

También conocido como Shannon-Weaver, este índice evidencia la variedad de una comunidad con base en dos componentes: el número de especies y su abundancia relativa, en su definición se lo cataloga como una medida de incertidumbre sobre la identidad de un elemento tomado al azar, esta incertidumbre incrementa de acuerdo con el número de categorías o riqueza y decrece cuando todos o casi todos los elementos corresponden a la misma categoría.

La ventaja de aplicar este índice es que el tamaño de la muestra afecta levemente a la medición de diversidad de especies, a su vez logra capturar una cantidad de información grande en una sola expresión (Pla, 2006, p.2).

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H' : diversidad estimada

p_i : $\frac{n_i}{N}$: número de individuos de la especie / número total de individuos

2.2.6.2. Índice de Margalef

Es un indicador sencillo de la diversidad dado que provee de datos de riqueza específica. Mide o relaciona la distribución de individuos con la cantidad total de especies por área de muestra. La manera idónea de evaluar la riqueza específica es tener un inventario que nos facilite información sobre las especies totales (Valdez et al., 2018, p.1677).

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S: número de especies

N: número total de individuos

2.2.6.3. Índice de Sensibilidad Específica a la Polución (IPS)

La sensibilidad es la tolerancia de toda la comunidad de diatomeas y la amplitud ecológica es la facultad de una especie de desarrollarse en distintos hábitats por medio de su adaptación y tolerancia a la contaminación (Estrella, 2021, p.20).

El valor de la sensibilidad (S) del IPS está entre 1 y 5; en cauces contaminados predominan especies con baja sensibilidad a la contaminación teniendo un valor de sensibilidad de 1, por otro lado, las especies propias de cauces limpios tiene un valor de sensibilidad de 5. La amplitud ecológica o tolerancia (V) se encuentra entre 1 y 3. En aguas con características específicas habitan especies con tolerancia estrecha que las hace excelentes bioindicadoras de la calidad del cauce, con un valor de 3, por otra parte, las especies que no necesitan parámetros específicos se desarrollan en ambientes distintos y son pésimas bioindicadoras de la calidad de agua, tienen un valor de 1 (Blanco et al., 2010, p.30).

Tabla 2-2: Valores de amplitud ecológica o tolerancia

Amplitud ecológica (V)	Baja	Media	Alta
	3	2	1

Fuente: (Estrella, 2021, p.20).

Tabla 3-2: Valores de sensibilidad

Sensibilidad (S)	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
	1	2	3	4	5

Fuente: (Estrella, 2021, p.20).

2.2.7. Índice de calidad del agua (ICA-NSF)

Para (Caho y López 2017) el índice de calidad de agua “es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado, incorporando análisis físicos, químicos y biológicos mediante ecuaciones matemática evaluando así el estado de un cuerpo de agua”

Para el cálculo del ICA se realiza una suma lineal ponderada de los subíndices, arrojando resultados entre 0 a 100 (0 representa una calidad del agua muy pobre y 100 una calidad de agua excelente). (Universidad de Pamplona 2007). El índice de calidad de agua se calcula con la siguiente expresión:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Donde:

- **WQI:** Índice de calidad del agua.
- **SI_i:** Subíndice del parámetro i.
- **W_i:** factor de ponderación para el subíndice i.

Tabla 4-2: Interpretación del índice de calidad del agua

Calidad del agua	Resultado	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Media	51-70	Amarillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Rojo

Fuente: (universidad de Pamplona 2007)

2.2.8. Parámetros para la determinación del índice de calidad del agua

2.2.8.1. turbidez

Es una propiedad óptica causada por materia suspendida y coloidal que hace que la luz sea dispersa y absorbida en el agua en lugar de que se transmita en línea recta a través de ella, es decir, a mayor intensidad de dispersión de la luz la turbiedad será mayor y las partículas suspendidas absorberán el calor del sol aumentando así la temperatura del agua, lo que a su vez reducirá los niveles de oxígeno disuelto. (Carpio 2007).

La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. (González 2011)

2.2.8.2. Temperatura

La temperatura es una constante física que tiene gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse. (Rodríguez 2009)

La temperatura del agua interactúa con el oxígeno disuelto, situación en la cual el agua caliente contiene menos oxígeno disuelto que el agua fría.

2.2.8.3. *pH*

El pH se define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C. Para (Rodríguez y Silva 2015) el intervalo de pH 6.5 a 8.5 en el agua es apropiada para la subsistencia de muchos sistemas biológicos, mientras que valores mayores a 9.0 y menores de 5.8 producen limitaciones al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos.

2.2.8.4. *Oxígeno disuelto*

El oxígeno es una de las propiedades más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos siendo esta indispensable para la subsistencia de la gran mayoría de animales marinos; es decir, si existe una alta cantidad de OD la calidad del agua es buena, y si la proporción de oxígeno disminuye es indicativo de una mala calidad de agua ya que existirá altas concentraciones bacterianas en ella. (Alvarado y Aguilar 2009).

(Carchipulla 2018) En su estudio indica que “La cantidad de oxígeno disuelto en el agua está determinada por varios factores, sin embargo, tres de los más importantes son la temperatura, la salinidad del agua y la presión atmosférica. La capacidad de disolución del OD se incrementa cuando la temperatura y la salinidad disminuyen, lo que afecta el porcentaje de saturación óptimo de oxígeno en un cuerpo de agua. (Alvarado y Aguilar 2009)

2.2.8.5. *Nitratos*

Es un compuesto químico inorgánico que puede estar presente en pequeñas concentraciones como parte de la composición química normal del agua y son a la vez indicadores importantes de la calidad del agua por su gran movilidad y fácil infiltración en acuíferos; por otra parte, los nitratos se hacen presente por determinadas actividades antrópicas asociadas a la agricultura y excretas de animales, contribuyen a que sus niveles se eleven considerablemente. (Montiel et al. 2014)

2.2.8.6. *Fosfatos*

El ion fosfato contribuye directamente al ciclo biológico en los cuerpos de agua y sirve como nutriente del crecimiento de algas y plantas acuáticas en humedales de agua dulce. Las concentraciones de fósforo que son menores a 0,05mg son indicativos de ambientes sin contaminación, mientras que valores de 0,05mg/L a 0.100mg/L indican una calidad de agua regular a mala. Por otra parte, al existir una mayor concentración de fosfatos las algas crecen de

una manera desmedida afectando así la cantidad de oxígeno en el agua, se da un crecimiento acelerado de la materia orgánica viva, una mayor tasa de descomposición desarrollando así problemas de eutrofización. (Rodríguez y Silva 2015)

2.2.8.7. Sólidos totales disueltos

Es una medida de toda la materia que existe en una muestra de agua con tamaños menores a 2 micrones que no pueden ser removidos por un filtro tradicional los STD son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua, además que esta propiedad es un buen indicativo de la calidad del agua y según la USEPA sugiere un máximo de 500mg/L en agua potable. (Sigler y Bauder 2017)

2.2.8.8. DBO

La demanda bioquímica oxígeno indica la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias aeróbicas para la degradación de materia orgánica presente en el agua, representa por tanto una medida directa de la concentración de la materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológica. La DBO5 consiste en realizar una medida inicial de OD y una media final, tras 5 días de incubación a 20°C. (Rodríguez y Silva 2015)

2.2.8.9. Coliforme fecales

Son bacterias patógenas que pertenecen al grupo coliforme y sirven de control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente, entre las bacterias más utilizadas como indicadores se encuentran los coliformes totales y termotolerantes. Las unidades son NMP/100 ml que determina el número más probable por unidad de volumen de agua. (Larrea et al. 2013)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Recurso hídrico

De acuerdo con la UNESCO define al recurso hídrico como los recursos potencialmente disponibles, en calidades y cantidades suficientes en un periodo de tiempo y lugar determinado con el fin de satisfacer una demanda identificable. Los recursos hídricos están constituidos por recursos naturales renovables más importantes para la vida humana. Una correcta gestión de los estos ha iniciado un sinnúmero de investigaciones de las distintas áreas con la necesidad de preservar y conservar este recurso (Hernández, 2015, p.21).

2.3.2. Polución

Es la contaminación del medio ambiente, especialmente del aire o del agua, provocada por los desechos de la actividad humana, que se manifiesta fuerte y gravemente, provocando un cambio en el equilibrio del ecosistema (Hernández, 2015, p.23).

2.3.3. Comunidad biológica

También llamada biocenosis, es el conjunto de organismos de diferentes especies que viven y se relacionan en un área específica, sin embargo, es necesario considerar las interacciones ecológicas, las propiedades físicas o químicas y el clima. La capacidad de adaptación de las especies a los cambios ambientales les permite mantenerse en equilibrio y avanzar al mismo tiempo que el ecosistema (Jost & González, 2012, p.5).

2.3.4. Diversidad

Los diferentes niveles de organización biológica, la variación genética, las condiciones del ecosistema y los paisajes físicos ayudan a determinar la abundancia y variedad de especies de plantas, animales, hongos y microbios que se encuentran en una región determinada. Esto se conoce como “diversidad” y se revela al considerar una variedad de factores. Estos incluyen procesos ecológicos y evolutivos generales, así como especies, paisajes y genes (Blanco, 2007, p.141).

2.3.5. Abundancia

La abundancia es la representación del valor de significancia de las especies tomando en cuenta el número total de especies de la muestra, en los índices ecológicos es aplicada para encontrar cambios en las poblaciones a lo largo del tiempo y en distintos lugares (Moreno, 2001, p.41).

2.3.6. Tolerancia

La tolerancia sugiere la capacidad de un individuo de aceptar y resistir niveles de factores poco comunes, el zoólogo Victor Shelford estableció la “Ley de la Tolerancia” en la que menciona que cada organismo tiene límites de tolerancia que condicionan su desarrollo, distribución y reproducción (Soler et al., 2012, p.4).

2.3.7. *Macrófitas*

Las macrófitas son plantas acuáticas son visibles a simple vista, de gran importancia en cuanto al control de exceso de nutrientes en la eutrofización del agua (Hernández, 2015, p.7).

2.3.8. *Perifiton*

El perifiton se encuentra en ecosistemas de agua dulce, se refiere a la comunidad compuesta por algas principalmente, bacterias, hongos e invertebrados acuáticos, es muy importante ya que sirve para controlar y monitorear la concentración de nutrientes en el agua por lo cual se considera como indicador biológico (Aguilar, 2020, p.23).

2.4. Marco legal

2.4.1. *Constitución de la república del Ecuador*

La constitución de la República del Ecuador del 2008 menciona artículos que se ajustan a los derechos del humano al agua, reconociendo medidas de conservación de los ecosistemas, biodiversidad y fuentes hídricas, una correcta gestión de recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos garantizará un manejo del agua en un enfoque ecosistémico y sostenible, dicha gestión estará a cargo de la autoridad ambiental quien será responsable de su planificación, regulación y control.

2.4.2. *Código Orgánico Ambiental*

Las áreas naturales del Sistema Nacional de Áreas Protegidas se ajustan a los objetivos del Estado con enfoque integral social, económico y ambiental para la conservación y uso sostenible del recurso hídrico en coordinación con la Autoridad Única del Agua, con el fin de proteger y mantener una dinámica hidrológica en las cuencas hidrográficas y cuerpos de agua. El estado garantizará el uso adecuado de áreas de protección hídrica en un régimen de protección respetando los usos espirituales de pueblos y nacionalidades.

2.4.3. *Convención de Ramsar*

La convención Ramsar en el Ecuador, compromete al desarrollo de estrategias para conservar los humedales como:

- Fomentar un panorama compartido respecto a los humedales altoandinos por medio de estrategias de fortalecimiento y coordinación de las diferentes capacidades regionales.
- Complementar el conocimiento científico y técnico de los humedales de tal forma que permita la protección, conservación y su uso sostenible.
- Impulsar el manejo y conservación de los recursos naturales, así como los bienes y servicios derivados de los humedales.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la área de estudio

La Quebrada Condorguayco se encuentra ubicada en el área protegida del Parque Nacional Llanganates y atraviesa a la laguna de Antejos, este Parque Nacional cuenta con una extensión de 219.931,81 ha. Cuya superficie se extiende por las provincias de Tungurahua, Napo, Pastaza y Cotopaxi y se sitúa a una altura mínima de 2960msnm y una altura máxima de 4571msnm.

La ubicación de la Quebrada Condorguayco es por Salcedo en el km 32 de la nueva vía Salcedo-Tena, su longitud es de 1457.28m y geográficamente se encuentra ubicada en la zona 17S bajo las coordenadas UTM_WGS84.

Las características físicas en donde se encuentra la quebrada Condorguayco presenta tres diferentes formaciones vegetales que son la zona inundable, zona arbustal y el herbazal de paramo; el agua de la quebrada es usada comúnmente por la comunidad de Sacha para regadío y el pastoreo de ganado vacuno en la zona baja; los tipos de suelos que se encuentran presentes en el Parque Nacional Llanganates son los Distrandeps, Hidrandeps y Cryaquept los cuales son característicos de zonas frías, húmedas y con fuertes precipitaciones. (Antonio y Velásquez 2008)

El clima que predomina en esta área protegida es un clima ecuatorial frío de alta montaña con precipitaciones entre 800 y 2000mm y con temperaturas medias anuales menores a 12°C. En cuanto a la flora existente en el sector se puede encontrar una vegetación arbustiva que comprende el romerillo de páramo, chuquiragua, amor sachá, achupalla, entre otros y un estrato herbáceo compuesto por diferentes especies de almohadilla y pajonal. (Bastidas y Tapia 2017).

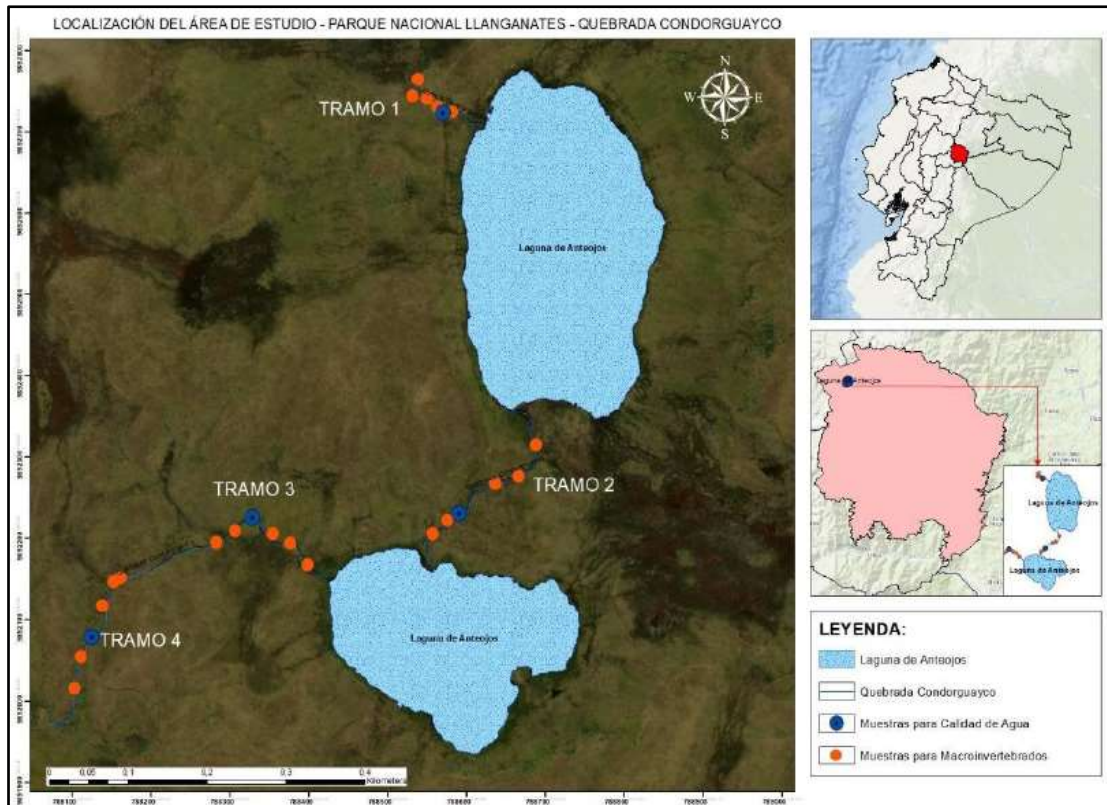


Ilustración 1-3: Mapa de localización del área de estudio
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

3.2. Selección de los puntos de muestreo

Para la selección de los puntos de muestreo primero se consideró realizar un recorrido a lo largo de la quebrada Condorguayco, con la finalidad de conocer sus condiciones físicas, la accesibilidad del lugar y denotar características significativas del medio donde se encuentra la quebrada.

3.2.1. Puntos de muestro para diatomeas

Para el muestreo se consideraron cuatro tramos representativos de la quebrada Condorguayco que son: la zona del herbazal inundable de páramo, zona herbazal del páramo (con dos tramos) y una zona arbustal del páramo, en donde se consideró para cada tramo la toma de seis muestras de agua para la identificación de diatomeas; teniendo en cuenta que se realizó campañas de muestreo desde diciembre a mayo.

De igual manera se realizó la georreferenciación de cada uno de los puntos para posteriormente ser introducidos en el software ArcGis y obtener así un mapa base del muestreo.

Tabla 1-3: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 1, Zona del herbazal inundable de páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788538	788531	788549	788563	788570	788581
altitud	9892764	9892744	9892741	9892731	9892724	9892725

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tabla 2-3: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 2, Zona herbazal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788687	788665	788636	788590	788575	788556
altitud	9892315	9892276	9892267	9892231	9892222	9892205

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tabla 3-3: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 3, Zona herbazal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788398	788376	788354	788328	788306	788282
altitud	9892167	9892194	9892205	9892226	9892209	9892195

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tabla 4-3: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 4, Zona arbustal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788161	788152	788138	788125	788111	788103
altitud	9892151	9892140	9892117	9892079	9892054	9892015

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

3.2.2. Puntos de muestro para análisis físicos y químicos

Se tomó en consideración un punto de muestreo en cada uno de los cuatro tramos representativos de la quebrada y con ayuda de un GPS se tomó las coordenadas de la ubicación exacta de donde se realizara el muestro, para posteriormente localizarlos geográficamente a través del uso del software ArcGis y obtener el mapa base de muestreo.

Tabla 5-3: Ubicación de los puntos a muestrear para analizar parámetros físicos y químicos

Ubicación de las muestras	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
Longitud	788570	788590	788328	788125
altitud	9892724	9892231	9892226	9892079

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

3.3. Muestreo

El método de muestreo que se empleará a la investigación será de tipo no probabilístico o dirigido; debido a que los puntos de muestreos que se seleccionarán en la Quebrada Condorguayco serán por: reconocimiento de campo, según la accesibilidad al lugar y por las zonas que posean características representativas para el muestreo.

3.3.1. Muestro para diatomeas

Para la identificación de diatomeas se tomó en cada uno de los tramos seis muestras con una distancia de aproximadamente 100 metros entre cada punto de muestro, teniendo en cuenta que el muestreo realizado se desarrolló a través de campañas de monitoreo desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo.

3.3.1.1. Recolección y conservación de la muestra

La metodología empleada para la recolección y conservación de las muestras se basó en la metodología del investigador Lobo, (2016, p.16), misma que se detalla a continuación:

- En un tramo de 10 m se recolectó de 4 a 5 rocas de preferencia planas y con un diámetro de 20 cm aproximadamente, a una profundidad de entre 30 y 50 cm de las zonas del río con presencia de luz y de flujo lento.
- Las rocas recolectadas se lavaron ligeramente para retirar las algas y los macroinvertebrados presentes, con la ayuda de un pincel se recogió 10 ml de muestra en tubos eppendorf a la cual se añadió 10 gotas de alcohol para preservarlas.
- En total se recolectó 6 muestras por cada tramo de muestreo.

3.3.1.2. Extracción de diatomeas

La metodología empleada para la extracción de diatomeas de las muestras fue la de (AENOR, 2004, p.10), que se detalla a continuación con una breve modificación:

- La muestra se tamiza para eliminar el exceso de materia orgánica.
- Se centrifuga la muestra a 4000 rpm por un periodo 3 min para eliminar el alcohol.
- Se coloca 10 ml de agua destilada para lavar la muestra y se centrifuga por 3 min a 1500 rpm eliminando el exceso de agua sin perder la muestra del fondo del tubo, este proceso se repitió 3 veces.

- Después del tercer proceso de centrifugada se eliminó el exceso de agua destilada de la muestra, se coloca en tubos de ensayo añadiendo 1 ml de agua destilada, 4 ml de peróxido de hidrógeno con concentración del 10% para obtener una relación de 1:4.
- La muestra se lleva a un baño de arena a una temperatura de 90°C durante 120 min y luego se dejó enfriar.
- Posterior la muestra se centrifuga por 2 min a 2500 rpm, se quitó el exceso y se colocó 10 ml de agua destilada se centrifuga nuevamente a 1500 rpm durante 3 min, se eliminó 5 ml del agua destilada sin remover el fondo para obtener así la muestra lavada y lista para analizar.

3.3.1.3. Análisis de diatomeas

Para la identificación y análisis de diatomeas en el microscopio se empleó la metodología del investigador Lobo, (2016, p.17).

- En un cubreobjetos cuadrulado de 4x4 se colocó 0,2 ml de muestra, la cual se fijó en una placa calefactora a 60°C.
- Para una observación global de la muestra se utilizó el microscopio con el lente a 10X, observando formas geométricas (diatomeas).
- Para la identificación y recuento de diatomeas se utilizó el microscopio con lentes de 40X y 100X y se obtuvieron resultados por cuadrículas.
- En la clasificación de diatomeas se consideró únicamente el género y la especie.
- Se realizó una regla de proporcionalidad para definir el número de diatomeas total en los 10 ml de la muestra.

3.3.2. Muestreo de toma de agua

Para el muestreo, manejo y conservación de las muestras de agua recolectadas se apoyó en los protocolos de la NTE INEN 2176:1998 y de la Norma INEN 2169:2013.

3.3.2.1. Análisis de parámetros fisicoquímicos

Para el procedimiento de muestreo se utilizó frascos ambar que estén debidamente etiquetados, lavados y esterilizados para evitar cualquier alteración en sus análisis, se tomó cuatro muestras de agua en los puntos de monitoreo ya establecidos y se sumergió el frasco en contracorriente evitando que se formen burbujas en su interior y siendo transportados en un cooler para mantener su temperatura hacia los laboratorios del GIDAC y de Calidad de Agua de la ESPOCH.

3.3.2.2. Muestreo microbiológico

La toma de muestra de agua se la realizó con un recipiente de plástico estéril tomando aproximadamente 50ml de agua en cada uno de los puntos de monitoreo ya establecidos de los cuatro tramos, la muestra representativa se la tomó en la mitad de la quebrada evitando la parte superficial.

3.4. Índices ecológicos

En cuanto a la cuantificación y comparación de diversidad de diatomeas epilíticas de la zona de estudio se utilizaron índices de diversidad como: Índice de Margalef e Índice de Shannon-Wiener mismos que fueron calculados en el software estadístico Past y valorados de acuerdo con las Tablas 10-2 y 11-2.

Tabla 6-3: Rangos de diversidad según Shannon Wiener

Rangos	Diversidad
< 2	Baja diversidad
2 a 3	Media diversidad
> 3	Alta diversidad

Fuente: (Moreno, 2001, p.46).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tabla 7-3: Rangos de diversidad según Margalef

Rangos	Diversidad
< 2	Baja diversidad
2 a 5	Media diversidad
> 5	Alta diversidad

Fuente: (Moreno, 2001, p.29).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

3.5. Evaluación del IPS

La identificación taxonómica de diatomeas epilíticas se realiza a nivel de especie, para la cuantificación se considera la morfología de estos organismos con base en la Guía de Diatomeas de la Cuenca del Duero (Blanco et al., 2010, p.30).

Con los datos obtenidos de los valores de productos de abundancias relativas por cada especie, con los valores de abundancia y tolerancia se hizo una sumatoria la cual se dividió por el sumatorio de las abundancias de las especies que es multiplicado por los valores de tolerancia. Para determinar el estado ecológico de la masa de agua se obtuvieron puntuaciones del IPS ponderadas

en el coeficiente de la fórmula, y los valores establecidos para el indicador IPS de cada punto muestreado.

$$IPS = 4,75 * \frac{\sum A_j * S_j * V_j}{\sum A_j * V_j} - 3,75$$

Donde:

A_j: abundancia relativa de la especie j

S_j: valor de sensibilidad de la especie j

V_j: valor de tolerancia de la especie j

Se obtiene mediante la media de la sensibilidad de las especies cotejándolas contra la amplitud ecológica y la abundancia relativa, mediante su escala que va de 1 a 20 se realiza la evaluación de la calidad del agua (Blanco et al., 2010, p.29).

Tabla 8-3: Valores del IPS

Valor	Calidad del Agua
17-20	Muy buena
13-17	Buena
9-13	Moderada
5-9	Deficiente
1-5	Mala

Fuente: (Blanco et al., 2010, p.30).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tabla 9-3: Valores de sensibilidad y tolerancia para el calculo del IPS

Especie	S	V
<i>Achnanthydium rivulare</i>	5	1
<i>Amphora indistincta</i>	3	2
<i>Amphora pediculus</i>	3	1
<i>Aulacoseira granulata</i>	4,8	1
<i>Aulacoseira subarctica</i>	4,8	1
<i>Cocconeis lineata</i>	4	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2	1
<i>Cymbella excisiformis</i>	4	3
<i>Cymbella tumida</i>	3	3
<i>Denticula tenuis</i>	5	3
<i>Didymosphenia geminata</i>	5	2
<i>Encyonema minutum</i>	4	2
<i>Encyonopsis subminuta</i>	3	1
<i>Epithemia adnata</i>	4	3
<i>Epithemia turgida</i>	5	4
<i>Eunotia minor</i>	4,6	1
<i>Fragilaria arcus</i>	4	1
<i>Fragilaria rumpens</i>	4	2
<i>Gomphonema acuminatum</i>	4	2
<i>Gomphonema minusculum</i>	5	2
<i>Gomphonema rhombicum</i>	4,2	1

<i>Gomphonema truncatum</i>	4	1
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>	2	1
<i>Halamphora veneta</i>	4	2
<i>Hippodonta capitata</i>	3	1
<i>Melosira arenaria</i>	3	1
<i>Melosira varians</i>	3	1
<i>Navicula antonii</i>	4	1
<i>Navicula simulata</i>	3,6	1
<i>Nitzschia filiformis</i>	2,8	1
<i>Nitzschia inconspicua</i>	2,8	1
<i>Nitzschia linearis</i>	3	2
<i>Nitzschia media</i>	4	3
<i>Nitzschia recta</i>	1	3
<i>Nitzschia vermicularis</i>	1	3
<i>Nitzschia incognita</i>	2	2
<i>Reimeria sinuata</i>	5	1
<i>Rhopalodia gibba</i>	5	3
<i>Stauroneis acuta</i>	5	2
<i>Tabellaria flocculosa</i>	5	1

Fuente: Norma AFNOR NT 90-350.
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

3.6. Determinación del índice ICA-NSF

Esta técnica se basa por ser un índice que contempla a nueve parámetros y es su suma lineal ponderada, por lo tanto, es necesario que se tengan las mediciones de los parámetros en consideración los cuales son: temperatura, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO5 y coliformes fecales que permitirán conocer el estado de la calidad del agua en trayectos específicos a través del tiempo.

El índice de calidad de agua (ICA) que presenta un valor máximo de 100 quiere decir que posee condiciones óptimas, mientras que, si este valor va disminuyendo se interpretaría que existe un grado de contaminación en el curso de agua que se está analizando.

La ecuación que se utiliza para el cálculo del ICA-NSF es la siguiente:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Los pesos relativos de los parámetros (W_i) son:

Tabla 10-3: Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF

Parámetros	Valor del factor W_i
Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrogeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5)	0,10

Oxígeno disuelto (OD)	0,17
Nitratos (NO_3^{-1})	0,10
Fosfatos (PO_4^{3-})	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Solidos totales disueltos (STD)	0,08

Fuente: (Quiroz, Izquierdo y Menéndez 2017).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Gráficos para la determinación de los subíndices y pasos a seguir:

- Si los coliformes fecales son mayores a 100,000 UFC/100ml el valor es 3; si los coliformes fecales son menores a 100,000 UFC/100ml se busca en el gráfico 1-2 el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

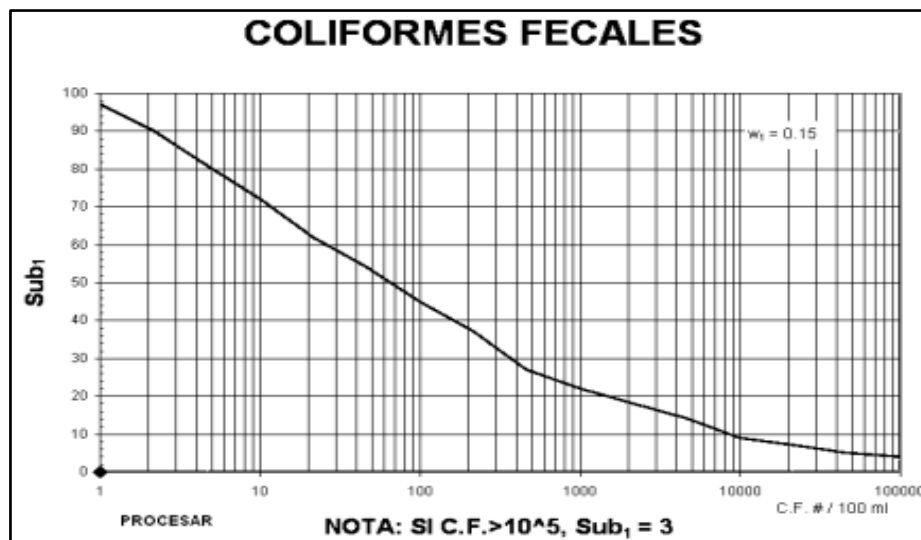


Ilustración 2-3: Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes fecales

Fuente: (olivares 2018)

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si el pH es menor o igual a 2 el valor es 2; si el valor pH es mayor o igual a 10 el valor es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 se busca en el gráfico 2-2 en el eje de la X el valor y se interpola con el eje de la Y.

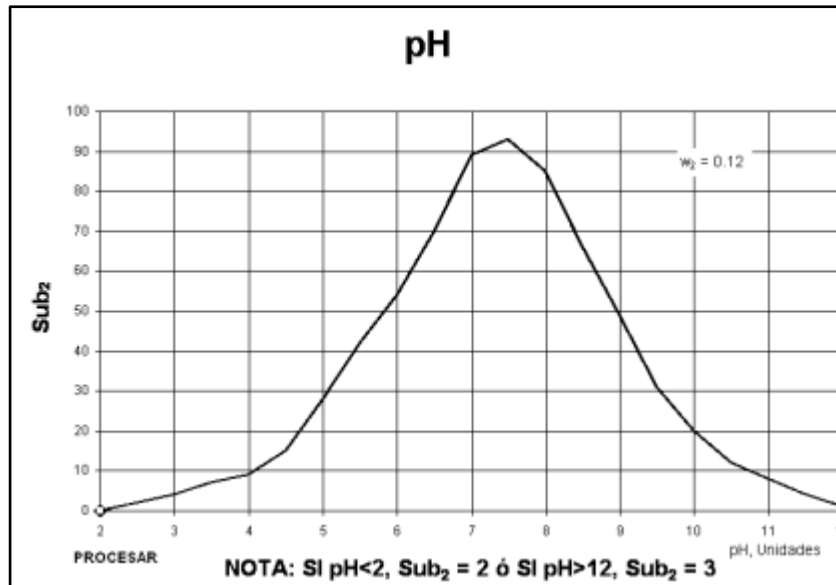


Ilustración 3-3: Valoración de la calidad del agua en función del pH
Fuente: (olivares 2018)
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si la DBO₅ es mayor a 30mg/L el valor es 2; si la DBO₅ es menor a 30mg/L en el gráfico 3-2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

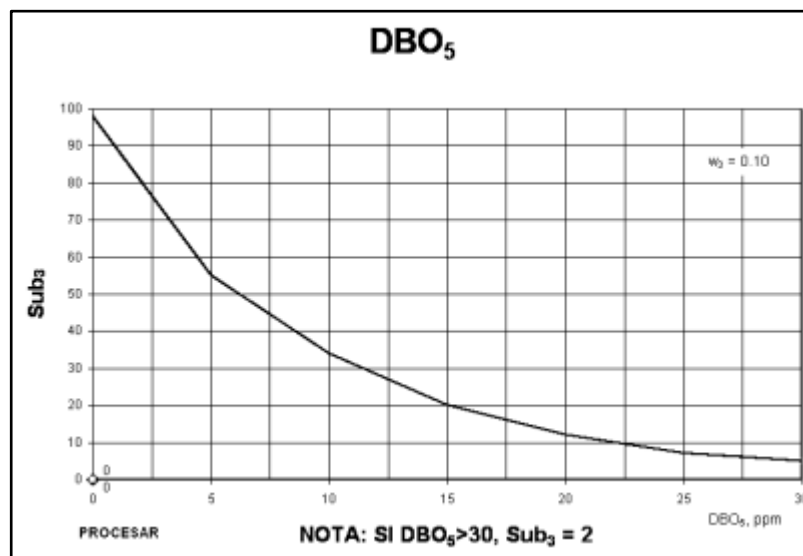


Ilustración 4-3: Valoración de la calidad del agua en función de la DBO₅
Fuente: (olivares 2018)
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si el valor de nitratos es mayor a 100mg/L el valor es 2; si el valor de nitrato es menor a 100mg/L en el gráfico 4-2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

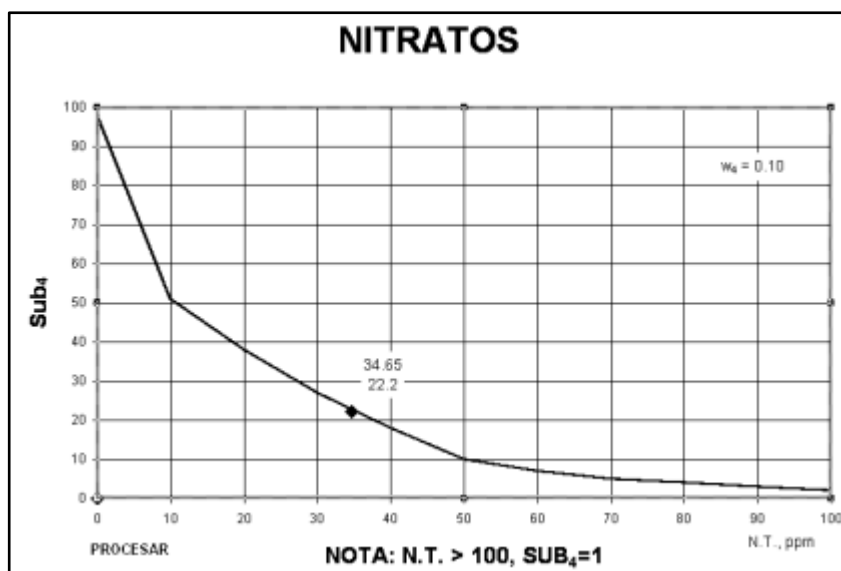


Ilustración 5-3: Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos

Fuente: (olivares 2018)

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si el valor de los fosfatos es mayor a 10mg/L el valor es 5; si el valor de los fosfatos es menor a 10mg/L en el gráfico 5-2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

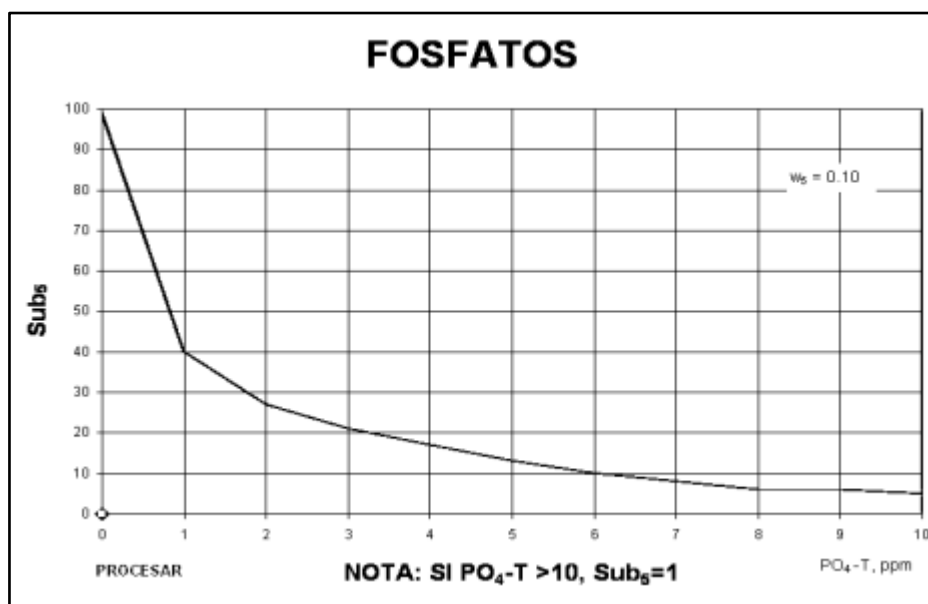


Ilustración 6-3: Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos

Fuente: (olivares 2018)

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Para calcular el parámetro de temperatura, se debe restar la temperatura ambiente de la temperatura de la muestra, entonces, si el valor de la diferencia obtenido es mayor a 15°C el valor es 9; pero si la diferencia obtenida es menor a 15°C se busca en el gráfico 6-2 el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

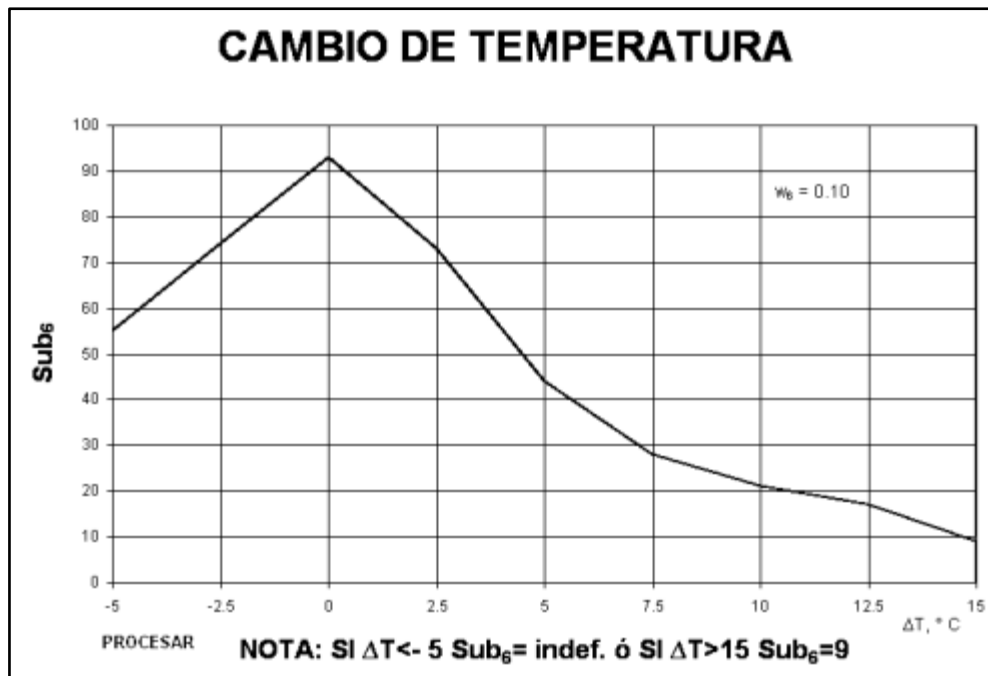


Ilustración 7-3: Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura

Fuente: (olivares 2018).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Si la turbidez es mayor a 100 NTU el valor es 5; si la turbidez es menor a 100 NTU el valor se busca en el gráfico 7-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

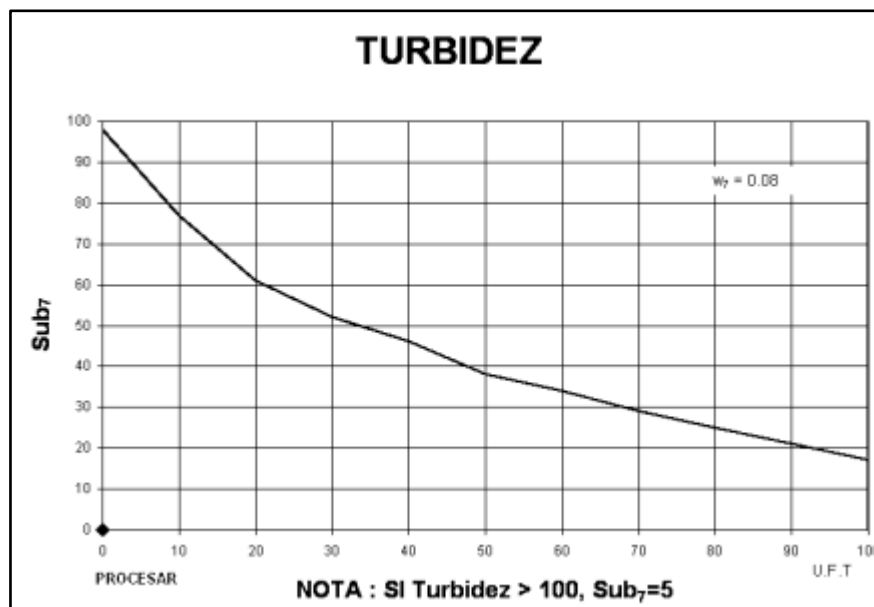


Ilustración 8-3: Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez

Fuente: (olivares 2018).

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si los sólidos disueltos totales son mayores a 500mg/L el valor es 3; si los sólidos disueltos totales son menores a 500mg/L el valor se busca en el gráfico 8-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

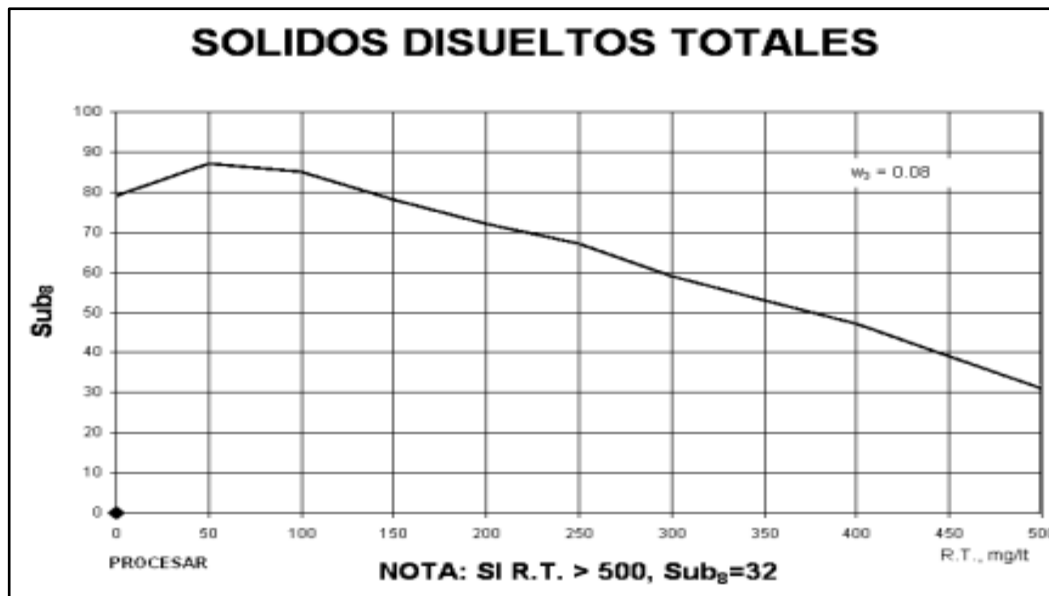


Ilustración 9-3: Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos disueltos totales
 Fuente: (olivares 2018)
 Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

- Si el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto es mayor a 140% el valor es 47; si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es menor a 140% el valor se busca en el gráfico 9-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y

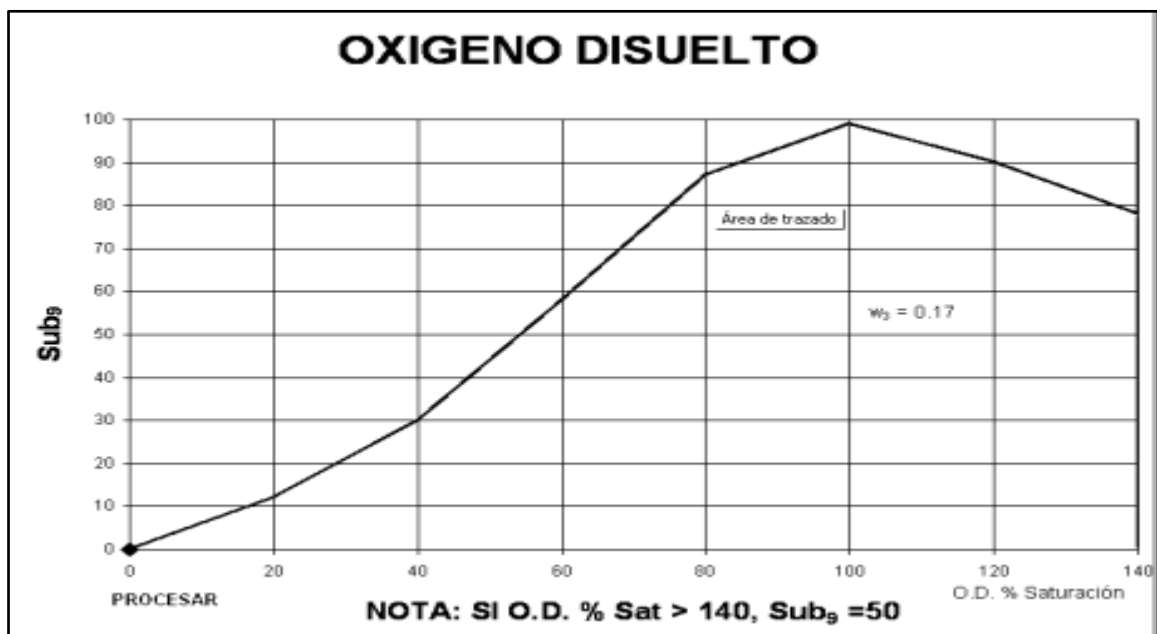


Ilustración 10-3: Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del OD

Fuente: (olivares 2018)
 Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Puntos de muestreo

Los puntos seleccionados para la toma de muestras de agua se basaron en las características físicas de la zona y por la afluencia de personas debido a las actividades turísticas que se dan en el lugar, determinando de tal forma 4 tramos a monitorear.

Tramo 1: Zona del herbazal inundable de páramo, esta zona se conecta con la primera laguna de Antejos y se considerado como punto de muestreo debido a que es turística en la cual se realiza actividades de pesca y de caminata.



Ilustración 1-4: Tramo 1: Zona del herbazal inundable de páramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tramo 2: Zona herbazal del páramo, por medio esta zona se conectan las dos lagunas de ahí el nombre de “Laguna de Antejos” y fue considerara debido a que es un punto estratégico en la cual puede existir un intercambio de algún contaminante entre las lagunas, recalcando que esta zona sigue siendo turística.



Ilustración 2-4: Tramo 2: Zona herbazal del páramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tramo 3: Zona herbazal del páramo, esta zona es en la que desemboca de la segunda laguna y se la consideró debido a que no hay una presencia humana.



Ilustración 3-4: Tramo 3: Zona herbazal del páramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Tramo 4: Zona arbustal del páramo, esta zona se tomó en cuenta por ser el final de la quebrada.



Ilustración 4-4: Tramo 4: Zona arbustal del páramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Para la recolección de las muestras de agua en cada tramo se realizó un estudio de campo según su accesibilidad, las características físicas de cada zona y la seguridad que existe para el recolector; entonces, se desarrolló un muestreo aleatorio estratificado y se consideró un transecto de 100m aproximadamente donde se muestrearon 6 puntos en cada uno de los 4 tramos, obteniendo así un total de 24 muestras de agua para diatomeas a lo largo de la quebrada. En el caso de la toma de muestra de agua para los análisis fisicoquímicos solo se consideró un punto en cada uno de los 4 tramos seleccionados considerando de igual manera zonas en donde haya una profundidad considerable y teniendo en cuenta el cauce del río.

Realizando campañas de monitoreo durante 6 meses (diciembre a mayo) teniendo en cuenta que durante el periodo de monitoreo fue en temporada lluviosa y seca.

4.2. Diatomeas encontradas

En el área de estudio, se registraron diferentes especies de diatomeas epilíticas, que en base a investigaciones anteriores se las caracteriza como bioindicadoras de mala y buena calidad del agua, con el fin de evidenciar el estado biológico del agua de la quebrada Condorguayco. Se cuantificó un total de 40 especies de diatomeas, dado que algunas especies eran concurrentes en los 4 tramos analizados.

<i>Nitzschia vermicularis</i>	19	4,82%
<i>Cymbella excisiformis</i>	17	4,31%
<i>Gomphonema acuminatum</i>	16	4,06%
<i>Nitzschia filiformis</i>	16	4,06%
<i>Hippodonta capitata</i>	13	3,30%
<i>Encyonopsis subminuta</i>	13	3,30%
<i>Aulacoseira subarctica</i>	11	2,79%
<i>Nitzschia media</i>	7	1,78%
<i>Halumphora veneta</i>	7	1,78%
<i>Gomphonema rhombicum</i>	6	1,52%
<i>Encyonema minutum</i>	6	1,52%
<i>Nitzschia linearis</i>	6	1,52%
<i>Cocconeis lineata</i>	5	1,27%
<i>Nitzschia incognita</i>	5	1,27%
<i>Navicula simulata</i>	5	1,27%
<i>Reimeria sinuata</i>	5	1,27%
<i>Denticula tenuis</i>	4	1,02%
<i>Rhopalodia gibba</i>	4	1,02%
<i>Tabellaria flocculosa</i>	4	1,02%
<i>Melosira arenaria</i>	4	1,02%
<i>Didymosphenia geminata</i>	2	0,51%
<i>Gomphonema minusculum</i>	2	0,51%
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	0,51%
<i>Amphora indistincta</i>	1	0,25%
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	0,25%
TOTAL (0,2ml)	394	100%
TOTAL (10ml)	19700	

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

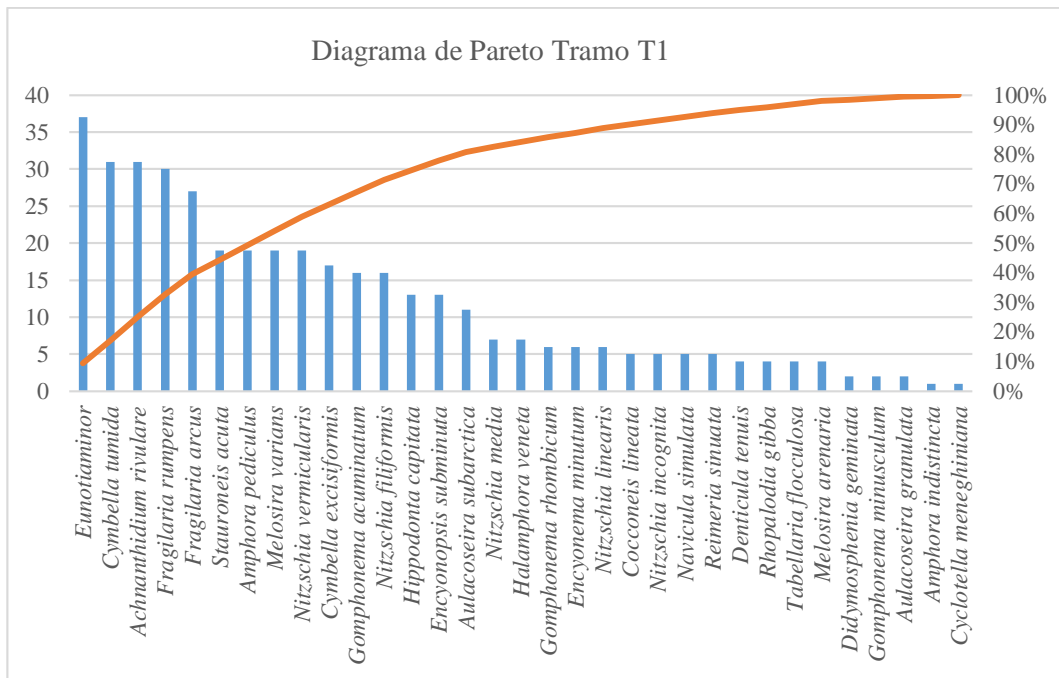


Ilustración 6-4: Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo uno
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

De acuerdo con el Gráfico 2-3, existen 7 especies que corresponden al 20% más significativo del tramo 1 según indica Pareto. La especie *Eunotia minor* tiene alta sensibilidad a la contaminación ambiental por lo cual habita en aguas de buena calidad, mientras que la especie *Cymbella tumida* tiene baja sensibilidad a la contaminación por lo que requiere de condiciones específicas para su desarrollo siendo característica de aguas medianamente limpias (Ortiz, 2015, p.42), el taxo *Achnanthisidium rivulare* se ha reportado en aguas no muy contaminadas, además es considerada una especie cosmopolita (Hernández, 2015, p.2), en el caso de *Fragilaria rumpens* y *Fragilaria arcus* este género es abundante en zonas con baja contaminación (Blanco, 2008, p.42), de acuerdo con (Maiquiza & Tonato, 2020, p.89), la especie *Stauroneis acuta* es indicadora de agua con moderada contaminación, por lo que su rango de tolerancia es medio. Con base en la investigación de (Céspedes et al., 2016, p.108), el taxo *Amphora pediculus* es tolerante a la contaminación y característico de ríos de alta montaña.

4.2.2. Tramo dos

La riqueza específica para el tramo dos es de 31 especies de diatomeas epilíticas, con una abundancia de 398 individuos tal como lo muestra la Tabla 13-3. Los taxos con abundancia relativa mayor al 5% son: *Eunotia minor* (10,30%), *Melosira varians* (8,04%), *Stauroneis acuta* (7,79%), *Nitzschia inconspicua* (6,28%), *Cocconeis lineata* (6,03%), *Nitzschia incógnita* (5,78%), *Cymbella excisiformis* (5,53%) y *Ephitemia adnata* (5,28%).

Tabla 2-4: Abundancia de especies del tramo dos en la Quebrada Condorguayco

Especies	Abundancia	Abundancia Relativa %
<i>Eunotia minor</i>	41	10,30%
<i>Melosira varians</i>	32	8,04%
<i>Stauroneis acuta</i>	31	7,79%
<i>Nitzschia inconspicua</i>	25	6,28%
<i>Cocconeis lineata</i>	24	6,03%
<i>Nitzschia incognita</i>	23	5,78%
<i>Cymbella excisiformis</i>	22	5,53%
<i>Epithemia adnata</i>	21	5,28%
<i>Cymbella tumida</i>	18	4,52%
<i>Epithemia turgida</i>	17	4,27%
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>	17	4,27%
<i>Amphora pediculus</i>	16	4,02%
<i>Encyonopsis subminuta</i>	16	4,02%
<i>Nitzschia linearis</i>	16	4,02%
<i>Rhopalodia gibba</i>	9	2,26%
<i>Nitzschia filiformis</i>	8	2,01%
<i>Gomphonema truncatum</i>	8	2,01%
<i>Gomphonema rhombicum</i>	7	1,76%
<i>Nitzschia vermicularis</i>	7	1,76%
<i>Gomphonema acuminatum</i>	6	1,51%
<i>Encyonema minutum</i>	5	1,26%
<i>Fragilaria rumpens</i>	4	1,01%
<i>Nitzschia media</i>	4	1,01%
<i>Aulacoseira subarctica</i>	4	1,01%
<i>Achnanthyidium rivulare</i>	4	1,01%
<i>Gomphonema minusculum</i>	3	0,75%
<i>Fragilaria arcus</i>	2	0,50%
<i>Denticula tenuis</i>	2	0,50%
<i>Navicula simulata</i>	2	0,50%
<i>Amphora indistincta</i>	2	0,50%
<i>Tabellaria flocculosa</i>	2	0,50%
TOTAL (0,2ml)	398	100%
TOTAL (10ml)	19900	

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

<i>Nitzschia incognita</i>	25	6,27%
<i>Stauroneis acuta</i>	22	5,51%
<i>Eunotia minor</i>	20	5,01%
<i>Encyonopsis subminuta</i>	18	4,51%
<i>Cocconeis lineata</i>	17	4,26%
<i>Nitzschia recta</i>	17	4,26%
<i>Cymbella tumida</i>	16	4,01%
<i>Gomphonema truncatum</i>	15	3,76%
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>	15	3,76%
<i>Epithemia adnata</i>	14	3,51%
<i>Halamphora veneta</i>	12	3,01%
<i>Encyonema minutum</i>	12	3,01%
<i>Didymosphenia geminata</i>	9	2,26%
<i>Nitzschia linearis</i>	8	2,01%
<i>Gomphonema rhombicum</i>	7	1,75%
<i>Nitzschia vermicularis</i>	7	1,75%
<i>Epithemia turgida</i>	6	1,50%
<i>Aulacoseira subarctica</i>	5	1,25%
<i>Nitzschia filiformis</i>	5	1,25%
<i>Cymbella excisiformis</i>	4	1,00%
<i>Navicula antonii</i>	4	1,00%
<i>Gomphonema minusculum</i>	3	0,75%
<i>Nitzschia media</i>	2	0,50%
<i>Rhopalodia gibba</i>	2	0,50%
TOTAL (0,2ml)	399	100%
TOTAL (10ml)	19950	

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

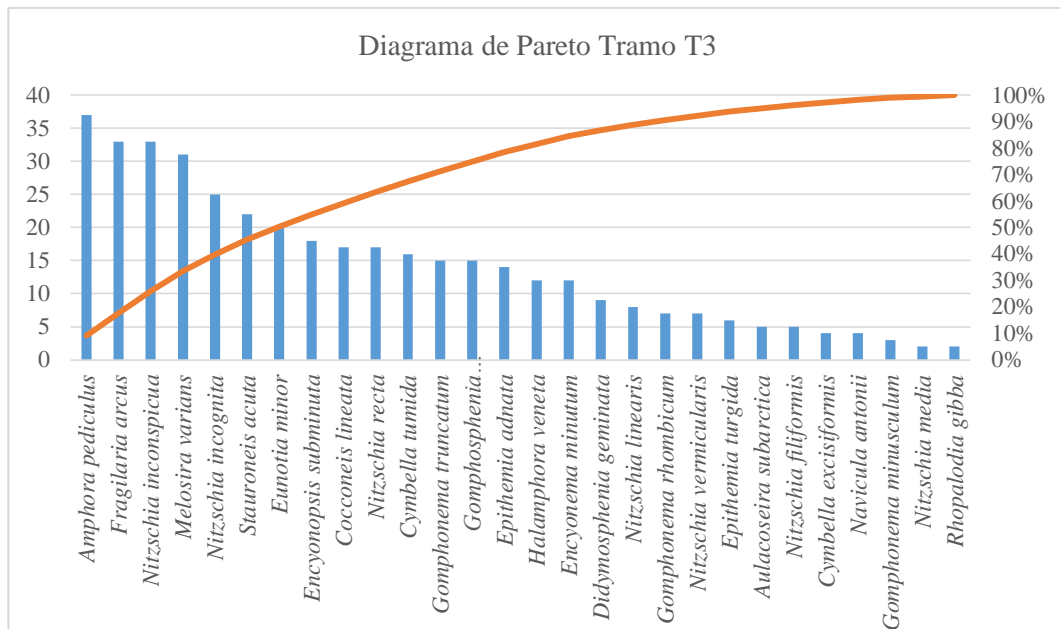


Ilustración 8-4: Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo tres
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

De acuerdo con el Gráfico 4-3, existen 6 especies que representan el 20% de abundancia del tramo *Amphora pediculus*, *Fragilaria arcus*, *Nitzschia inconspicua*, *Melosira varians*, *Nitzschia incognita*, *Stauroneis acuta* mismas que fueron encontradas en los tramos anteriores, dicha coincidencia se le atribuye a que el tramo tres es la desembocadura de los cuerpos de agua que forman la laguna de anteojos. Se evidencia en la zona de estudio una amplia distribución de especies de diatomeas epilíticas indicadoras de aguas contaminadas con alta carga orgánica, considerando que la quebrada Condorguayco está sujeta a variaciones constantes por contaminación causada por actividades antropogénicas en el lugar, lo que concuerda con estudios realizados por (Chasiqiza & Cola, 2017, p.51), en donde se encontraron las mismas especies de diatomeas epilíticas caracterizando al agua del río Cutuchi como moderada.

4.2.4. Tramo cuatro

La riqueza específica determinada en el tramo cuatro es de 28 especies de diatomeas epilíticas, con una abundancia de 408 individuos, como se muestra en la Tabla15-3. Los taxones con una abundancia relativa mayor al 5% fueron *Nitzschia inconspicua* (14,71%), *Amphora pediculus* (9,80%), *Cymbella tumida* (8,33%), *Eunotia minor* (6,62%), *Melosira varians* (6,37%), *Epithemia adnata* (5,64%) y *Encyonema minutum* (5,39%).

Tabla 4-4: Abundancia de especies del tramo cuatro en la Quebrada Condorguayco

Especies	Abundancia	Abundancia Relativa%
<i>Nitzschia inconspicua</i>	60	14,71%
<i>Amphora pediculus</i>	40	9,80%
<i>Cymbella tumida</i>	34	8,33%
<i>Eunotia minor</i>	27	6,62%
<i>Melosira varians</i>	26	6,37%
<i>Epithemia adnata</i>	23	5,64%
<i>Encyonema minutum</i>	22	5,39%
<i>Fragilaria arcus</i>	17	4,17%
<i>Cocconeis lineata</i>	14	3,43%
<i>Stauroneis acuta</i>	13	3,19%
<i>Nitzschia vermicularis</i>	13	3,19%
<i>Nitzschia filiformis</i>	13	3,19%
<i>Fragilaria rumpens</i>	12	2,94%
<i>Gomphonema minusculum</i>	11	2,70%
<i>Nitzschia incognita</i>	10	2,45%
<i>Nitzschia linearis</i>	10	2,45%
<i>Nitzschia recta</i>	10	2,45%
<i>Nitzschia media</i>	9	2,21%
<i>Halamphora veneta</i>	7	1,72%
<i>Encyonopsis subminuta</i>	7	1,72%
<i>Epithemia turgida</i>	7	1,72%
<i>Aulacoseira subarctica</i>	5	1,23%
<i>Cymbella excisiformis</i>	5	1,23%
<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>	4	0,98%
<i>Navicula simulata</i>	3	0,74%
<i>Denticula tenuis</i>	2	0,49%
<i>Reimeria sinuata</i>	2	0,49%
<i>Gomphonema truncatum</i>	2	0,49%
TOTAL (0,2ml)	408	100%
TOTAL (10ml)	20400	

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

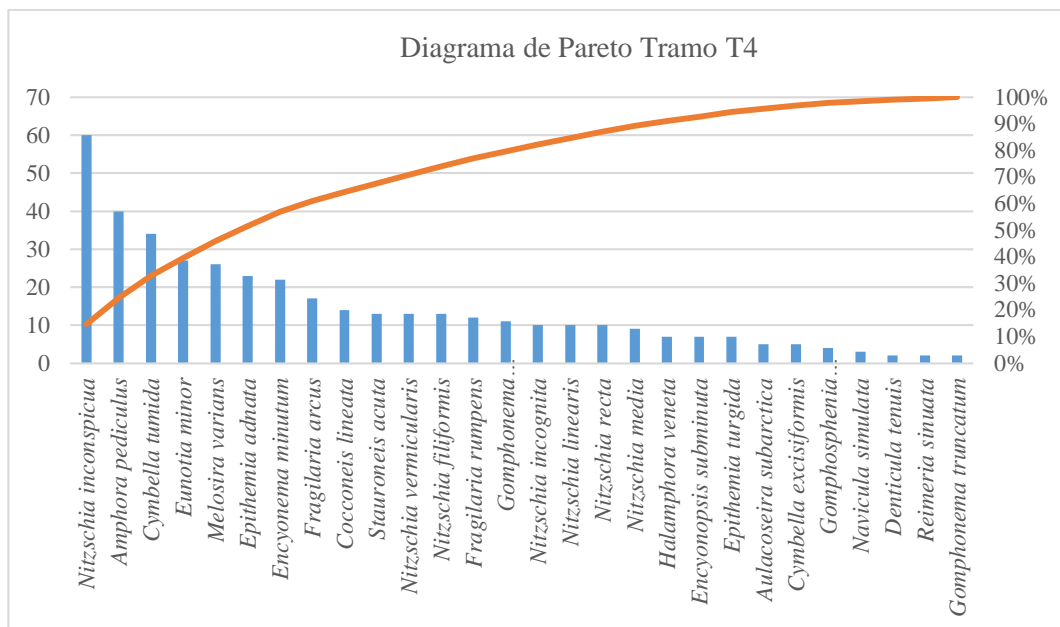


Ilustración 9-4: Especies de diatomeas epilíticas con mayor abundancia en el tramo cuatro
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

De acuerdo con el Gráfico 5-3, para el tramo cuatro existen 6 especies que representan el 20% de la abundancia. En esta zona de estudio al igual que en los tramos anteriores se encontraron las siguientes especies: *Nitzschia inconspicua*, *Amphora pediculus* y *Melosira varians* que se desarrollan en hábitats con un índice elevado de contaminación orgánica, según (Blanco et al, 2010, p.5) es típico encontrar a estas especies juntas en aguas de ríos contaminados; los taxos *Cymbella tumida* y *Eunotia minor* se desarrollan en condiciones distintas, siendo poco tolerantes a zonas fuertemente contaminadas (Ortiz, 2015, p.42). El único taxo registrado como diferente es *Epithemia adnata* que se encuentra en sustratos fijos presente en aguas con carga de contaminación baja y moderada (Guillén et al., 2012, p.4).

4.3. Índices ecológicos

De acuerdo con (Guzmán & Leiva, et al., 2016, p.19), los índices ecológicos permiten evaluar total o parcialmente los sistemas ecológicos por lo que pueden ser considerados como estimadores de la diversidad y riqueza de un sistema, de forma jerárquica desde especie hasta género y proporciona información sobre el estado del ecosistema.

En función de los resultados obtenidos se analizaron todas las especies por cada punto de muestreo, con la finalidad de determinar la diversidad y riqueza, mediante el Índice de Shannon e Índice de Margalef, respectivamente.

4.3.1. Índice de Shannon-Wiener

En el Índice de Shannon-Wiener los valores para cada punto mostraron diferencias significantes, obteniendo una alta diversidad según la Tabla 6-3, al tener valores de 3,16 para el primer tramo (T1), 3,12 para el segundo tramo (T2), de 3,09 para el tercer tramo (T3) y 3,00 para el cuarto tramo (T4), siendo T1 mayor en comparación con los tramos restantes.

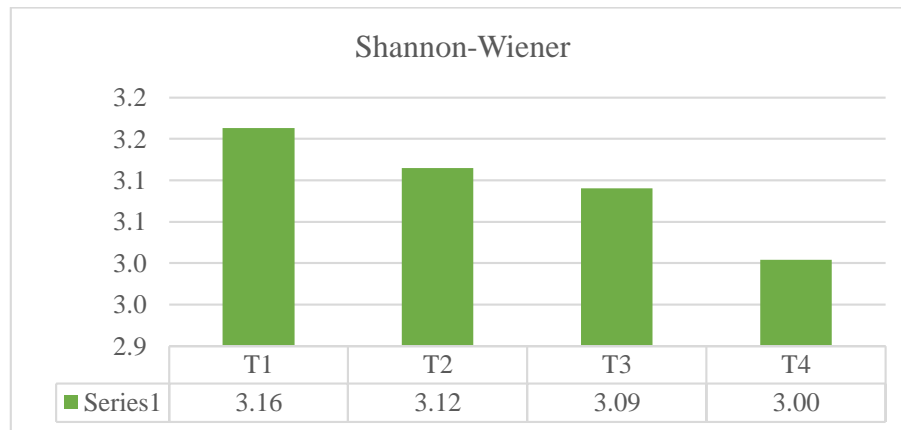


Ilustración 10-4: Diversidad de diatomeas epilíticas presentes en cada tramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

La alta diversidad identificada en el tramo uno se debe a características propias de las diatomeas epilíticas como su ubicuidad y bajo grado de endemismo que les permite estar presentes en todos los sistemas acuáticos, las especies halladas en la zona de estudio son representativas de ríos altoandinos poco intervenidos por el hombre (Soler et al., 2012, p.58).

Este análisis concuerda con la investigación realizada por (Chasiquiiza y cola,2017, p.49) en el río Cutuchi, en la cual como resultado de la aplicación del Índice de Shannon-Wiener se obtuvo un valor mayor a 3, lo que indica una alta diversidad de especies de diatomeas epilíticas.

4.3.2. Índice de Margalef

Con el Índice de Riqueza Específica de Margalef se obtuvo los siguientes resultados, para el tramo uno (T1) el valor es de 7,20, en el tramo dos (T2) el valor es de 6,67, para el tramo tres (T3) el valor es 6,00 y para el tramo cuatro (T4) se tiene el valor de 6,05, con base en lo que indica la Tabla 7-3, se considera que en todos los puntos existe una alta diversidad de especies de diatomeas epilíticas basado en la riqueza de estas.

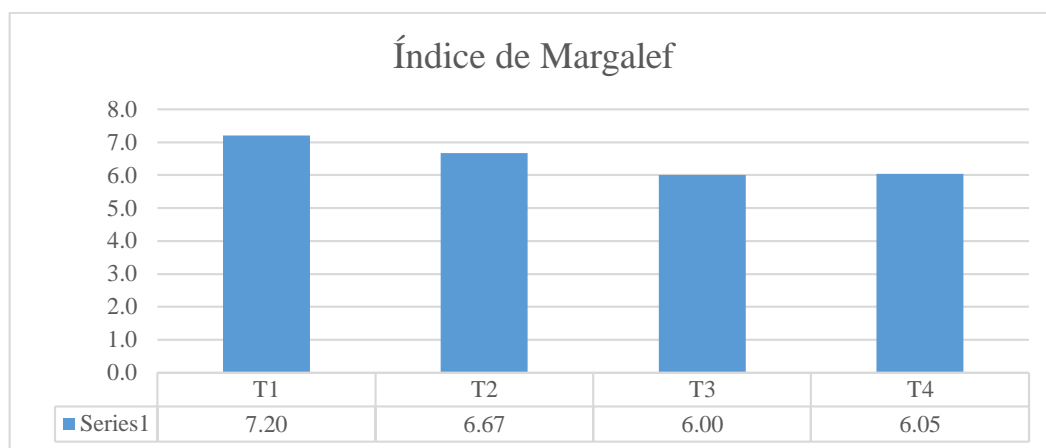


Ilustración 11-4: Diversidad con base en la riqueza de diatomeas epilíticas por cada tramo
Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

La diversidad con base en la riqueza a nivel de especies registrada fue alta, a pesar de que el número de especies halladas en la zona de estudio no fue mayor a 50 en comparación a estudios realizados en ríos con características similares a los ríos Chagrasacha y Quillopaccha, como el de (Estrella, 2021, p.31), en el cual evidencia que, en las regiones altoandinas como los Andes del Ecuador, la riqueza y diversidad de especies de diatomeas epilíticas es alta.

4.4. Índice de sensibilidad específica a la polución (IPS)

Los resultados del Índice de Sensibilidad Especifica a la Polución (IPS) se obtuvieron por tramos según se denota en la Tabla 19-3, mediante la fórmula que indica (Blanco et al., 2010, p.30), los valores para el primer y segundo tramo (T1) y (T2) son de 13,46 y 14,04, respectivamente, representando una buena calidad de agua; en cuanto al tercer y cuarto tramo (T3) y (T4) los valores son de 12,05 y 12,32, respectivamente, representando una calidad de agua moderada. La media de toda la zona de estudio es de $12,97 \pm 0,47$ lo que corresponde a una calidad de agua moderada. El coeficiente de variación es de 7,23% relativamente alto denotando una mayor dispersión y baja representatividad de la media.

Tabla 5-4: Estadística descriptiva del IPS

Tramos	IPS	Calidad del agua
T1	13,46	Buena
T2	14,04	Buena
T3	12,05	Moderada
T4	12,33	Moderada
Promedio	12,97	Moderada

Desviación Estándar	0,94
Coefficiente de Variación	7,23%
Error Estándar	0,47
Mínimo	12,05
Máximo	14,04
Rango	1,99

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

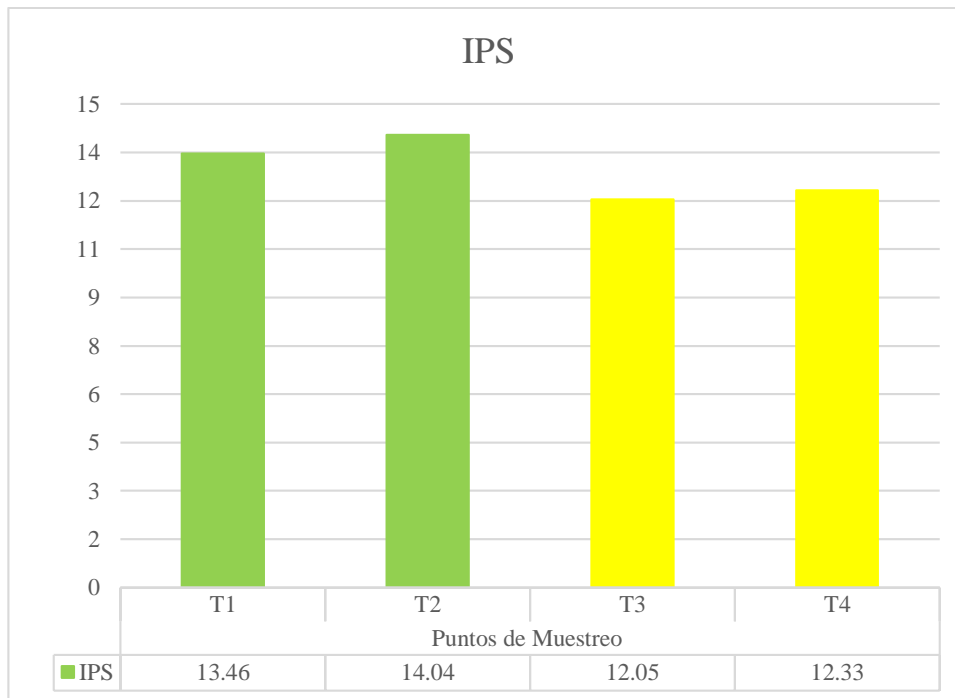


Ilustración 12-4: Valoración del IPS para cada tramo de la zona de estudio

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Como se aprecia en el Gráfico 9-3, los tramos uno y dos evidencian una calidad de agua buena resultados que concuerdan con la abundancia representativa de especies de diatomeas epilíticas bioindicadoras de aguas limpias, por el contrario, en el tramo tres y cuatro, la calidad de agua moderada concuerda con las especies de diatomeas epilíticas indicadoras identificadas para una calidad deficiente. Estudios como el de (Merino, 2018, p.65), reflejan que en las zonas Altoandinas y Amazónicas del Ecuador la calidad de agua de los ríos va de buena a moderada a medida que el cauce avanza y la altitud disminuye concordando así con los resultados obtenidos en esta investigación.

4.5. Análisis físico-químico y microbiológico

Para la toma de muestra de agua en los 4 tramos se realizó una campaña de muestreo en las fechas del 29/05/2022, 05/06/2022 y el 11/06/2022.

4.5.1. pH

Tabla 6-4: Resultados de pH

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	5,35	5,5	5,4
Zona herbazal del páramo 1	5,42	5,44	5,41
Zona herbazal del páramo 2	5,34	5,45	5,38
Zona arbustal del páramo	5,4	5,62	5,35

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

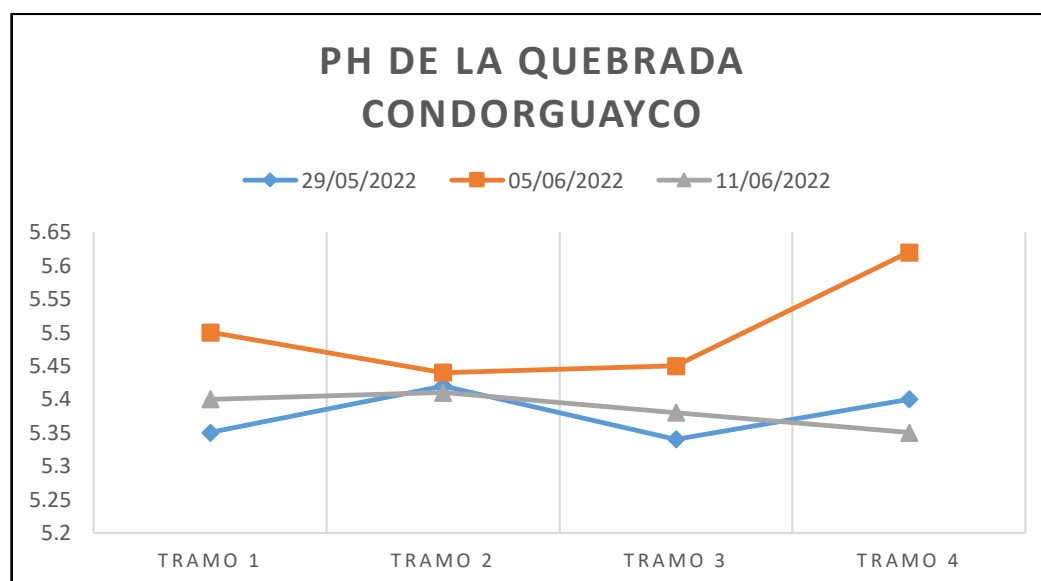


Ilustración 13-4: Variación del pH en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

La Tabla 20-3 muestra los datos obtenidos de pH que posee la Quebrada Condorguayco teniendo la característica de ser un agua ácida ya que sus datos van de entre 5,34 como el más bajo registrado en el tramo 3 hasta el 5,62 como su valor más alto registrado en el tramo 4.

En el Gráfico 10-3 se refleja la variación de pH que existe en cada uno de los puntos muestreados, indicando que en el tramo 2 existe una fluctuación de pH muy parecida en sus datos, al contrario que en el tramo 4 donde el promedio de las 3 campañas de monitoreo presenta un valor mayor de 5,46 en relación con los demás tramos. Resultado que está ligado por las actividades antropogénicas que se realizan en la Laguna de Antojos, por encontrarse después de la desembocadura de la segunda laguna, por tener medidas de caudales mayores en comparación a los demás tramos y por la dirección del caudal que tiene la quebrada aguas abajo.

4.5.2. Temperatura

Tabla 7-4: Resultados de la variación de la Temperatura (°C)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	8,6	8,9	8,66
Zona herbazal del páramo 1	8,8	8,6	8,77
Zona herbazal del páramo 2	8,6	8,9	8,78
Zona arbustal del páramo	8,96	9,05	8,93

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

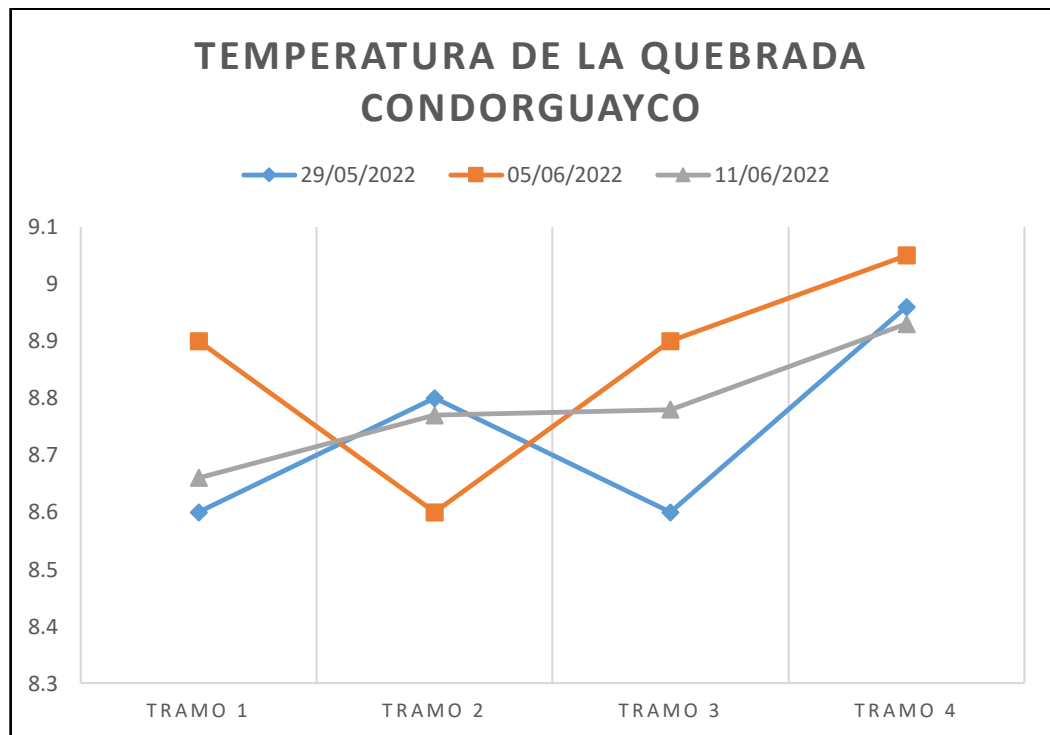


Ilustración 14-4: Variación de la temperatura (°C) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los valores obtenidos de la variación de la temperatura de la Quebrada Condorguayco se pueden analizar en la Tabla 21-3 que indica la temperatura del agua, según el Gráfico 11-3 muestra la variación de temperatura de las campañas de muestreo realizadas a lo largo de toda la quebrada y se puede observar que presentan variaciones pocas significativas entre sí, en las fechas del muestreo de los días 29 y 11 la temperatura no aumenta, estos resultados se apoyan a las condiciones climáticas que existen en la zona de estudio siendo estas muy influyentes, además los puntos de monitoreo donde se tomaron los datos pertenecen a zonas altitudinales mayores a 3600 m.s.n.m.

4.5.3. Sólidos totales disueltos

Tabla 8-4: Resultados de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	14,95	12,99	14,76
Zona herbazal del páramo 1	11,34	12,47	13,71
Zona herbazal del páramo 2	10,08	10,8	13,21
Zona arbustal del páramo	18,91	10,5	10,68

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

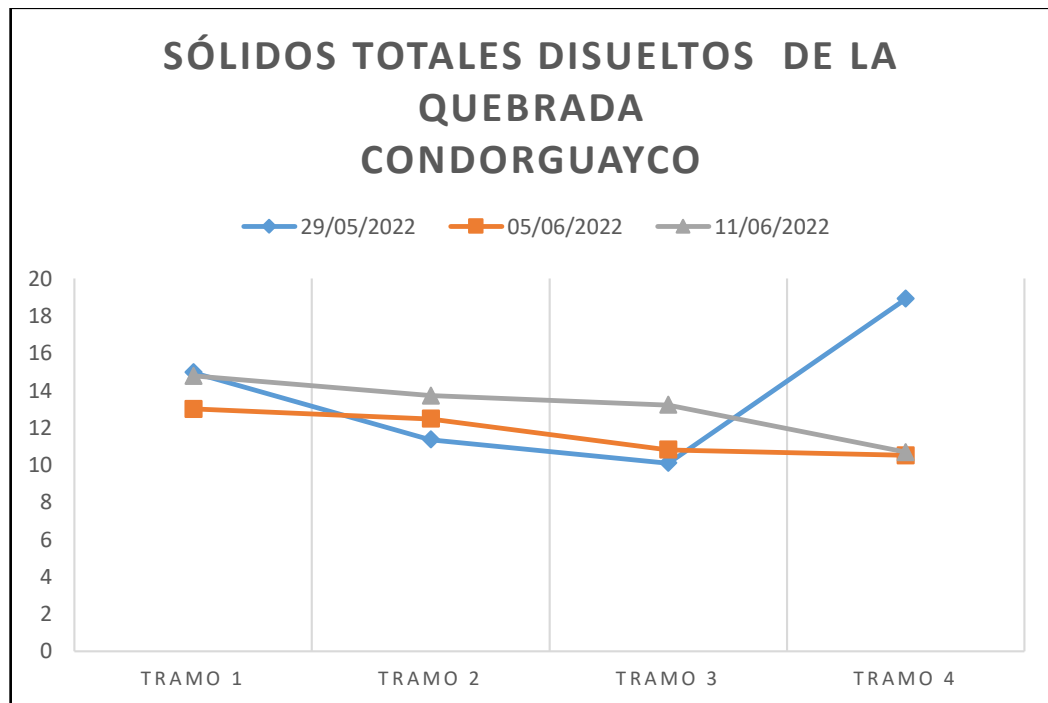


Ilustración 15-4: Variación de los SDT (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los valores obtenidos de los sólidos disueltos totales de la Quebrada Condorguayco se muestran en la Tabla 22-3, en el tramo 4 en la zona arbustal del páramo del primer muestreo se registró una concentración de sólidos totales disueltos más alta con 18,91 mg/L y la más baja se registró en el tramo 3 con un valor de SDT de 10,08 mg/L. En el Gráfico 12-3 se puede entender que la variación de los SDT presenta pequeños cambios en las 3 fechas de muestreos realizadas, asumiendo que existe una intervención humana media, a excepción del último tramo muestreado el día 29 que presenta una concentración más alta de SDT que los demás, lo que puede deberse a las características del lugar al ser una zona arbustiva y por las condiciones de precipitación que se presentó al momento de medirse dicho parámetro in-situ.

4.5.4. Turbidez

Tabla 9-4: Resultados de Turbidez (NTU)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	1,8	4,7	1,72
Zona herbazal del páramo 1	1,2	1,5	1,65
Zona herbazal del páramo 2	1,2	1,4	1,54
Zona arbustal del páramo	1,5	1,1	1,25

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

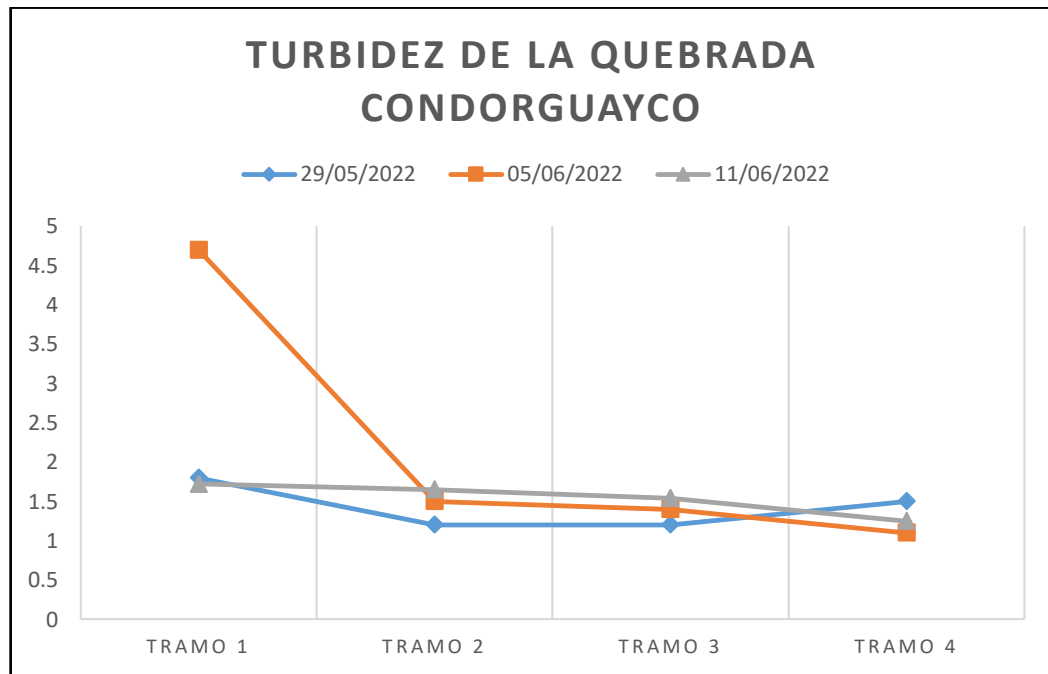


Ilustración 16-4: Variación de Turbidez (NTU) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los valores obtenidos de turbidez de la Quebrada Condorguayco están descritos en la Tabla 23-3 siendo la zona del herbazal inundable del páramo la que posee los valores de turbidez más altos, teniendo esta una media de 2,74 NTU mientras que la zona que registró valores de turbidez más bajo fue el tramo 4 presentado una media de 1,28 NTU.

En el Grafico 13-3 se puede observar que existe fluctuaciones similares en las 3 campañas de muestreo, a excepción del tramo 1 de la fecha 5/06/2022, donde aquí la turbiedad es alta debido a la gran cantidad de material particulado en suspensión que presenta el tramo y al tener además poca profundidad de agua lo que conlleva a que algún sedimento se levante fácilmente.

4.5.5. Oxígeno disuelto

Tabla 10-4: Resultados del OD (% de saturación)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	88,79	89,65	88,54
Zona herbazal del páramo 1	90,57	89,67	90,45
Zona herbazal del páramo 2	88,36	87,26	86,13
Zona arbustal del páramo	68,46	58,39	67,04

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

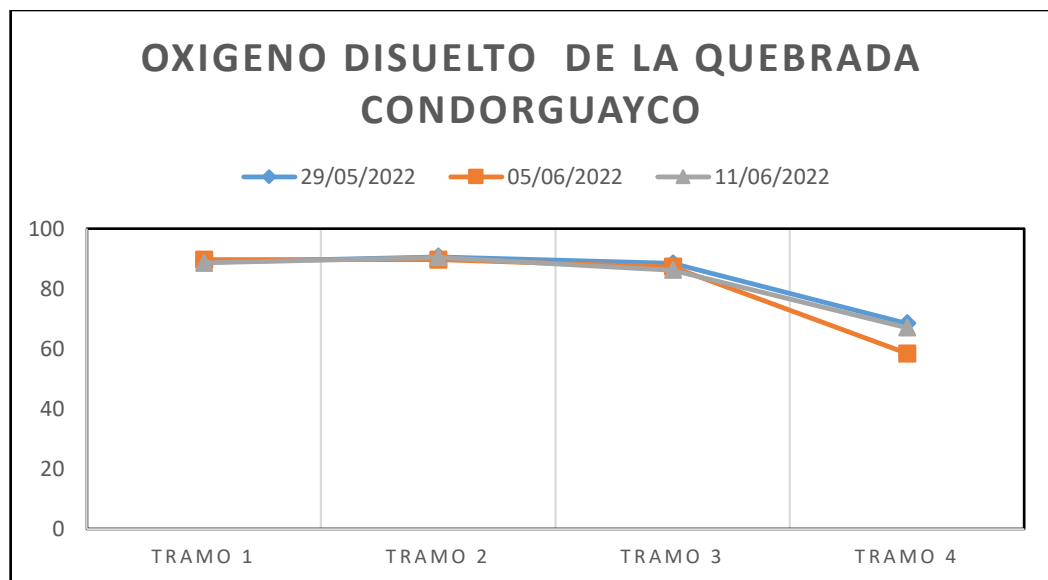


Ilustración 17-4: Variación del OD (% de saturación) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los resultados del porcentaje de oxígeno disuelto para la Quebrada Condorguayco se muestran en la Tabla 24-3 para cada uno de los tramos según las campañas de muestreo que se realizó, denotando que el tramo 4 es el que presenta los valores más bajos de OD deduciendo que el último tramo presenta una menor aireación y puede deberse a un mínimo aumento de temperatura del agua. Por otra parte, en el Gráfico 14-3 se puede observar que existe poca variación de % de oxígeno disuelto en la zona herbazal inundable del páramo y la zona herbazal del páramo del tramo 2 y 3 ya que los porcentajes de OD que presentaron fueron de 88,99%; 90,23% y 87,25% respectivamente lo que indica que hay mayor aireación, caso que no sucede con el tramo 4 que presento un porcentaje de OD más bajos siendo este 64,63%. Resultados que pueden estar relacionados con la temperatura del agua, las condiciones climáticas, las actividades antropogénicas y la turbulencia que se presenta en la quebrada.

4.5.6. Fosfatos

Tabla 11-4: Resultados de Fosfatos (mg/L)

Zona	Campanas de muestro		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	2,75	0,09	1,42
Zona herbazal del páramo 1	0,13	0,31	0,65
Zona herbazal del páramo 2	0,62	2,75	1,74
Zona arbustal del páramo	0,4	0,75	0,63

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

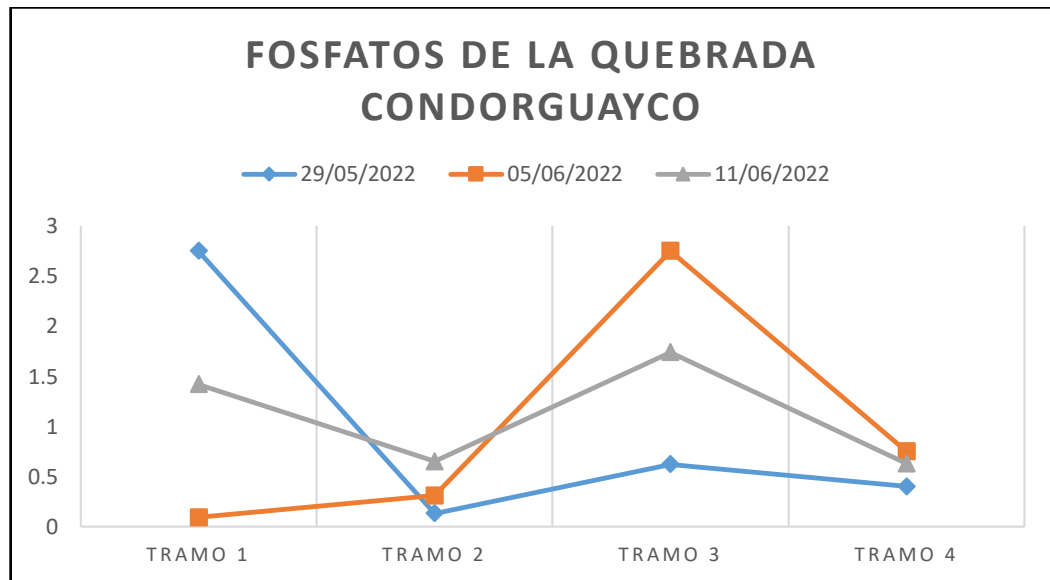


Ilustración 18-4: Variación de Fosfatos (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Según la Tabla 25-3 de los resultados obtenidos para el ion fosfato, indica que la zona herbazal del páramo del tramo 3 y la zona del herbazal inundable de páramo presentaron valores mayores en la concentración del ion fosfato, lo que su media calculada seria de 1,70 mg/L y 1,42 mg/L respectivamente. Mientras tanto la zona arbustal de paramo registró un promedio de 0,59 mg/L y la zona herbazal del páramo del tramo 2 un valor promedio de ion fosfato de 0,36 mg/L. A partir de la información obtenida se puede analizar en el Grafico 15-3 la variación que existe de las concentraciones del ion fosfato en cada uno de los tramos seleccionados de la Quebrada Condorguayco se le atribuye a las condiciones climáticas que se presentaron cuando se realizaron los muestreos presentando precipitaciones variadas cada día, por procesos de eutrofización o proliferación de algas.

4.5.7. Nitratos

Tabla 12-4: Resultados de Nitratos (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	2	1,6	1,77
Zona herbazal del páramo 1	1,5	0,2	1,1
Zona herbazal del páramo 2	0,09	0,08	0,15
Zona arbustal del páramo	0,8	0,09	0,53

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

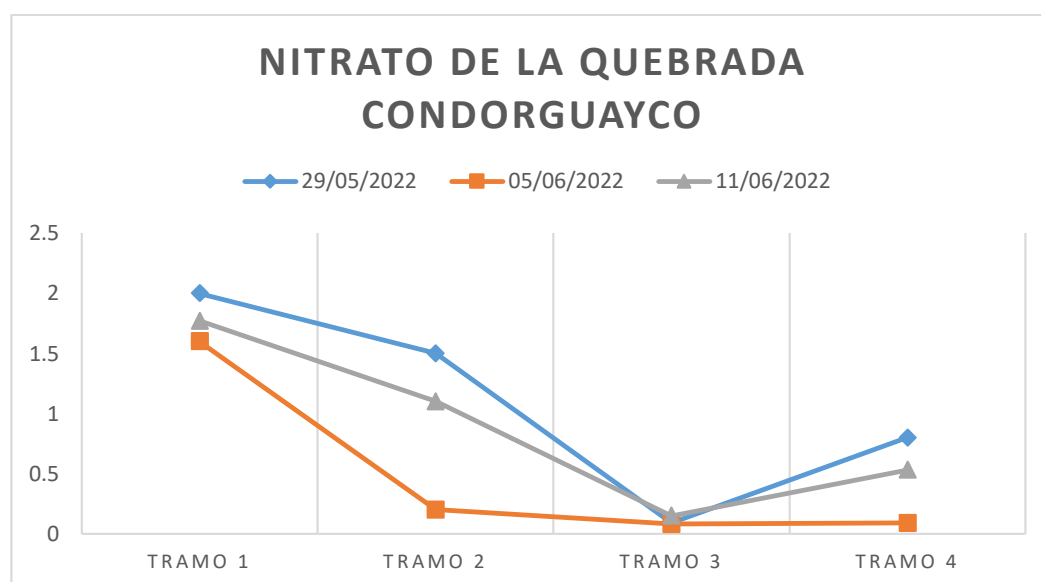


Ilustración 19-4: Variación de Nitratos (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

En la Tabla 26-3 se tiene los valores obtenidos del ion nitrato para cada uno de los tramos, en donde la zona del herbazal inundable de páramo presentó datos más altos en cada uno de los 3 muestreos realizados dando una media de 1,79 mg/L, mientras que en la zona del herbazal del páramo del tramo 2 su media tiene un valor de 0,93 mg/L. Por otra parte, las zonas del tramo 3 y 4 tuvieron los valores más bajos siendo de 0,11 mg/L y 0,47 mg/L respectivamente. En el Gráfico 16-3 se puede observar la variación que tiene los datos de este parámetro en los distintos tramos y la similitud que presenta la concentración del ion fosfato en cada uno de los muestreos. La alta concentración de este nutriente en el tramo 1 y tramo 2 está relacionada a un proceso de eutrofización evidenciándose el crecimiento de algas bentónicas y plantas acuáticas en estas zonas, también se puede entender que una alta concentración de nitratos en el agua puede ser indicativo de la presencia de heces fecales humanas o de animales que son arrastradas por procesos de escorrentías y lixiviados al cuerpo de agua. (Sierra Ramirez 2012)

4.5.8. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 13-4: Resultados de la DBO5 (mg/L)

Zona	Campanas de muestro		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	0,7	1	0,86
Zona herbazal del páramo 1	3,8	0,6	1,89
Zona herbazal del páramo 2	1,1	0,6	0,96
Zona arbustal del páramo	4,4	2	2,98

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

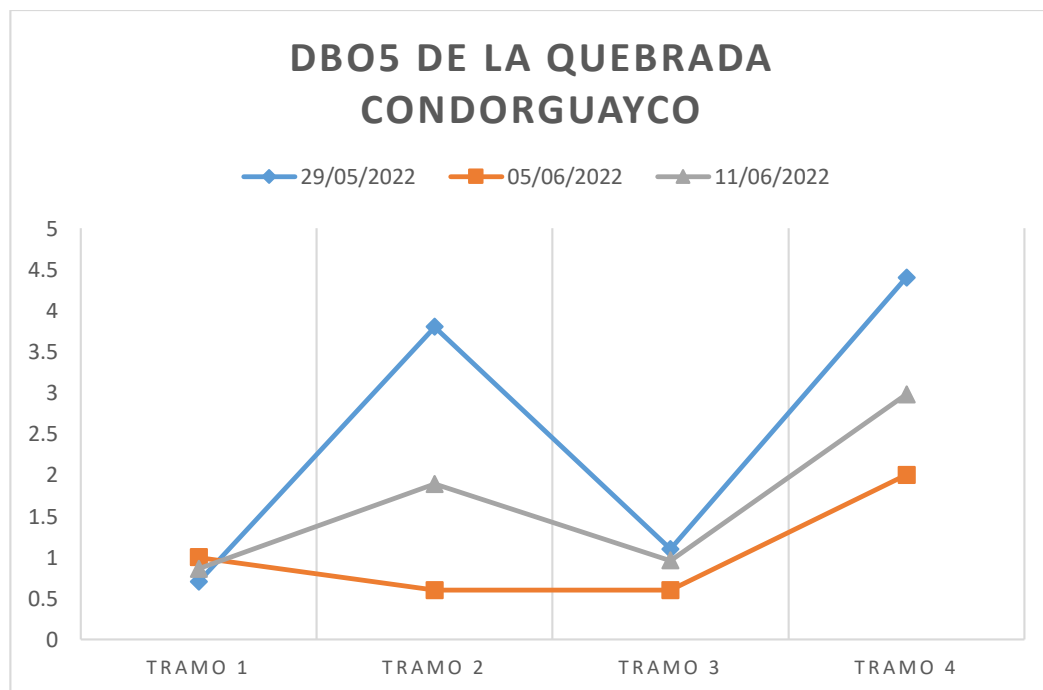


Ilustración 20-4: Variación de la DBO5 (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los valores obtenidos de la Tabla 27-3 hacen referencia a la DBO5 obtenida para cada una de las zonas monitoreadas, registrando valores altos en la zona arbustal del páramo con una media de sus datos de 3,13 mg/L, en la zona del herbazal del páramo del tramo 2 con una media de 2,10 mg/L, por lo contrario, sucede en la zona del herbazal inundable de páramo y la zona herbazal del páramo del tramo 3 que presentaron valores bajos de 0,85 mg/L y 0,89 mg/L respectivamente. Según el Gráfico 17-3 se refleja una variabilidad de los datos de la DBO5 para cada uno de los tramos monitoreados entendiéndose esto que se puede deber a la cantidad de materia orgánica en descomposición que presente cada una de las 4 zonas seleccionadas, las condiciones climáticas que se presentaron cuando se realizó el muestreo.

4.5.9. Coliformes Fecales

Tabla 14-4: Resultados de Coliformes Fecales (UFC/100L)

Zona	Campanas de muestro		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	1	3	2
Zona herbazal del páramo 1	1	9	3
Zona herbazal del páramo 2	3	5	3
Zona arbustal del páramo	5	1	3

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

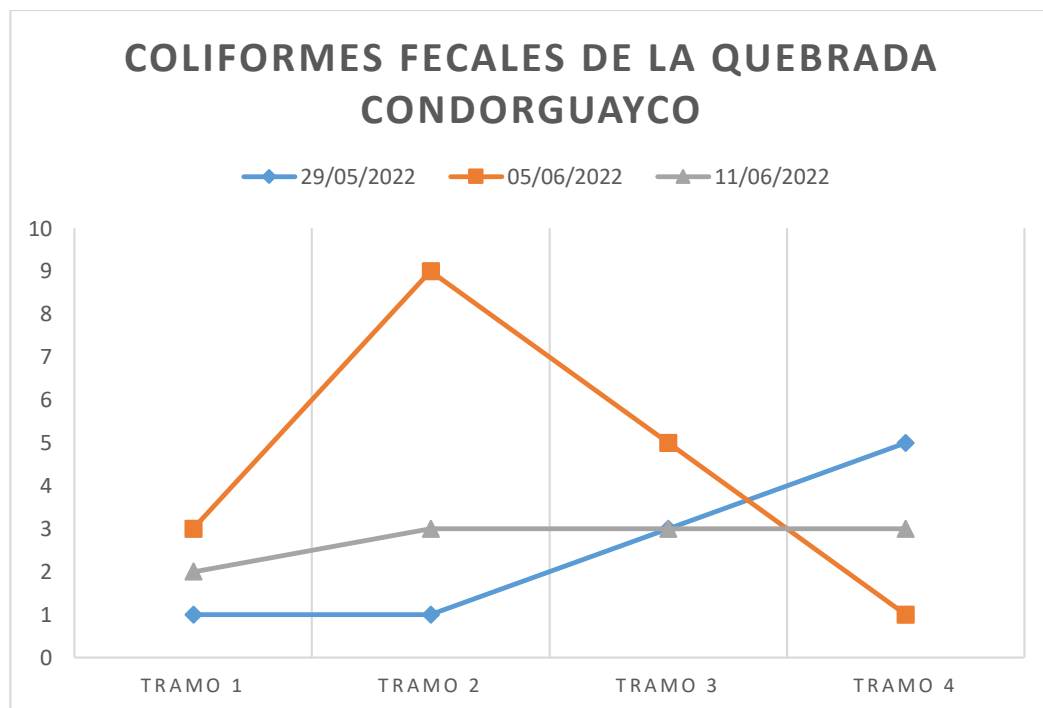


Ilustración 21-4: Variación de Coliformes Fecales (UFC/100L) en los diferentes tramos

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

Los valores obtenidos de coliformes fecales para la Quebrada Condorguayco se evidencian en la Tabla 28-3 para cada uno de los tramos indicando también las fechas en que se realizó el muestreo, y, según el Gráfico 18-3 se observa que existe datos similares de UFC en los tramos 3 y 4 registrándose un total de 11 UFC y 9 UFC respectivamente, lo que tiene que ver con el del tramo 2 los valores de UFC presentan poca variabilidad los días 29 y 11 de muestreo en contraste con la fecha del 5 que se realizó el muestreo teniendo aquí 9 UFC. En el tramo 1 se presentan valores más bajos de UFC encontrándose solamente 1, 3 y 2 respectivamente. Resultados que se pueden atribuir a la presencia de la fauna silvestre que habita en la zona de estudio.

4.6. Calidad del agua del agua de la quebrada condorguayco por el índice ICA

Tabla 15-4: Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA

Parámetro	Zona del herbazal inundable de paramo (Tramo1)		Zona herbazal del páramo (Tramo 2)		Zona herbazal del páramo (Tramo 3)		Zona arbustal del páramo (Tramo 4)	
	valor obtenido	ICA	valor obtenido	ICA	valor obtenido	ICA	valor obtenido	ICA
pH	5,42	4,8	5,42	4,8	5,39	4,68	5,46	4,92
Temperatura	2,4	7,4	2,39	7,4	2,36	7,5	2,14	7,6
STD	14,23	6,56	12,51	6,48	11,36	6,48	13,36	6,48
Turbidez	2,74	7,36	1,45	7,6	1,38	7,6	1,28	7,68
Oxígeno Disuelto	88,99	15,64	90,23	15,81	87,25	15,64	64,63	10,88
Fosfatos	1,42	3,5	0,36	7,9	1,7	3,1	0,59	6,3
Nitratos	1,79	9	0,93	9,4	0,11	10	0,47	10
DBO5	0,85	9,1	2,1	8	0,89	9,1	3,13	7,1
Coliformes Fecales	2	13,95	4,33	13,2	3,67	13,35	3	13,5
CALIDAD DEL AGUA	77,31		80,59		77,45		74,46	

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

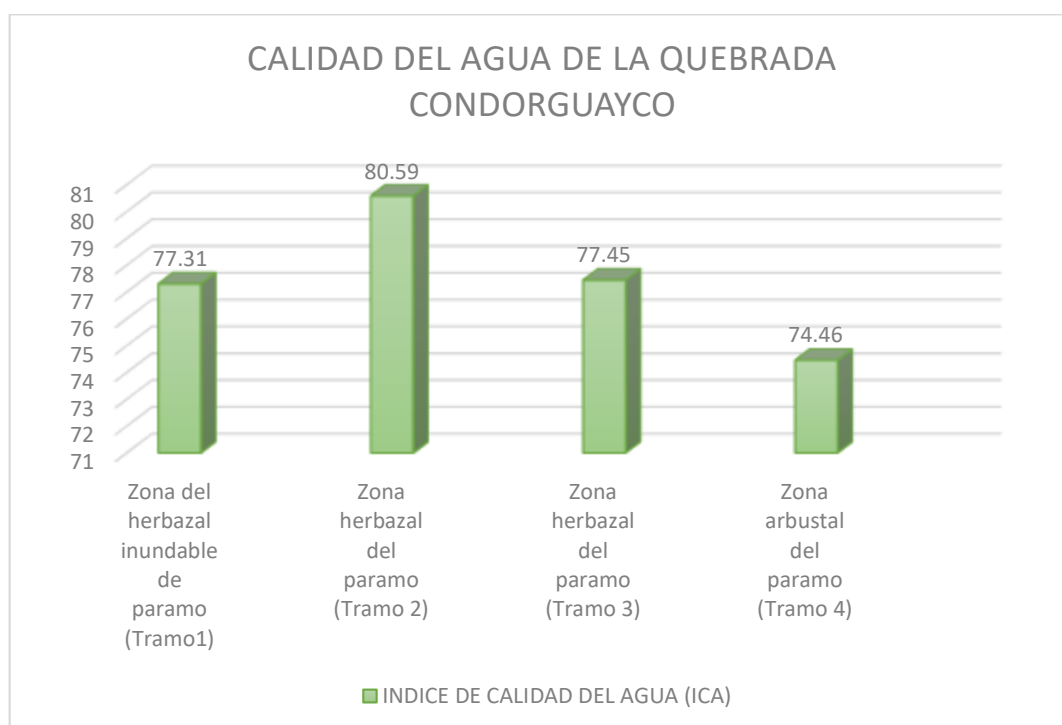


Ilustración 22-4: Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco

Realizado por: Alvarez, Erick. 2023.

En la Tabla 29-3 se puede observar los resultados obtenidos de la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco en cada uno de los tramos, el índice ICA se basa en el análisis de 9 parámetros

físicos, químicos y microbiológicos en donde se logró obtener que la calidad del agua en los 4 tramos es de calidad BUENA siendo sus rangos de puntuación de 77,31; 80,59; 77,45 y 74,46; por otra parte con estos resultados se consiguió determinar a través de un promedio que la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco es de calidad BUENA con una media de 77,45. Puntajes que se encuentran dentro del rango de 71-90 como según se indica en la Tabla 4-1.

La aplicación del índice ICA permite conocer si existe un deterioro o una mejora en la calidad de un cuerpo hídrico, exponiendo una calificación para cada uno de los 9 parámetros que son considerados importantes y que son: pH, T°, STD, turbidez, OD, fosfatos, nitratos, coliformes fecales y la DBO5.

Analizando el Grafico 19-3 se puede observar que no existe una gran variación en los resultados de calidad del agua para cada zona monitoreada. Aunque la zona arbustal de paramo fue la que presento el promedio de calidad más bajo en comparación con las otras aún se encuentra dentro del rango de agua BUENA.

La Quebrada Condorguayco al encontrarse dentro de un área protegida como es el Parque Nacional Llanganates, no puede presentar un tipo de calidad de agua excelente ya que los factores que indican sobre los parámetros son la presencia de las actividades turísticas que se desarrollan dentro del Parque Nacional, la presencia de la fauna silvestre propia del lugar, las condiciones climáticas como las lluvias, la materia orgánica presente en descomposición, los caudales que presenta la quebrada y por estar interconectada a la laguna de Antejos produciendo de esta forma un arrastre de algún desecho contaminante que altere a la calidad del agua en zonas más abajo por la dirección que posee la quebrada alterando el tramo 3 y tramo 4. Por otra parte, la zona herbazal del páramo obtuvo el mayor puntaje de calidad permitiéndole tener la capacidad de albergar a una alta diversidad de vida acuática.

CONCLUSIONES

En la Quebrada Condorguayco se encontró 40 especies de diatomeas epilíticas, de las cuales 6 de ellas tienen una abundancia relativa mayor al 5% estas fueron: *Eunotia minor* (7,82%), *Nitzschia incospicua* (7,38%), *Amphora pediculus* (7%), *Melosira varians* (6,75%), *Cymbella tumida* (6,19%) y *Stauroneis acuta* (5,32%). La mayor abundancia de especies de diatomeas epilíticas de acuerdo con el Índice de diversidad de Shannon-Wiener y el Índice de diversidad de Margalef basado en la riqueza específica se registró en el tramo T1 con valores de 3,16 y 7,20, respectivamente, esto se le atribuye a la ubicuidad que permite el desarrollo y distribución de las diatomeas epilíticas.

El Índice de Sensibilidad Específica a la Polución (IPS) debido a sus características es adecuado para una evaluación rápida de la calidad de agua, la media registrada fue de $12,97 \pm 0,47$ indicando que la calidad de agua en toda la zona de estudio es moderada encontrándose dentro del rango de 13-17, debido a que las especies *Eunotia minor*, *Cymbella tumida*, *Nitzschia incospicua*, *Amphora pediculus*, *Melosira varians*, y *Stauroneis acuta*, son las más representativas y en su mayoría son tolerantes a la contaminación orgánica indicando una calidad de agua de moderada a mala.

El Índice ICA en los 4 tramos monitoreados la calidad del agua es BUENA entendiéndose que en este índice intervienen análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, La calidad del recurso hídrico de la Quebrada Condorguayco es determinada por los índices ecológicos que se encuentra ligeramente perturbada resultados que se complementan con los índices de biodiversidad de Shannon y Margalef validando de tal manera la calidad ecológica de la Quebrada Condorguayco.

RECOMENDACIONES

Es pertinente ahondar en el estudio de especies bioindicadoras de la calidad de agua como las diatomeas con la finalidad de ampliar la información sobre la taxonomía, sensibilidad, tolerancia y adaptación, misma que puede ser ubicada en una base de datos útil para próximas investigaciones.

Se recomienda un monitoreo y seguimiento constante a los ríos, mínimo dos veces al año, considerando las estaciones seca y lluviosa estimando su influencia en las interacciones biológicas del agua.

Es necesario establecer índices de calidad biológica que consideren las características geográficas, climatológicas, y ecosistémicas del Ecuador, para obtener una información confiable sobre el estado actual de los ríos del país, puesto que los análisis solo se los realiza con índices europeos.

En posteriores estudios se recomienda un análisis minucioso de todos los parámetros fisicoquímicos, químicos y microbiológicos para evaluar la calidad del agua de los ríos monitoreados.

Realizar socializaciones sobre el estado del recurso hídrico a comunidades aledañas al lugar y a los visitantes que entran a la zona con el objetivo de crear consciencia y fomentar la conservación de los ríos del páramo

BIBLIOGRAFÍA

AENOR. *Norma española UNE-EN 13946:2004. Calidad del agua. Guía para el muestreo en rutina y el pretratamiento de diatomeas bentónicas de ríos.* [en línea]. España: 2004. [Consulta: 27 December 2021]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030820>.

ALVARADO, J. & AGUILAR, J., Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* [en línea], vol. 57, no. 1, pp. 19-29. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57s1/art05v57s1.pdf>.

AGUILAR, Joseph. “*Tratamiento de aguas residuales con el uso de microalgas*” [en línea]. Lima: 2020. s.n. [Consulta: 17 December 2021]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1417>.

ÁLVAREZ SALÁN, Paulina Alexandra & ANDRADE AVILA, Lizbeth Elizabeth. *Evaluación de la huella hídrica de la microcuenca del río cebadas en el fortalecimiento de su gestión y política comunitaria* [en línea]. Riobamba: 2021. s.n. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14640>.

ANTONIO, C. & VELÁSQUEZ, Z., *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008.* [en línea], vol. 7, no. 1999. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4536665/ficha-ramsar-complejo-llanganati---suia>.

BASTIDAS, A.V. & TAPIA, Y.N., *Determinación de los índices de la calidad de agua a partir de macro y micro invertebrados en la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates.* Latacunga: s.n. ISBN 0503507261.

BLANCO LANZA, Saúl. *Diatom assemblages and water quality assessment in the Duero Basin. (NW Spain)* [en línea], 2008. vol. 1, pp. 39–50. [Consulta: 25 January 2022]. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/7090>.

BLANCO LANZA, Saúl, ÁLVAREZ BLANCO, Irene, CEJUDO-FIGUEIRAS, Cristina & BÉCARES MANTECÓN, Eloy. *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero.* [en línea]. España: s.n., 2010. [Consulta: 25 December 2021]. Disponible en: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/7009>.

BLANCO, Saúl, BÉCARES, Eoy & ECTOR, Luc. Evaluación de la calidad del agua en los ríos de la cuenca del Duero mediante índices diatomológicos. *Water*, 2007. vol. 148, pp. 139–143.

BOJORGE-GARCÍA, Miriam & CANTORAL-URIZA, Enrique. La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiológica* [en línea], 2016. vol. 26, no. 1, pp. 1–8. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v26n1/0188-8897-hbio-26-01-00001.pdf>.

BRÍÑEZ, Lina, CASTRO Santiago, CIFUENTES Daniela, DÍAZ Paola, GUEPE Andrés. *H2O Habemus2Oikos* [en línea]. Colombia: Universidad de Ibagué, 2011. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: <https://ecologia.unibague.edu.co/libro.pdf>.

CALIZAYA, Andrés. El uso de las diatomeas (Bacillariophyceae) como potenciales herramientas en la gestión de la calidad del agua superficial. [en línea], 2016. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/533>.

CAHO, C. & LÓPEZ, E., Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, vol. 12, no. 2, pp. 35-49. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v12n2a3.

CALIZAYA-ANCO, José, AVEDAÑO-CÁCERES, Miriam & DELGADO-VARGAS, Irma. Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública* [en línea], 2013. vol. 30, pp. 58–63. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2013.v30n1/58-63/>.

CARCHIPULLA, V., *Importancia Del Oxígeno Disuelto Para Mejorar La Calidad De Agua En Estanques De Camarón Blanco Litopenaeus Vannamei* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Machala. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13852/3/DE00006_TRABAJODETITULACION2.pdf.

CARPIO, T., Turbiedad Por Nefelometría (Metodo B). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales* [en línea]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometría..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc>.

CASILLA, Sergio. Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez. *Universidad Nacional del Antiplano* [en línea], 2014. pp. 1–129. [Consulta: 2 January 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe>.

CERVANTES DUARTE, Rafael, MATA, Luisa Margarita & LÓPEZ, Silverio López. Efecto de la marea en la concentración de nutrientes, clorofila a y parámetros físicos y químicos en una laguna costera subtropical (Bahía Magdalena, México). *Hidrobiologica*, 2017. vol. 27, no. 2, pp. 253–264. ISSN 24487333.

CÉSPEDES-VARGAS, Edwin, UMAÑA-VILLALOBOS, Gerardo & SILVA-BENAVIDES, Ana Margarita. Tolerancia de diez especies de diatomeas (Bacillariophyceae) a los factores físico-químicos del agua en el Río Sarapiquí, Costa Rica. *Rev. Biol.* , 2016. vol. 64, no. 1, pp. 105–115.

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]. Latacunga: 2017. (Trabajo de Titulación) Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4202>.

COTLER, Helena, GALINDO, Adalberto, GONZÁLEZ, Ignacio, PINEDA, Raúl & RÍOS, Eduardo. *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión.* [en línea]. Argentina: 2013. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/80-Cuencas_hidrograficas.pdf.

DONATO RONDÓN, John Charles. Ecología de un río de montaña de los andes colombianos (río tota, boyacá) [en línea]. Primera. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, (Trabajo de Titulación) [Consulta: 15 November 2021]. ISBN 978-958-719-040-3. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77816>.

ENCALADA, Andrea. Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polemika* [en línea], 2010. vol. 2, no. 5, pp. 41–47. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>.

ESCANDÓN GUACHICHILCA, Carla Gabriela & CÁCERES VINTIMILLA, María Elizabeth, Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y

macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca* [en línea], 2022. pp. 1–147. [Consulta: 9 February 2022]. Disponible en:

<https://3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F21649%2F1%2FUPS-CT009509.pdf&clic=4759140>.

ESQUIÚS, Karina, ESCALANTE, Alicia & SOLARI, Lía. Algas epífitas indicadoras de calidad del agua en arroyos vinculados a la laguna de los padres. *Biología Acuática* [en línea], 2008. vol. 24, pp. 95–102. [Consulta: 13 November 2021]. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/bacuatica/article/view/11332>.

ESTRELLA MONTÚFAR, María Cristina. *Determinación de la calidad de agua en la cuenca baja del río de Paute contrastando parámetros físico químicos y biológicos (diatomeas epilíticas)*. [en línea]. Quito: 2021. s.n. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4224>.

EUGERCIOS, A, ÁLVAREZ, M & MONTERO, E. Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. *Ecosistemas* [en línea], 2017. vol. 26, no. 1, pp. 37–44. [Consulta: 21 December 2021]. ISSN 16972473. DOI 10.7818/ECOS.2017.26-1.06. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316592733_Impactos_del_nitrogeno_agricola_en_los_ecosistemas_acuaticos.

FLORES-STULZER, Eunice, VILLALOBOS-SANDÍ, Nancy, PIEDRA-CASTRO, Lilliana & SCHOLZ, Carola. Evaluación breve de la presencia de diatomeas y su relación con algunos parámetros físico-químicos en el río Pirro, Heredia, Costa Rica. *Uniciencia* [en línea], 2017. vol. 31, no. 2, pp. 99. [Consulta: 14 November 2021]. ISSN 2215-3470. DOI 10.15359/ru.31-2.7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6067684>.

GALL, Cordy. *A Primer on Water Quality*. [en línea]. US: 2001. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/pdf/FS-027-01.pdf>.

GARCÍA, Juan, SARMIENTO, Luisa, SALVADOR, Manuel & PORRAS, Lina. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. *Universidad La Gran Colombia* [en línea], 2017. vol. 23, pp. 47–62. [Consulta: 13 December 2021]. ISSN 2346-0814. Disponible en: <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/659>.

GONZÁLEZ, C., La turbidez. *Universidad de Puerto Rico en Mayagüez* [en línea]. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>.

GUILLÉN, V, TECK, H, KOHLMANN, B & YEOMANS, J. Microorganismos Como Bioindicadores de calidad de aguas. *Tierra Tropical* [en línea], 2012. vol. 8, no. 1, pp. 65–93.

GUZMÁN VALQUI, Betty Karina & LEIVA TAFUR, Damaris. Diatomeas como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas - Perú. *UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería* [en línea], 2016. vol. 2, pp. 16–21. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/54d5/7530ea45c31484c1103cc336d890078ea122.pdf>.

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Silvia. Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas). *Universidad y Ciencia*, 2015. vol. 6, no. 9, pp. 20–23. ISSN 2074-8655. DOI 10.5377/uyc.v6i9.1952.

IBÁÑEZ, Sara, MORENO, Héctor & GISBERT, Juan. Morfología de las cuencas hidrográficas. [en línea]. España: 2011. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfologia%20cuenca.pdf?sequence=1>.

JOST, Lou & GONZÁLEZ, José. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana* [en línea]. S.l.: 2012. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: <http://www.lillo.org.ar/journals/index.php/acta-zoologica-lilloana/article/view/240>.

LARENAS, Elizabeth, MILLAR, Iván Luis & OBREQUE, Fresia Daniela. El problema de la contaminación de los cuerpos de agua en la comuna de Laja. Determinación de parámetros bioquímicos y físicos en la Laguna Señoraza y su posible aplicación en el aula. *Universidad de Concepción Campus Los Ángeles Escuela de Educación* [en línea], 2018. pp. 1–74. [Consulta: 19 December 2021]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fspace.espoch.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F14641%2F1%2FUDCTFC%253b236T0528.pdf&clen=4103360>.

LOBO, Eduardo. *Índice trófico de Qualidade da Água. Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros* [en línea]. Santa Cruz do Sul: UNISC,2016. [Consulta: 29 December 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1767/1/%C3%8Dndice%20tr%C3%B3fico%20de%20qualidade%20da%20%C3%A1gua.pdf>.

LONDOÑO ARANGO, Carlos Hernando. Cuencas hidrográficas: bases conceptuales-caracterización-planificación-administración. [En línea]. Ibagué: 2001. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49834831/cuencas_hidrograficas_bases_conceptuales__caracterizacion__CARLOS_LONDOO-with-cover-page-zpXqSnyRYK0H5aR925fewRfZ48L24wjzhYS8cSNeosMx8rN3k4hMOWshMeXIEsmR2ucz3MyUe4ukcVOes4WI2g__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

LÓPEZ-MONROY, Fabiola & TROCCOLI-GHINAGLIA, Luis. Dinámica de los Nutrientes en una Laguna Costera Tropical Hipersalina (Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela). *Revista Bio Ciencias* [en línea], 2017. vol. 4, no. 6. [Consulta: 21 December 2021]. ISSN 2007-3380. DOI 10.15741/revbio.04.06.04. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321961194_Dinamica_de_los_Nutrientes_en_una_Laguna_Costera_Tropical_Hipersalina_Las_Marites_Isla_de_Margarita_Venezuela.

LUCERO, Mercedes Maribel & 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 (Trabajo de Titulación) [en línea]. Latacunga: 2017. s.n. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4206>.

MAASS, Manuel. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. [en línea]. México: 2003. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36611959/1._Los_ecosistemas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1640819618&Signature=HocUFggLiCm4hWhU9rvM8CPRPJPdc9yq9E~aSL~zakNl6uNM8i0F5KvMGJcU6i4IcxvKFUH5CZ1y1cHJKKitCTGh7TwpINMZX-bt7D-.

MAIQUIZA RAMÍREZ, Katty Elizabeth & TONATO UNAPUCHA, Gabriela Katherine. Identificación de diatomeas epilíticas asociadas a la calidad del agua en el río Yanayacu, sector san juan, cantón salcedo, provincia de Cotopaxi, 2020 (Trabajo de Titulación) [en línea]. Latacunga: 2020. s.n. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7103>.

MEDINA, Leonardo, AVEDAÑO, Lizseth & GUILLIN, Nelson. Análisis de la calidad biológica de las fuentes hídricas del río pamplonita y un sector de la quebrada Iscalá. [en línea],

2018. pp. 12. [Consulta: 13 December 2021]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcorporacion.gob.ec%2Fcalidad_agua%2F2019%2F5_DOCUMENTOS_RESUMEN_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA%2F2_ANALISIS_DE_LA_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA_PRESENTACION.pdf&clen=736618&chunk=t.

MERINO SALAZAR, Karla Paulina. “Determinación de la calidad de agua mediante el uso de diatomeas bentónicas en el tramo padre carollo-paus, del río Blanco. Parroquia Río Blanco, cantón Morona, provincia de Morona Santiago.” *Advanced Optical Materials* [en línea], 2018. no. 1, pp. 1–63. ISSN 21951071. Disponible en: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.089902><http://dx.doi.org/10.1016/j.nantod.2015.04.009><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-05514-9><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-13856-1><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2><http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Plan de manejo Parque Nacional Llanganates. [en línea], 2013. pp. 1–55. [Consulta: 25 December 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/436815080/34-Plan-de-Manejo-Llanganates>.

MONTIEL, S., ARMIENTA, M., RODRÍGUEZ, R. y DOMÍNGUEZ, E., Identificación de zonas de contaminación por nitratos en el agua subterránea de la zona sur de la cuenca de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 30, no. 2, pp. 149-165.

MORENO, Claudia. *Métodos para medir la biodiversidad* [en línea]. Primera. Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA, 2001. [Consulta: 25 December 2021]. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea>.

MOTTA MAMANI, Julia Cecilia. Evaluación de la calidad del agua en la cuenca baja del río Ocoña y su relación con las diatomeas (Bacillariophyceae) en su rol de bioindicadores (Trabajo de Titulación) [en línea]. Arequipa: 2021. s.n. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12265>.

NTE INEN 2169, Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. [Consulta: 29 December 2021]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>.

OLIVARES, B., Índice de Calidad del agua (ICA). , 2018.

ORTIZ CASTRO, Mérida Elizabeth. Caracterización De Diatomeas Como Herramienta Para El Estudio De La Calidad Del Agua Del Río Teaone (Trabajo de Titulación) [en línea]. Esmeraldas: 2015. s.n. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/589>.

PICCARDO ANTUNEZ, Andres. Diatomeas bentónicas como indicadores de gradientes ambientales asociados a actividades antrópicas en arroyos de la cuenca del río negro. [en línea]. Montevideo: 2020. [Consulta: 21 December 2021]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/25814/1/uy24-19792.pdf>.

PLA, Laura. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia* [en línea], 2006. vol. 31, no. 8, pp. 583–590. [Consulta: 25 December 2021]. ISSN 0378-1844. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

QUIROZ, L., IZQUIERDO, E. & MENÉNDEZ, C., Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 38, no. 3, pp. 41-51 p.

RODÓ, Elena. Dinámica de los ciclos biogeoquímicos de nitrógeno y fósforo en la laguna de rocha. Universidad de la república Uruguay, [en línea], 2016. pp. 97. [Consulta: 19 December 2021]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9071/1/uy24-18207.pdf>.

RUIZ, F., *Urkukuna, los páramos*. Quito: s.n. 2009.

RODRÍGUEZ, C. & SILVA, M., Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, vol. 15, no. 25, pp. 85-97. ISSN 1409-0112.

RODRÍGUEZ, J., Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, vol. 9, no. 12, pp. 125-134. ISSN 1409-0112.

SAMANIEGO CHACHA, Evelin Maleny. Determinación de la calidad del agua y elaboración de una propuesta de mitigación del río quebrada, ubicado en la parroquia de san isidro, cantón morona, provincia de Morona Santiago (Trabajo de Titulación) [en línea]. Macas: 2019. s.n. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13132>.

SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN, *Plan-de-Creación-de- Oportunidades-2021-2025-Aprobado* [en línea]. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>.

SEGURA-GARCÍA, Virginia, ALMANZA ÁLVAREZ, José Salvador & PONCE-SAAVEDRA, Javier. Diversidad en comunidades de diatomeas epilíticas con relación a los parámetros fisicoquímicos en la cabecera del río Zinapécuaro, México. *Hidrobiológica* [en línea], 2016. vol. 26, pp. 187–202. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972016000200187&script=sci_arttext.

SEGURA-GARCÍA, Virginia, CANTORAL-URIZA, Enrique, ISRADE, Isabel & MAIDANA, Nora. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. *UNICIENCIA* [en línea], 2017. vol. 31, no. 2, pp. 99–109. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6067684>.

SIERRA RAMIREZ, C.A., *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. S.l.: s.n. ISBN 9786074813906.

SOLER, A, PÉREZ, María, AGUILAR, Edilberto & VILLARREAL, Ilka. *Diatomeas del canal de panamá: bioindicadores y otros estudios pioneros* [en línea]. Panamá: 2012. s.n. [Consulta: 14 November 2021]. Disponible en: <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/2018/cuencahidrografica/diatomeasdelcanaldepanamabioindicadoresyotrosetudiospioneros.pdf>.

UNESCO. El Agua: una responsabilidad compartida, 2° informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. [En línea]. S.l.: 2006. [Consulta: 15 November 2021]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000144409>.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, Capítulo III: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. *Índices De Calidad Y De Contaminación Del Agua* [en

línea]. Colombia: 2007, pp. 76. Disponible en: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf.

VALDEZ, Carlos, GUZMÁN, Marco Antonio, VALDÉS, Arcadio, et. al. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2018. vol. 66, no. 4, pp. 1674–1682. [Consulta: 25 December 2021]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674.

VÁSQUEZ, Michelle, MANCHENO, Andrea, ÁLVAREZ, César, et. al. *Cuencas Hidrográficas* [en línea]. 1. Cuenca: Abya-Yala, 2019. [Consulta: 15 December 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>.

VÁSQUEZ, Edgar & ROJAS, Tania. *Teorías y problemas* [en línea]. 1. S.l.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, 2016. [Consulta: 12 January 2022]. Disponible en: <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>.

VÁSQUEZ, M., LARREA, M., BENÍTEZ, V., CHIRIBOGA, C., MORALES, M., ORTIZ, A., NEILL, D., AGUILAR, R. & MEJÍA, M., *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates*. Quito: s.n. ISBN 9978416382. 2000.

















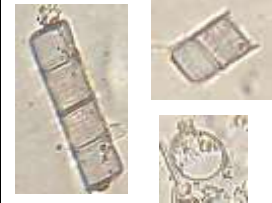





ANEXOS

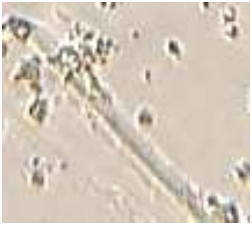



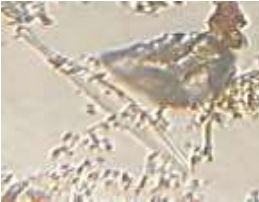





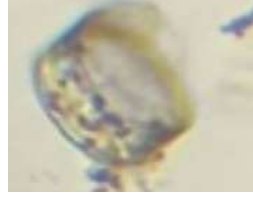









ANEXO C: TAXONES ENCONTRADOS EN LOS 4 TRAMOS DE LA QUEBRADA CONDORQUAYCO

N°	Género	Especie	P1	P2	P3	P4
1	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema rhombicum</i>	X	X	X	-
2	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria rumpens</i>	X	X	-	X
3	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia media</i>	X	X	X	X
4	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria arcus</i>	X	X	X	X
5	<i>Stauroneis</i>	<i>Stauroneis acuta</i>	X	X	X	X
6	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira subarctica</i>	X	X	X	X
7	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia incognita</i>	X	X	X	X
8	<i>Halamphora</i>	<i>Halamphora veneta</i>	X	-	X	X
9	<i>Denticula</i>	<i>Denticula tenuis</i>	X	X	-	X
10	<i>Didymosphenia</i>	<i>Didymosphenia geminata</i>	X	-	X	-
11	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella tumida</i>	X	X	X	X
12	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella excisiformis</i>	X	X	X	X
13	<i>Amphora</i>	<i>Amphora pediculus</i>	X	X	X	X
14	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	-	-
15	<i>Melosira</i>	<i>Melosira varians</i>	X	X	X	X
16	<i>Encyonopsis</i>	<i>Encyonopsis subminuta</i>	X	X	X	X
17	<i>Encyonema</i>	<i>Encyonema minutum</i>	X	X	X	X
18	<i>Navicula</i>	<i>Navicula simulata</i>	X	X	-	X
19	<i>Eunotiaminor</i>	<i>Eunotia minor</i>	X	X	X	X
20	<i>Melosira</i>	<i>Melosira arenaria</i>	X	-	-	-
21	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia vermicularis</i>	X	X	X	X

22	<i>Amphora</i>	<i>Amphora indistincta</i>	X	X	-	-
23	<i>Achnantheidium</i>	<i>Achnantheidium rivulare</i>	X	X	-	-
24	<i>Rhopalodia</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>	X	X	X	-
25	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema minusculum</i>	X	X	X	X
26	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia filiformis</i>	X	X	X	X
27	<i>Reimeria</i>	<i>Reimeria sinuata</i>	X	-	-	X
28	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia linearis</i>	X	X	X	X
29	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	X	-	-	-
30	<i>Hippodonta</i>	<i>Hippodonta capitata</i>	X	-	-	-
31	<i>Cyclotella</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	-	-	-
32	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis lineata</i>	X	X	X	X
33	<i>Tabellaria</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X	-	-
34	<i>Epithemia</i>	<i>Epithemia turgida</i>	-	X	X	X
35	<i>Epithemia</i>	<i>Epithemia adnata</i>	-	X	X	X
36	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema truncatum</i>	-	X	X	X
37	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia inconspicua</i>	-	X	X	X
38	<i>Gomphosphenia</i>	<i>Gomphosphenia lingulatiformis</i>	-	X	X	X
39	<i>Navicula</i>	<i>Navicula antonii</i>	-	-	X	-
40	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia recta</i>	-	-	X	X

ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE TAXONES ENCONTRADOS EN LA QUEBRADA CONDORQUAYCO

1 	2 	3 	4 
5 	6 	7 	8 
9 	10 	11 	12 
13 	14 	15 	16 
17 	18 	19 	20 
<p>1. <i>Gomphonema rhombicum</i> 2. <i>Fragilaria rumpens</i> 3. <i>Nitzschia media</i> 4. <i>Fragilaria arcus</i> 5. <i>Stauroneis acuta</i> 6. <i>Aulacoseira subarctica</i> 7. <i>Nitzschia incognita</i> 8. <i>Halamphora veneta</i> 9. <i>Denticula tenuis</i> 10. <i>Didymosphenia geminata</i></p>		<p>11. <i>Cymbella tumida</i> 12. <i>Cymbella excisiformis</i> 13. <i>Amphora pediculus</i> 14. <i>Gomphonema acuminatum</i> 15. <i>Melosira varians</i> 16. <i>Encyonopsis subminuta</i> 17. <i>Encyonema minutum</i> 18. <i>Navicula simulata</i> 19. <i>Eunotia minor</i> 20. <i>Melosira arenaria</i></p>	

<p style="text-align: center;">21</p> 	<p style="text-align: center;">22</p> 	<p style="text-align: center;">23</p> 	<p style="text-align: center;">24</p> 
<p style="text-align: center;">25</p> 	<p style="text-align: center;">26</p> 	<p style="text-align: center;">27</p> 	<p style="text-align: center;">28</p> 
<p style="text-align: center;">29</p> 	<p style="text-align: center;">30</p> 	<p style="text-align: center;">31</p> 	<p style="text-align: center;">32</p> 
<p style="text-align: center;">33</p> 	<p style="text-align: center;">34</p> 	<p style="text-align: center;">35</p> 	<p style="text-align: center;">36</p> 
<p style="text-align: center;">37</p> 	<p style="text-align: center;">38</p> 	<p style="text-align: center;">39</p> 	<p style="text-align: center;">40</p> 
<p>21. <i>Nitzschia vermicularis</i> 22. <i>Amphora indistincta</i> 23. <i>Achnantheidium rivulare</i> 24. <i>Rhopalodia gibba</i> 25. <i>Gomphonema minusculum</i> 26. <i>Nitzschia filiformis</i> 27. <i>Reimeria sinuata</i> 28. <i>Nitzschia linearis</i> 29. <i>Aulacoseira granulata</i> 30. <i>Hippodonta capitata</i></p>		<p>31. <i>Cyclotella meneghiniana</i> 32. <i>Cocconeis lineata</i> 33. <i>Tabellaria flocculosa</i> 34. <i>Epithemia turgida</i> 35. <i>Epithemia adnata</i> 36. <i>Gomphonema truncatum</i> 37. <i>Nitzschia inconspicua</i> 38. <i>Gomphosphenia lingulatiformis</i> 39. <i>Navicula antonii</i> 40. <i>Nitzschia recta</i></p>	



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

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

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 08 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Erick Wladimir Alvarez Chango
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en biotecnología ambiental
Título a optar: Ingeniero en biotecnología ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1354-DBRA-UPT-2023