



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**USO DE DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES
PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
JIMBITONO PARROQUIA GENERAL PROAÑO, DEL CANTÓN
MORONA DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, 2022.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

HEREDIA PAUCAR JORGE BOLÍVAR

Macas – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**USO DE DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES
PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
JIMBITONO PARROQUIA GENERAL PROAÑO, DEL CANTÓN
MORONA DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, 2022.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: HEREDIA PAUCAR JORGE BOLÍVAR

DIRECTOR: Ing. PATRICIO VLADIMIR MÉNDEZ ZAMBRANO Mgs.

Macas – Ecuador

2022


© 2022, Jorge Bolívar Heredia Paucar

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, JORGE BOLÍVAR HEREDIA PAUCAR, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi 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.

Macas, 09 de diciembre de 2022




Jorge Bolívar Heredia Paucar

140077061-4

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **USO DE DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JIMBITONO PARROQUIA GENERAL PROAÑO, DEL CANTÓN MORONA DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, 2022**, realizado por el señor: **JORGE BOLÍVAR HEREDIA PAUCAR**, 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. Ximena Rashell Cazorla Vinueza MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-09
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano MSc DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-09
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-09

DEDICATORIA

Este trabajo de culminación académico quiero dedicarlo a mis padres Emilio y Zoila por apoyo incondicional que me brindaron desde el inicio de mi trayectoria estudiantil, esta meta alcanzada también les pertenece. Dedicarle también a hermana Vilma, quien es lo más preciado que tengo en esta vida.

Jorge

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres Emilio Jara y Zoila Paucar por el cobijo y morada que me dieron, gracias a mi hermana Vilma Jara por su apoyo incondicional que recibí en el día a día.

Agradecer de manera especial a mi amigo y compañero Erick Riera por todo el apoyo brindado y por los excelentes equipos de trabajo que logramos formar en nuestra instrucción académica. También a mi amigo Marco Cabrera quien fue el responsable directo de que retomara mis estudios luego de haberlos abandonados.

A todos los miembros de la familia Paucar y Jara como mis tíos, tías, primos y primas. A mis abuelitos Abraham Paucar y Margarita Juela, que gracias a Dios aún los tengo con vida, gracias a todos por esos buenos deseos que me deseaban en mis momentos más difíciles de mi largo caminar.

Al Ing. Patricio Méndez y al Ing. Miguel Osorio, por guiarme en la realización de la presente investigación.

Y en general agradezco a todos aquellos que en algún momento se me acercaron a apoyarme a continuar con el estudio hasta culminarlo.

Jorge

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.3. Problema General de investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	3
1.5.1. <i>General</i>	3
1.5.2. <i>Específicos</i>	3
1.6. Justificación teórica.....	3
1.7. Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.2. Bases conceptuales.....	6
2.2.1. <i>Taxonomía</i>	6
2.2.2. <i>Cuerpo de agua</i>	6
2.2.3. <i>Agua residual</i>	6
2.2.4. <i>Contaminación hídrica</i>	7
2.2.5. <i>Punto de muestreo</i>	7
2.2.6. <i>Sustancias antropogénicas</i>	7
2.2.7. <i>Comunidad biológica</i>	7
2.2.8. <i>Fitoplancton</i>	7

2.2.9.	<i>Diatomeas</i>	7
2.2.10.	<i>Epilítico</i>	8
2.2.11.	<i>Eutrofización</i>	8
2.2.12.	<i>Bioindicador</i>	8
2.3.	Bases teóricas	8
2.3.1.	<i>Tipos de aguas residuales</i>	8
2.3.1.1.	<i>Aguas residuales domésticas</i>	8
2.3.1.2.	<i>Aguas residuales industriales</i>	8
2.3.1.3.	<i>Aguas residuales mineras</i>	9
2.3.2.	<i>Morfología de las diatomeas</i>	9
2.3.3.	<i>Clases de diatomeas</i>	10
2.3.3.1.	<i>Diatomeas centrales</i>	10
2.3.3.2.	<i>Diatomeas pennales</i>	10
2.3.4.	<i>Tamaño de las diatomeas</i>	11
2.3.5.	<i>Taxonomía de las diatomeas</i>	11
2.3.5.1.	<i>Simetría</i>	11
2.3.5.2.	<i>Pared celular</i>	12
2.3.6.	<i>Las diatomeas como bioindicadores</i>	12
2.3.7.	<i>Diatomeas de aguas lólicas</i>	12
2.3.8.	<i>Índices de calidad del agua</i>	12
2.3.9.	<i>Parámetros fisicoquímicos y biológicos</i>	13
2.3.9.1.	<i>Coliformes fecales</i>	13
2.3.9.2.	<i>DBO₅</i>	13
2.3.9.3.	<i>Fosfato total</i>	13
2.3.9.4.	<i>Nitratos</i>	13
2.3.9.5.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	13
2.3.9.6.	<i>Temperatura</i>	14
2.3.9.7.	<i>Turbidez</i>	14
2.3.9.8.	<i>Conductividad eléctrica</i>	14
2.3.9.9.	<i>Dureza</i>	14
2.3.9.10.	<i>Sólidos disueltos totales o salinidad</i>	14
2.3.9.11.	<i>pH</i>	15
2.3.10.	<i>Índice Trófico de Calidad del Agua</i>	15
2.3.11.	<i>Tipos de sustratos de las diatomeas</i>	15
2.4.	Base legal	16
2.4.1.	<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua</i>	16

2.4.2. Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas.	16
2.4.3.1. De las competencias institucionales	17

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	18
3.1. Enfoque de investigación	18
3.2. Nivel de Investigación	18
3.3. Diseño de la investigación	18
3.3.1. Identificaciones variables	18
3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo	19
3.4. Tipo de estudio	19
3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	19
3.5.1. Zona de estudio	19
3.5.1.1. Mapa de ubicación	20
3.5.2. Población de estudio	20
3.5.3. Tamaño de la muestra	20
3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación	21
3.6.1. Método de muestreo	21
3.6.2. Procedimiento de toma de muestras	21
3.6.2.1. Método de recolección de datos in situ.	21
3.6.2.2. Métodos de recolección de datos ex situ.	21
3.6.3. Materiales, Equipos y Reactivos usados para la Investigación	21
3.6.3.1. Materiales de Campo	21
3.6.3.2. Materiales y Equipos de laboratorio	22
3.6.3.3. Sustancias empleadas	22
3.6.4. Método de recolección de muestra, preparación y procesamiento de diatomeas	23
3.6.4.1. Recolección de diatomeas	23
3.6.4.2. Procedimiento de retiro de algas diatomeas	23
3.6.4.3. Procesamiento de laboratorio para la muestra de diatomeas	23
3.6.4.4. Fijación de muestra en placa permanente	25
3.6.5. Índice de la calidad del agua	25
3.6.6. Obtención del valor del Índice Trófico de la Calidad del Agua.	25

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	27
4.1.	Análisis de los parámetros Físicoquímicos del Agua	27
4.1.1.	<i>Temperatura</i>	27
4.1.2.	<i>Potencial Hidrógeno</i>	28
4.1.3.	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	29
4.1.4.	<i>Nitratos</i>	30
4.1.5.	<i>Fosfatos</i>	31
4.1.6.	<i>Demanda biológica de Oxígeno</i>	32
4.1.7.	<i>Turbidez</i>	33
4.1.8.	<i>Coliformes Fecales</i>	34
4.1.9.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	35
4.2.	Índice de Calidad del Agua	35
4.3.	Análisis del Índice Trófico de la Calidad del Agua con base a las diatomeas epilíticas	37
4.4.	Análisis multivariado	40
4.4.1.	<i>Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)</i>	40
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Georreferenciación de las estaciones de monitoreo.....	19
Tabla 2-3:	Materiales de campo usados para el muestreo.....	22
Tabla 3-3:	Materiales y equipos de laboratorio.....	22
Tabla 4-3:	Reactivos utilizados.....	22
Tabla 5-3:	Tabla del ICA	25
Tabla 6-3:	Relación del ITCA con la calidad del agua	26
Tabla 1-4:	Valores del Índice de Calidad del Agua de la NSF	35
Tabla 2-4:	Valores de los parámetros de la Calidad del Agua	36
Tabla 3-4:	Valores del Índice Trófico de la Calidad del Agua	37
Tabla 4-4:	Total de especies y diatomeas epilíticas registradas en el barrido microscópico .	38
Tabla 5-4:	Análisis de Correspondencia Canónica de la matriz de propiedades fisicoquímicas y diatomeas epilíticas	42
Tabla 6-4:	Coefficientes canónicos y correlaciones de interés de los parámetros fisicoquímicos con los axis 1 y 2 empleando 56 variables bióticas	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Diatomea central	10
Ilustración 2-2:	Diatomea pennal	11
Ilustración 1-3:	Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo	20

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Variación de la temperatura en el Río Jimbitono	27
Gráfico 2-4:	Medición del pH en las 3 estaciones de monitoreo	28
Gráfico 3-4:	Medición de sólidos totales del Río Jimbitono.....	29
Gráfico 4-4:	Medición de nitratos en las aguas del Río Jimbitono	30
Gráfico 5-4:	Medición de fosfatos en las aguas del Río Jimbitono	31
Gráfico 6-4:	Medición del DBO en las aguas del Río Jimbitono.....	32
Gráfico 7-4:	Medición de la turbidez en las aguas del Río Jimbitono	33
Gráfico 8-4:	Medición de coliformes fecales en las aguas del Río Jimbitono.....	34
Gráfico 9-4:	Medición del oxígeno disuelto en las aguas del Río Jimbitono	35
Gráfico 10-4:	Valores del Índice de Calidad del Agua de la NSF	36
Gráfico 11-4:	Diagrama de dispersión basado en la CCA de las muestras de diatomeas de tres estaciones de muestreo correlacionadas con las variables ambientales de los ejes 1 y 2.....	40
Gráfico 12-4:	Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de 56 especies de diatomeas epilíticas del Río Jimbitono	41

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA
- ANEXO B:** TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA
- ANEXO C:** MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU
- ANEXO D:** TOMA DE MUESTRAS DE DIATOMEAS EPILÍTICAS
- ANEXO E:** DECANTACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS
- ANEXO F:** PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS
- ANEXO G:** CENTRIFUGACIÓN DE LA MUESTRA
- ANEXO H:** OBTENCIÓN DE LAS PLACAS
- ANEXO I:** BARRIDO MICROSCÓPICO DE LAS DIATOMEAS EPILÍTICAS
- ANEXO J:** INFORME DE PARÁMETROS DE AGUA
- ANEXO K:** ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-01
- ANEXO L:** ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-02
- ANEXO M:** ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-03

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad del agua del Río Jimbitono por medio de las diatomeas epilíticas como bioindicadores, así como el análisis de los parámetros fisicoquímicos para la aplicación del ICA y el ITCA. Se establecieron 3 estaciones de monitoreo a lo largo del Río Jimbitono con un único muestreo en el mes de junio. La primera estación se consideró el lugar donde nace el Río Jimbitono en estado natural y las 2 estaciones donde existe intervención y asentamientos humanos. Se realizó un muestreo simple en las estaciones de monitoreo donde se analizaron los parámetros fisicoquímicos que se requieren para el análisis del Índice de Calidad del Agua (NSF) y la extracción de las diatomeas epilíticas. Como resultados se obtuvo un Índice de Calidad del Agua Regular para la estación PJ-01 y PJ-02 y Malo para la estación PJ-03, este último se explica por las intervenciones humanas que se generan aguas arriba de dicha estación. En el análisis de las diatomeas epilíticas se encontraron 1800 organismos de diatomeas correspondientes a 56 especies de la cual la más representativa fue la especie *Craticula molestiformis* con 122 organismos. El resultado del ITCA se obtuvo usando los valores tróficos de 1, 2,5 y 4 respecto a la abundancia de las diatomeas epilíticas en las estaciones de monitoreo donde se obtuvo en la estación PJ-01 un nivel oligotrófico de contaminación despreciable, para PJ-02 un nivel β -mesotrófico de contaminación moderada y para PJ-03 un nivel α -mesotrófico de contaminación fuerte. Por lo tanto, se confirmó la hipótesis ya que dentro de la estación PJ-03 existe perturbación en la calidad del agua por efecto de las actividades antropogénicas. Se recomienda al momento del muestreo hacer uso de todos los materiales y equipos de medición para no ejercer influencia alguna en los resultados.

Palabras clave: < DIATOMEAS EPILÍTICAS>, <ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA >, <ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DEL AGUA >, <RIO JIMBITONO >, <COLIFORMES FECALES>.

0092-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main of the current research work was to evaluate the water quality of the Jimbitono River through epilithic diatoms as bioindicators, as well as the analysis of physicochemical parameters for the application of the ICA and ITCA. It established three monitoring stations along the Jimbitono River with a single sampling made in June. The first station was considered the place where the Jimbitono River is born in its natural state and the 2 stations where there is intervention and human settlements. A simple sampling was carried out at the monitoring stations where the physicochemical parameters required for the analysis of the Water Quality Index (WQI) and the extraction of epilithic diatoms were analyzed. As results, a Regular Water Quality Index was obtained for stations PJ-01 and PJ-02 and Bad for station PJ-03, the last which is explained by the human interventions generated upstream of that station. In the analysis of epilithic diatoms, 1800 diatom organisms corresponding to 56 species were found, the most representative was the species *Craticula molestiformis* with 122 organisms. The ITCA result was obtained using the trophic values of 1, 2, 5 and 4 according to the abundance of epilithic diatoms in the monitoring stations where an oligotrophic level of negligible pollution was obtained at station PJ-01, for PJ-02 a β -mesotrophic level of moderate pollution and for PJ-03 a α -mesotrophic level of strong pollution. Therefore, the hypothesis was confirmed since within station PJ-03 there is disturbance in water quality due to the effect of anthropogenic activities. It recommends at the time of sampling to make use of all materials and measuring equipment in order to not exert any influence on the results.

Keywords: <EPILITHIC DIATOMS>, <WATER QUALITY INDEX>, <TROPIC WATER QUALITY INDEX>, <JIMBITONO RIVER >, <FAECAL COLIFORMS>



By: Mauricio Martínez P
0602902504

INTRODUCCIÓN

A pesar de la existencia de diversos métodos, cuando se requiere determinar la calidad del agua normalmente se emplea el Índice de la Calidad del Agua (ICA) (Stadtländer y Bellinger, 2011, p. 2). Por medio del ICA se logra realizar análisis general de la calidad del agua y consecuentemente la vulnerabilidad del cuerpo hídrico frente a amenazas antropogénicas (Soni y Thomas, 2013, p. 168). El análisis se puede efectuar en muestras de aguas superficial o subterránea, mediante valoración física, química y microbiológica (Trach et al. 2022, p. 2).

Estudios realizados demuestran que se puede aplicar métodos alternativos al ICA para la determinación de la calidad del agua, como por ejemplo el empleo de bioindicadores, que son especies acuáticas que son susceptibles del entorno en el que se desarrollan, de esta manera las propiedades del medio influirán directamente sobre la comunidad biótica. De esta manera, cualquier cambio de presencia o ausencia, cantidad, morfología o conducta de las especies está ligado a una manifestación que indica que las variables fisicoquímicas se encuentran en un límite de tolerancia (Yogendra & Puttaiah, 2008, p. 11). Uno de los bioindicadores más utilizados son las diatomeas, que se encuentran ampliamente distribuidos en la mayor parte de ecosistemas acuáticos y tienen una importancia global en los ciclos de carbono y de silicio (Mann, 1999, p. 23). A lo largo de los años, se han identificado y utilizado una gran cantidad de especies de diatomeas en la evaluación de calidad del agua, es así que los investigadores determinaron diversas características de ecosistemas aprovechando las peculiaridades de estas especies, es decir, se vincula las relaciones entre las comunidades de diatomeas epilíticas y los ambientes acuáticos (Yun et al. 2014, p. 45). Pedraza-Garzón y Donato-Rondón (2011, p. 47) sostienen que las comunidades de diatomeas epilíticas son influenciadas directamente por factores ambientales como la variación estacional hidrológica, climática y gradientes de amonios y fosfatos. Estos factores determinan el crecimiento y estabilidad de estas microalgas. Las variaciones se manifiestan desde las zonas de cabecera hasta la cuenca baja y su efecto se expresa en diferentes estructuras de comunidades acuáticas. Cuando estas microalgas operan a nivel de la cuenca y tienen influencia de factores intermedios y directos que por su impacto en los tramos, hábitats y sustratos determinan la estructura de la comunidad de diatomeas (Griffith et al. 2002, p. 13). A esto se puede sumar lo que dice Hernández (2016, p. 37) el aumento en las concentraciones de nutrientes en un cuerpo de agua provoca un aumento de biomasa y un empobrecimiento en la diversidad de la comunidad fitobentónica.

El presente estudio tiene la intención de evaluar la calidad del agua mediante la utilización de diatomeas epilíticas como bioindicadores y que sirva de base para posteriores estudios de interés investigativos.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La utilización de recursos hídricos en el mundo se ha elevado debido al crecimiento demográfico (Gil-Marín et al. 2018, p.111), ya que por lo menos 6.500 millones de personas utilizan una fuente tratada de suministro de agua potable para sus necesidades (OMS, 2022, p. 2). Lamentablemente el hombre recurre a los cuerpos de aguas naturales como vías de descargas para aguas residuales domésticas e industriales (Bhattacharya et al. 2012, p. 1). De esta manera cuando los cuerpos de aguas reciben contaminantes antropogénicos, su calidad se afecta (especialmente de los ríos que es de donde se abastece el ser humano) (Lekshmi Prasad y Kani, 2017; Escobar, 2002, p. 18).

En la provincia de Morona Santiago se generan fuertes perturbaciones en los ríos (registrados en los últimos 34 años), principalmente por la actividad minera, así como el vertido de aguas residuales de muchas comunidades, esto afecta considerablemente la ecología de los ríos, causando alteraciones en la microfauna y calidad, necesario para el desarrollo agrícola, pecuario, forestal y cultural (Merino, 2018, p. 4).

A raíz de la problemática expuesta surge la necesidad de identificar el grado de contaminación del recurso hídrico haciendo uso de estos excelentes bioindicadores que son las diatomeas epilíticas.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

La presente investigación presentó algunas limitaciones y dificultades para el desarrollo normal del mismo. Para comenzar está el hecho que no se contó con un periodo de tiempo suficiente para su realización, esto establecido por la malla curricular. Además, no se cuenta con un laboratorio lo suficientemente capaz de poder facilitar el tiempo necesario y equipos en buen estado para la determinación de la calidad del agua, ya que al momento de determinar ciertos parámetros arrojaban resultados erróneos. Y, por último, está el hecho de que a nivel nacional el país atravesó la crisis social del paro nacional que tuvo como consecuencia la inmovilización del estudiante a continuar con la realización del proyecto tanto en el proceso de informe con las prácticas necesarias.

1.3. Problema General de investigación

¿En qué condición se encuentra la calidad del agua del Río Jimbitono al evaluar sus propiedades fisicoquímicas y mediante el estudio de las diatomeas?

1.4. Problemas específicos de investigación

¿Cómo establecer el estado del agua con respecto a las diatomeas epilíticas y los parámetros físico-químicos?

¿Cómo enlazar las diatomeas epilíticas con la calidad del agua y su caracterización?

1.5. Objetivos

1.5.1. General

- Evaluar la calidad de agua del Río Jimbitono mediante diatomeas epilíticas como bioindicadores.

1.5.2. Específicos

- Caracterizar las especies de diatomeas epilíticas presentes en el Río Jimbitono.
- Determinar la calidad de agua mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) NSF.
- Determinar el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) con base a las diatomeas epilíticas.
- Relacionar el Índice de Calidad del Agua (ICA) y el Índice de Diversidad con base a las diatomeas epilíticas.

1.6. Justificación teórica

La cantidad escasa de estudios de diatomeas demuestra que en el Ecuador no se cuenta con un índice biológico legal mediante diatomeas epilíticas, por tal es necesario legalizar el uso de estos bioindicadores como medio de medición de la calidad del agua. Además, está hecho de que esta investigación serviría como punto de partida para demás investigaciones referentes a las diatomeas, ya que como se lo expuso anteriormente es un tema nuevo no explorado y de mucha importancia debido a la alta eficacia de ser usados como bioindicadores de la calidad del agua. Este proyecto ha permitido al estudiante investigador determinar la calidad del agua del Río Jimbitono lo cual permitirá a los moradores del sector tomar acciones necesarias para contrarrestar

el efecto negativo de las actividades tanto de recreación como agropecuarias que se llevan a cabo, debido a que se está afectando considerablemente el recurso hídrico. Por último, se puede aludir que mediante las diatomeas se genera una nueva herramienta capaz de evaluar el estado de la calidad de agua debido a su sensibilidad a los cambios de naturaleza, diversidad, ubicuidad y facilidades como la de muestreo, tratamiento y almacenamiento en laboratorio.

1.7. Hipótesis

Las actividades antropogénicas afectan la calidad del agua produciendo variación en la diversidad de las comunidades de diatomeas epilíticas del río Jimbitono.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

La investigación sobre las diatomeas epilíticas a nivel mundial no es tan proporcionada, es decir, que se obtienen más información de lugares con zonas frías y templadas en contraste, con lugares de zonas tropicales y subtropicales, por ejemplo en las islas Canarias del continente Europeo existe poca información (Soler, 2015, p.6) al igual que en Latinoamérica (Morales & Salazar, 2012, p.12) por tal razón es necesario el desarrollo de nuevas investigaciones que aporten información relevante al tema. Actualmente los análisis fisicoquímicos son realizados mediante equipos sofisticados y costosos, mismos que pueden detectar trazas de componentes orgánicos e inorgánicos, pero con resultados que indican la condición del agua solo al momento de tomar la muestra, esto porque los parámetros son susceptibles a cambios de forma rápida (Solak et al. 2020, p. 1). Bajo este contexto ciertos países europeos y asociaciones como la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea manifiestan el apoyo de uso de organismos (peces, macroinvertebrados y microalgas) como herramientas en la evaluación de la calidad de aguas superficiales (Alonso, 2016, p. 24).

Las investigaciones en Perú aducen que las microalgas sirven como bioindicadores de cambios ambientales de ecosistemas acuáticos esto por su alta sensibilidad a la variación de sustancias antropogénicas, esto debido a sus ciclos de vida que son cortos y las hacen indicadoras adecuadas para evaluar impactos a corto plazo y, además, la colecta es relativamente sencilla (Calizaya et al. 2013, p. 59). Mientras que en México poco a poco se incrementan nuevos registros de especies de microalgas, permitiendo descubrir nuevas diatomeas que enriquecen en la ciencia de la investigación, de esta manera Mora et al. (2015, p. 5) sostiene que es necesario dar continuidad a más investigaciones, así se pueden realizar estudios a futuros basados en monografías propias del país. En Colombia se demuestra que las diatomeas encontradas en zonas continentales han sido citadas frecuentemente en ensayos limnológicos desde hace 40 años, sin embargo, recién desde inicios del siglo inició la publicación de trabajos específicos relacionados a flora y taxonomía del grupo de estas algas. También se ha intensificado los estudios en ambientes de aguas lólicas debido al interés de los investigadores en desarrollar índices diatómicos y por tanto sean empleados como indicadores de la calidad del agua (Montoya et al. 2011, p. 12; Sala et al. 2015, p. 5).

En el Ecuador también se desarrollan investigaciones de este método en diferentes ríos del país, como por ejemplo en la evaluación de la calidad del agua del Río Guano, en el que se pudo

encontrar comunidades de diatomeas epilíticas dos estados de niveles tróficos: β -mesotrófico en el cauce alto y α - mesotrófico en el cauce bajo (Arévalo & Castillejo, 2018, p. 48). También en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia Río Blanco, sector Padre Carollo-Paus es el de Merino (2018, p. 35-52), el cual tuvo como resultados positivos en donde se demuestra la eficiencia de las diatomeas al indicar la calidad del agua y evidenciar la presencia de que las actividades antropogénicas tienen influencia directa en la calidad de la microcuenca. De esta manera, si se considera que en Morona Santiago existe un incremento considerable de la minería y la ganadería, es necesario emplear métodos fiables y económicos que permitan la determinación de la calidad de agua para cualquiera de los ríos que se encuentran en posible afectación antropogénica en la provincia (Solís, 2013, p. 34).

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. Taxonomía

Es la ciencia que estudia los principios, métodos y clasificación de organismos vivos, se encuentra dentro de la biología para una estructuración ordenada, sistematizada y jerarquizada, que agrupa a cualquiera de los cinco reinos con sus nombres, familia, orden (Montoya et al. 2011, p. 14)

2.2.2. Cuerpo de agua

Son extensiones de masa localizados sobre la superficie o en el subsuelo de la corteza terrestre, de naturaleza dulce o salada que toman nombres como río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuario (MAE, 2015a, p. 3).

2.2.3. Agua residual

Se denominan así a cualquier tipo de agua en la que su calidad es impactada negativamente por actividades antropogénicas. Estas aguas que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella (Lobo, 2014, p. 14; MAE, 2015, p. 2).

2.2.4. Contaminación hídrica

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. (Arze et al. 2010, p. 9).

2.2.5. Punto de muestreo

Sitio destinado arbitrariamente para la recolecta de la muestra de agua (MAE, 2015, p. 5).

2.2.6. Sustancias antropogénicas

Son todas a aquellas sustancias o compuestos que son elaboradas por el ser humano, que pueden llegar a relacionarse con el entorno natural produciendo nocividad en el mismo, se asocia con mayor frecuencia con el industrial debido a que lo produce en grandes cantidades (Mora et al. 2021, p 3).

2.2.7. Comunidad biológica

Es una cantidad de organismos agrupados en comunidades (asociaciones con individuos de diferentes especies), los cuales cumplen funciones importantes en la cadena trófica como el de ser productores (fitoplancton, algas filamentosas, macrófitas) consumidores primarios, secundarios, terciarios (zooplancton, peces, zoobentos) y descomponedores (bacterias, hongos, y algunos organismos del zoobentos) (Samanez et al. 2014, p. 13).

2.2.8. Fitoplancton

Considerados de origen vegetal y que se encuentran suspendidos sobre la superficie del agua, tiene una capacidad mínima para desplazarse en los diferentes cuerpos de aguas pudiendo estas ser dulces u oceánicas. Cumplen a la perfección el papel de la fotosíntesis por su naturaleza de ser autótrofos (Bort et al. 2005, p.2).

2.2.9. Diatomeas

Son organismos unicelulares científicamente se les conoce con el nombre de *Bacillariophyta*, son eucariontes, autótrofos, caracterizados por tener una pared celular de sílice, su taxonomía está

basada principalmente en la estructura y arreglo de los poros de esta cubierta silíceo llamada frústulo con dos valvas (Mann, 1999, p. 8).

2.2.10. Epilítico

Se refiere a los tipos de especies que se desarrollan sobre la superficie de rocas, sean estas en la superficie terrestre o en los ríos o lago o mares. Estas pueden ser animales, hongos, plantas, algas, etc (Segura-García et al. 2012, p. 47).

2.2.11. Eutrofización

Es el aumento de nutrientes principalmente fosfatos y nitratos en cuerpos de agua de forma natural o antropogénica, de ser natural la aportación de nutrientes por medio de la lluvia es un poco lento, pero cuando es antrópico se vuelve más dinámico (Arévalo & Castillejo, 2018, p. 17).

2.2.12. Bioindicador

Un bioindicador es aquel cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación ecológica y están referidos como organismos o sistemas biológicos que sirven para evaluar variaciones en la calidad ambiental (Gamboa et al. 2008, p. 110).

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Tipos de aguas residuales

2.3.1.1. Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas es todo tipo de agua de cada uno de los hogares, son generados principalmente por el metabolismo humano y actividades domésticas y que pueden mezclarse con aguas de escorrentía pluvial (Castillo, 1986, p. 68; Delgado, 2019, p. 5).

2.3.1.2. Aguas residuales industriales

Son las aguas generadas en procesos u operaciones industriales en donde muchas de las veces son vertidas en entornos naturales o que reciben un tratamiento antes de su descarga (Lobo, 2014, p. 10; (MAE, 2015, p. 2).

2.3.1.3. Aguas residuales mineras

Son aguas que en combinación con metales pesados permiten hallazgo y procesamiento de obtención de los minerales, esto quiere decir que por defecto, son cuerpos hídricos con una elevada carga contaminante de elementos como el Mercurio por ejemplo (Cuenca et al. 2019, p. 34; Cantallopts & Ramírez, 2020, p. 6).

2.3.2. *Morfología de las diatomeas*

Al hablar de la morfología de las diatomeas se debe mencionar que lo más relevante de estas especies es que se encuentran compuestas entre un 60-65% de sílice (SiO_2), como consecuencia poseen un caparazón que le da dureza, firmeza y resistencia lo que se traduce en protección para el microorganismo. Posee un frústulo que tiene dos mitades que acoplan entre sí, llamadas tecas: la superior (epiteca) es siempre mayor y rodea parcialmente a la inferior (hipoteca), así cada una de las tecas está compuesta por una valva respectivamente (epi- e hipo -valva) y un cingulo (epi- e hipo- cingulo). En la región de la valva se desarrollan una serie de ornamentaciones que ayuda en la identificación taxonómica de las diatomeas. Longitudinalmente, en alguna de ellas la valva se encuentra atravesada por un delicado surco denominado rafe, que pasa a través de la teca hasta llegar al protoplasto. El sistema de transporte de estos microorganismos se realiza por medio de la hendidura del rafe que en la parte de abajo tiene un orgánulo a manera de cinta, compuesto por fibrillas, que permite contraerse al compás. Este organelo produce la secreción en los poros terminales de una sustancia adherente que se moviliza por medio de la hendidura. Perpendiculares al rafe, están algunas series de líneas de perforaciones denominadas areolas, la continuidad de éstas en cada línea compone una estría. Juntando las dos tecas se halla la cintura que está compuesta por una cantidad variable de cópulas que rodean la célula y que mantienen igual contorno que ésta (Blanco et al. 2010, p. 25).

Dentro de la célula el protoplasto se encuentra ocupando casi todo el espacio, delimitado únicamente por la pared celular silíceica (Sweeney & Linnane, 2010, p. 1527). El núcleo se sitúa en la zona central de la célula y los cloroplastos normalmente son marginales, hallándose uno o dos en las diatomeas con rafe y en forma de disco. Dentro de los cloroplastos se encuentran cuatro tipos de pigmentos: clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila y a los laterales de un puente plasmático central aparecen dos vacuolas de tamaño considerable o ciertas vacuolas de reducido diámetro (Blanco et al. 2010, p. 26).

2.3.3. Clases de diatomeas

Se encuentran divididas en dos órdenes, las centrales y las pennales.

2.3.3.1. Diatomeas centrales

También se las suele llamar *S* debido a que tiene estrías valva organizada básicamente en relación a un punto, anillo o una areola central y tienden a aparecer radialmente simétricos (Mann, 1999, p. 477).

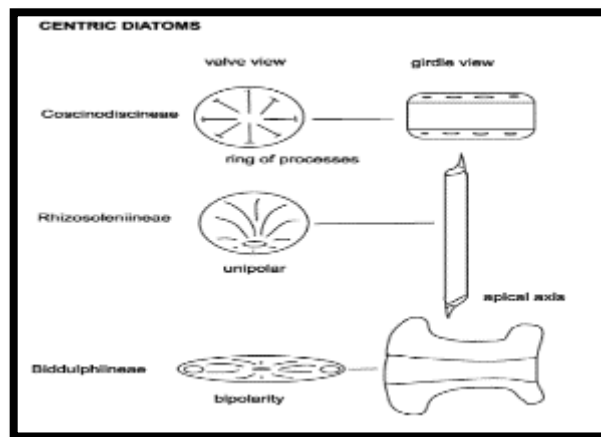


Ilustración 1-2: Diatomea Central

Fuente: Blanco et al., 2010, p. 58

2.3.3.2. Diatomeas pennales

Conocidas también como *Bacillariales*, son las que tiene estrías de valva dispuesta en relación a una línea y tienden a aparecer bilateralmente simétricos. La cara de la valva de la diatomea frústulo está formada de poros (areolas), los procesos, las espinas, las zonas hiliares y otras características distintivas. Son estas características del esqueleto que se utilizan para clasificar y describir las diatomeas, lo cual es una ventaja en términos de la paleontología ya que las mismas características se utilizan para definir las especies existentes como extintos (Mann, 1999, p. 64).

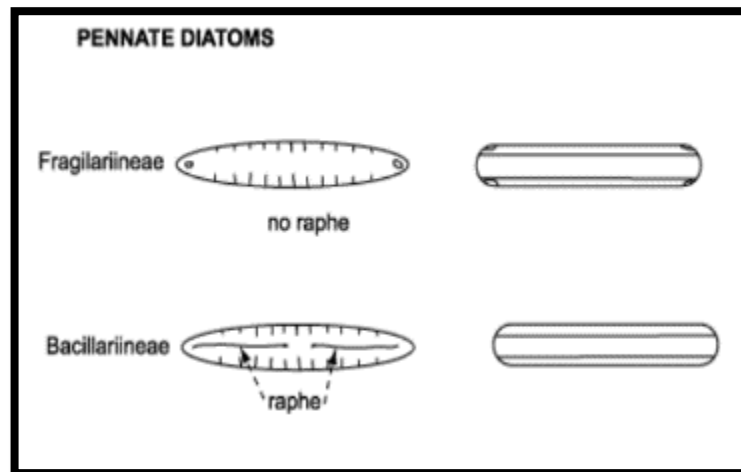


Ilustración 2-2: Diatomea Pennal

Fuente: Blanco et al., 2010, p. 59

2.3.4. *Tamaño de las diatomeas*

La mayor parte de las diatomeas son microscópicas, es decir que varían en tamaño de 2 micras a 500 micras (0,5 mm). Para su observación se emplea los microscopios de luz (LM) o microscopios electrónicos de barrido (SEM) para ver las estructuras de diatomeas. Cuando las diatomeas son vistas con un microscopio de luz, los frústulos aparecen claros. Cuando las diatomeas son vistos con un microscopio electrónico de barrido, los frústulos aparezcan opacos (Mora, 2015, p. 13).

2.3.5. *Taxonomía de las diatomeas*

Para poderlo clasificar taxonómicamente, se basa principalmente en dos aspectos: simetría y pared celular.

2.3.5.1. *Simetría*

De acuerdo a los ejes que presente cada uno de los grupos se estable las relaciones de simetría.

Diatomeas de simetría radial: Estas manifiestan dos ejes: el primero es un eje pervalvar, que une los puntos medios de cada valva y el otro es el eje transversal o diámetro, perpendicular al anterior (Blanco et al. 2010, p. 26).

Diatomeas de simetría bilateral: Estas diatomeas por el contrario tienen tres ejes: eje pervalvar que conecta los puntos medios de cada valva, eje apical que une los extremos del frústulo y eje

transapical, que recorre la célula de pleura a pleura (Blanco et al. 2010, p. 26).

2.3.5.2. Pared celular

Como ya se mencionó, la sílice les confiere rigidez y origina patrones de estrías, de trama complicada, que suelen servir como rasgos para su identificación. Es muy común la presencia de estructuras accesorias o externas como membranas; setas; espinas que sirven para la unión de las células en cadenas. En algunas especies de diatomeas con simetría bilateral existe una estructura central que recorre toda la célula denominada rafe (Blanco et al. 2010, p. 26).

2.3.6. Las diatomeas como bioindicadores

Tal como lo sostiene Mora et al. (2015, p. 3), todos los organismos presentan límites de tolerancia que varían, y cuando tiene una determinada alteración se encuentran organismos sensibles que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como intolerantes, mientras que otros, que son tolerantes, no se ven afectados. Las especies de diatomeas tienen distintos rangos de pH y salinidad donde crecerán, también tienen rangos y tolerancias para las otras variables ambientales, como la concentración de nutrientes, partículas en suspensión, el régimen, la elevación y diferentes tipos de perturbaciones (Hernández, 2016, p. 23). En conclusión, las diatomeas debido a las paredes celulares de sílice no se descomponen, en paleontología por ejemplo esto ayuda a interpretar condiciones del pasado. Debido a su respuesta a perturbaciones ambientales mediante cambios en la estructura y la dinámica de la comunidad, hay creciente interés en su empleo como bioindicadores, ya que se ha demostrado que son una buena herramienta para determinar el estado trófico y la calidad del agua en ríos (Stadtländer & Bellinger, 2011, p. 2).

2.3.7. Diatomeas de aguas lólicas

Son las más numerosas del fitobentos y fitoplancton que debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan adecuadamente el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos, de esta manera proporcionan información valiosa de la condición del ecosistema acuático al igual que los indicadores macroinvertebrados y peces (Hernández, 2015, p. 24).

2.3.8. Índices de calidad del agua

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. En general, el ICA incorpora

datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Yogendra & Puttaiah, 2008, p. 1).

2.3.9. Parámetros fisicoquímicos y biológicos.

2.3.9.1. Coliformes fecales

Se entiende por coliformes fecales al conjunto de especies bacterianas que presentan características bioquímicas en común, además son de importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Etimológicamente col significa bacteria del grupo *Escherichia coli* (Crisci et al. 2021, p. 3).

2.3.9.2. DBO₅

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno que se consume cuando la materia orgánica tiende a degradarse en el agua. La materia en descomposición se puede oxidar o consumir por aspectos biológicos. Regularmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅) y se expresa en mg O₂/L (Castro et al. 2020, p. 32).

2.3.9.3. Fosfato total

Los fosfatos por lo general son ésteres del ácido fosfórico, formados por un átomo de fósforo y cuatro de oxígenos, generalmente están en cuerpos de aguas naturales, residuales y residuales tratadas en forma de fosfatos y se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados (Velázquez, 2015, p. 31).

2.3.9.4. Nitratos

Son un indicador importante en el ICA que se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten (García, 2014, p. 7).

2.3.9.5. Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y muy esencial para los riachuelos y lagos saludables. Este indicador determina el grado de contaminación que presenta el agua. Cuando se encuentra altos niveles de oxígeno disuelto significa que el agua es de mejor calidad (Navarrete

2003). También la cantidad de oxígeno disuelto, depende la temperatura, es decir que mientras más fría el agua más oxígeno tiene a diferencia de un agua a mayor temperatura (Peña, 2007, p. 3).

2.3.9.6. Temperatura

La temperatura juega un papel importante en la calidad del agua, su interpretación del valor debe ser relacionándola con la temperatura ambiente en el lugar y momento de la medida. Las variaciones de temperatura se deben a muchos factores: hora del día, estación, profundidad del agua y otros factores (Villar et al. 2015, p. 8).

2.3.9.7. Turbidez

Se puede denominar como turbidez al grado de transparencia que tiene el agua por manifestar una cantidad de partículas en suspensión y la cantidad de algas, de otras formas de crecimiento o de algún otro líquido en el sitio de estudio. Mientras mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido, mayor será el grado de turbidez (García et al. 2009, p. 3).

2.3.9.8. Conductividad eléctrica

Es la capacidad que tiene un medio acuoso para conducir corriente eléctrica. Esta es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas. Las sales más frecuentes son las de calcio, magnesio y sodio. La unidad de medida es el siemens/cm (S/cm), microsiemens/cm (μ S/cm), o milisiemens/cm (mS/cm) (García, 2013, p. 2).

2.3.9.9. Dureza

La dureza del agua es la sumatoria de los valores de calcio y magnesio, a los que se agregan iones de Fe, Al, Mn, etc. Su medida se expresa habitualmente en °F (grados franceses) °dH (grados alemanes) o ppm de carbonato cálcico (CaCO_3) (García, 2013, p. 3).

2.3.9.10. Sólidos disueltos totales o salinidad

Los TDS, son un parámetro que indica el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l, g/m^3 o ppm (mg/l). Así un agua con muchas sales, es muy conductiva, lo que permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua. Para determinar el TDS a partir de la conductividad se debe multiplicar dicha conductividad por un factor, con lo cual, a partir del valor de la conductividad

podemos hacernos una idea del valor aproximado de la dureza en °F y en ppm de CaCO₃ (García, 2013, p. 3).

2.3.9.11. pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. Indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. La fuerza de un ácido está determinada por su anión; anión fuerte (sulfúrico, clorhídrico) anión débil (carbonato, bicarbonato) y todos tienen el mismo catión (H⁺). Lo mismo ocurre con las bases.

- Con pH 0-7 el agua es ácida, y lleva ácidos libres o sales ácidas.
- Con pH = 7 el agua es neutra, no tiene ni sales ácidas ni sales básicas; sólo contiene sales neutras.
- Con pH 7-14 el agua es básica o alcalina y lleva sales básicas (García, 2013, p. 4).

2.3.10. Índice Trófico de Calidad del Agua

Proporciona una perspectiva general a nivel trófico (nutrición) y su efecto sobre la calidad del agua, constituye uno de los métodos más utilizados en la determinación de estado trófico en cuerpos de agua. Para la determinación del estado de eutrofización de un cuerpo de agua, se usa una escala comprendida entre 0 y 100 es decir, de oligotrófico a hipertrófico respectivamente (Moreno et al. 2010, p. 28).

2.3.11. Tipos de sustratos de las diatomeas

Las diatomeas pueden encontrarse mayoritariamente en las grandes extensiones de los océanos, pero también se encuentran en lagos, ríos y en musgos. Algunos trabajos reportados indican que las diatomeas se encuentran adheridas a sustratos en donde desarrollan su ciclo de vida (Roberts 2001, p. 571-586). Poseen la característica de colonizar formando biopelículas en toda la superficie en donde estas se encuentran, esto pueden ser rocas, partes de plantas, lugares artificiales como las paredes de vidrio de un acuario, pero que además pueden estar suspendidas en el agua (Leal et al. 2010, p.600).

2.4. Base legal

2.4.1. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

Art. 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución (Secretaría del Agua, 2014, p. 19).

Art. 5.- Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Única del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica (Secretaría del Agua, 2014, p. 19).

Art. 12, 313 y 318.- La Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia (Secretaría del Agua, 2014, p. 23, 54).

2.4.2. Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas.

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor (MAE, 2015, p. 34).

Art. 209.- Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición fisicoquímica y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso (MAE, 2015, p. 107).

2.4.3. Reforma Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, Acuerdo Ministerial 097. Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003.

2.4.3.1. De las competencias institucionales

- a) *La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I (MAE, 2015b, 68).*

- b) *Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura (MAE, 2015b, 68).*

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

En el presente estudio se efectuó un diseño con enfoque mixto, debido a que se realizó análisis cualitativos y cuantitativos de las diatomeas epilíticas presentes en el Río Jimbitono. Con respecto al análisis de tipo cualitativo, se determinó las características de las diatomeas encontradas en las 3 estaciones de monitoreo del río de estudio por lo cual, fue importante clasificarlas considerando el tamaño y forma de cada una de las especies encontradas para así poder calificar el estado en el que se encuentra la calidad del agua del río. De acuerdo con el enfoque cuantitativo, fue esencial el conteo de cada diatomea para establecer el Índice Trófico de Calidad del Agua y de esta manera obtener resultados confiables que comprueben la hipótesis establecida en la investigación.

3.2. Nivel de Investigación

El presente estudio realizado en el Río Jimbitono carece de investigaciones enfocadas en la calidad del agua por diatomeas epilíticas por lo que este estudio se define como exploratorio ya que busca estudiar si el estado del agua está siendo afectado por las actividades antropogénicas que se realizan en el trayecto del río. Además, al realizar análisis de los parámetros físico-químicos del agua y diatomeas epilíticas, se puede observar la variabilidad de las características entre los 3 puntos de muestreo y describir la calidad del agua, es por esta razón que el estudio también se considera de tipo descriptivo.

3.3. Diseño de la investigación

La investigación diseñó un análisis mediante la manipulación entre los parámetros fisicoquímicos del agua con la diversidad de especies de las diatomeas, manteniendo el control de las variables, de esta manera se determinó la calidad del agua, para ello se realizó el Análisis Canónico de Correspondencia utilizando Software Past.

3.3.1. *Identificaciones variables*

Variable independiente: Calidad del agua presente en las estaciones.

Variable dependiente: La diversidad de las diatomeas epilíticas.

3.3.2. Según las intervenciones en el trabajo de campo

El proceso de preparación, identificación, clasificación y conteo de las diatomeas es extenso especialmente para un investigador sin experiencia en el tema, esto en conjunto con la escasa información e investigación en el país, hace que la presente investigación se haya llevado a cabo en determinados puntos en una sola ocasión debido al escaso tiempo con el que se cuenta, por lo que la investigación toma un carácter transversal.

3.4. Tipo de estudio

El presente estudio se estableció como una investigación de campo y documental debido a que se realizaron recorridos de exploración de la zona y recolección de muestras en 3 estaciones del Río Jimbitono para posteriormente llevar las muestras al laboratorio para ser analizadas. Por otro lado, la investigación documental consistió en la revisión de la literatura basada en la metodología de las diatomeas epilíticas como indicadores de la calidad del agua realizadas en estudios anteriores.

3.5. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1. Zona de estudio

El estudio de la calidad del agua se efectuó en el Río Jimbitono ubicado en un sector de la parroquia Proaño del cantón Morona de la provincia de Morona Santiago. Se usó el software ArcMap 10.5 para delimitar el trayecto del Río junto a las estaciones de monitoreo, cuyos puntos se establecieron con la ayuda de un GPS marca Garmin Etrex 10 en el que se georreferenciaron las siguientes coordenadas:

Tabla 1-3: Georreferenciación de las estaciones de monitoreo.

Punto de muestreo	UBICACIÓN				Observación
	UTM	Latitud	Longitud	Altura msnm	
P1	17 M	0812598	9747954	1402	PJ-01
P2	17 M	0814629	9748735	1173	PJ-02
P3	17 M	0817118	9749164	1103	PJ-03

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

3.5.1.1. Mapa de ubicación

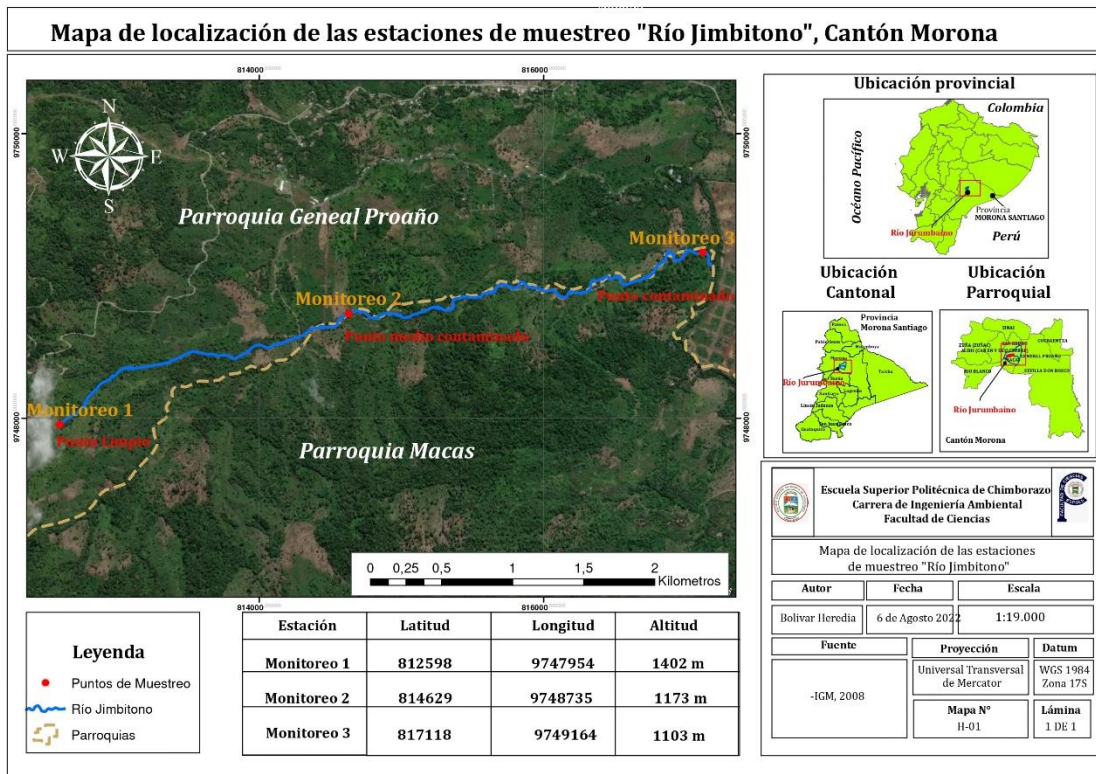


Ilustración 1-3: Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

3.5.2. Población de estudio

La población de estudio fue el tramo del Río Jimbitono de la parroquia General Proaño. El muestreo de agua que se utilizó en las 3 estaciones de monitoreo fue simple.

3.5.3. Tamaño de la muestra

Se aplicó el estudio para un tramo aproximado de 7,08 kilómetros de trayecto del río Jimbitono el mismo que abarca desde su nacimiento hasta su desembocadura, en el cual, se establecieron tres puntos estaciones de monitoreo los cuales fueron distribuidos considerando lo siguiente:

- Punto limpio (PJ-01)
- Punto medio contaminado (PJ-02)
- Punto contaminado (PJ-03)

En los puntos descritos como contaminados existe actividades antrópicas por esta razón resultó esencial evaluar la calidad del agua en dichos puntos tal y como se indica en la Figura 1-3.

3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación

3.6.1. Método de muestreo

El muestreo se realizó in situ, en el río Jimbitono en el cual se estableció tres puntos de monitoreo en los cuales se determinó las características del lugar, el tipo de vegetación que posee, la profundidad del río y velocidad del agua el sitio de estudio. Se realizó el muestreo en un periodo de caudal constante, es decir, en un día de verano en el que el río se mantuvo sin variación de su caudal.

Además, para esta actividad se consideró el cuidado de la integridad física para el ingreso y salida del lugar, uso del suelo y actividades antrópicas que se realizaron a lo largo del tramo. El estudio se basa en bibliografía investigada y su análisis se lleva a cabo en equipos de laboratorio y softwares estadísticos (Lobo et al. 2016, p. 16).

3.6.2. Procedimiento de toma de muestras

3.6.2.1. Método de recolección de datos in situ.

De acuerdo con Lobo et al. (2016, p. 15) para el empleo del estudio, se realizó la determinación de parámetros fisicoquímicos correspondientes, como son: pH, temperatura, oxígeno disuelto, con ayuda del equipo multiparamétrico y pHmetro.

3.6.2.2. Métodos de recolección de datos ex situ.

Se recabó los datos de los parámetros como son turbidez, sólidos totales, coliformes fecales, nitratos, BDO₅, fosfatos, mediante el análisis en laboratorio.

3.6.3. *Materiales, Equipos y Reactivos usados para la Investigación*

3.6.3.1. *Materiales de Campo*

Tabla 2-3: Materiales de Campo usados para el muestreo

Material de Campo
Cepillo Dental
Bandeja de Polietileno
Frascos de 250ml
Etiquetas Adhesivas
Marcador Permanente
Guantes
Botas

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022

3.6.3.2. *Materiales y Equipos de laboratorio*

Tabla 3-3: Materiales y Equipos de Laboratorio

Material y Equipos de Laboratorio
Vasos de precipitación
Pipeta Pasteur
Tubos de ensayo
Agitador Vórtex
Centrifuga
Manta Calefactora
Microscopio

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

3.6.3.3. *Sustancias empleadas*

Tabla 4-3: Reactivos utilizados

Reactivos
Formol al 4%
Agua Destilada
Alcohol Etílico al 70%
Dicromato de Potasio
Ácido Clorhídrico
Naphrax
Etanol al 70%

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

3.6.4. Método de recolección de muestra, preparación y procesamiento de diatomeas

El método que se aplicó para la recolección de las diatomeas fue el mismo para los tres puntos establecidos.

3.6.4.1. Recolección de diatomeas

- La recolección de diatomeas epilíticas se realizó de rocas que se encuentran a las orillas del río.
- Las rocas tenían un diámetro de 10 a 20 cm sumergidas a una profundidad aproximada de 10 y 30 cm.
- Las rocas se encontraban expuestas a los rayos solares y rodeados en su superficie por la formación de biopelículas de color pardusco (Lobo et al. 2016, p. 16).

3.6.4.2. Procedimiento de retiro de algas diatomeas

El procedimiento para retirar las algas diatomeas del sustrato fue el siguiente:

- Se tomó una bandeja (en la que pueda fácilmente se incorporó una de las rocas)
- Con el cepillo (debe ser de cerdas duras) se frotó la superficie de la roca con el fin de remover la biopelícula.
- A la biopelícula removida se aplicó pequeñas cantidades de agua destilada con el fin de lavar lo removido y que se deposite en la bandeja.
- Al final se obtuvo una cantidad de líquido depositado en la bandeja.
- Este líquido se vertió en un frasco de hermético de 100 ml.
- Se colocó 10 ml de solución de formol al 4% (v/v) para fijar el material.
- El frasco que contenía la muestra fue debidamente etiquetado con una cinta adhesiva, identificando el sitio de muestreo, la hora, cantidad de muestra y nombre del responsable.
- Finalmente, las muestras se guardaron en un lugar fresco para su posterior tratamiento (Lobo et al. 2017, p. 17).

3.6.4.3. Procesamiento de laboratorio para la muestra de diatomeas

De acuerdo con la Técnica de laboratorio manifestada en Lobo et al. (2016, p. 18) para el procesamiento de la muestra, se realizó la metodología que se detalla a continuación:

Etapa 1

- Se tomó 10 ml del fondo de la muestra y se vertió en un tubo de ensayo al cual se añadió agua destilada.
- Se llevó la muestra al agitador vórtex para lograr una suspensión de las diatomeas.
- Se centrifugó el material a 3000 rpm por dos minutos y posterior a ello se desechó el sobrenadante.
- Se añadió 6ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) con ayuda de una pipeta tocando la pared del tubo de ensayo.
- Se colocó la muestra a hervir por aproximadamente por 1 hora en un vaso de precipitación con pequeños fragmentos de porcelana para evitar el riesgo de quebrar los tubos por el burbujeo del agua y se dejó enfriar.

Etapa 2

- Se añadió 0,8 gramos de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y se calentó a 90 grados centígrados por aproximadamente 1 hora.
- Se dejó reposar por 24 horas para continuar con el tratamiento.
- Luego de ello se centrifugó de la muestra a 3000 rpm por dos minutos para retirar el dicromato de potasio, se descartó el sobrenadante en un recipiente para desechos tóxicos.
- De nuevo se añadió agua destilada a la muestra y se realizó esta operación hasta que la muestra quedara transparente.

Etapa 3

- Se colocó la muestra en tubos más pequeños previamente etiquetados.
- El siguiente paso fue añadir 2 ml de ácido clorhídrico (HCl) para remover toda la materia orgánica.
- Se puso la muestra a hervir por aproximadamente 1 hora.
- Otra vez se dejó enfriar.
- Se descartó el sobrenadante en un recipiente de desechos tóxicos.
- Se añadió agua destilada al sedimento para llevar nuevamente a centrifugación a 3000 rpm durante 2 minutos.
- Se realizó esta la operación con el objetivo de retirar todo el HCL de las muestras.

3.6.4.4. Fijación de muestra en placa permanente

- Se tomó un cubreobjetos (18mm x 18mm) y se colocó en la plancha de calentamiento.
- Se añadió unas gotas de la muestra de diatomeas con ayuda de una pipeta Pasteur.
- Luego se añadió 2 a 3 gotas de agua destilada para homogenizar la muestra
- Agregar también algunas gotas de etanol al 70 % para que toda la muestra quede esparcida y no se formen acumulaciones de diatomeas.
- Se esperó hasta el secado completo del cubreobjetos en la plancha de calentamiento a una temperatura aproximada de 80 grados centígrados, evitando la ebullición de las muestras.
- Después del secado el cubreobjetos se invirtió y se colocó en un portaobjetos que contiene una pequeña gota de Naphrax, que es un medio de montaje con un alto índice de refracción,
- El portaobjetos se colocó sobre la plancha de calentamiento hasta la evaporación completa del Naphrax.
- Se etiquetó las placas con un código de fácil interpretación. (Lobo et al. 2016, p. 23)

3.6.5. Índice de la calidad del agua

Para la determinación de la calidad del agua según el ICA NSF se aplica la siguiente tabla para de esta manera con los valores obtenidos interpretar el estado en el que se encuentra el agua.

Tabla 5-3: Tabla del ICA

Calificación	Rango
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

Fuente: Lekshmi prasad y Mophin, 2017, p. 48.

Realizado por: Heredia Bolívar, 2022.

3.6.6. Obtención del valor del Índice Trófico de la Calidad del Agua.

Lobo et al. (2016, p. 30) dice que una vez realizado el conteo de las diatomeas de cada una de las estaciones para calcular el Índice Trófico de la calidad del agua se procede a aplicar la siguiente fórmula:

$$ITCA = \frac{\Sigma(vt * h)}{\Sigma h}$$

En donde:

vt: Valor trófico de las especies

h: Cantidad de la especie

Una vez ya obtenido el valor del ITCA usando la ecuación anterior se determina el nivel de contaminación basado en la tabla que se presenta a continuación en la que se indica los valores del ITCA que va de 1,0 a 4,0.

Tabla 6-3: Relación del ITCA con la calidad del agua

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

Fuente: Lobo et al. 2016, p. 31

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

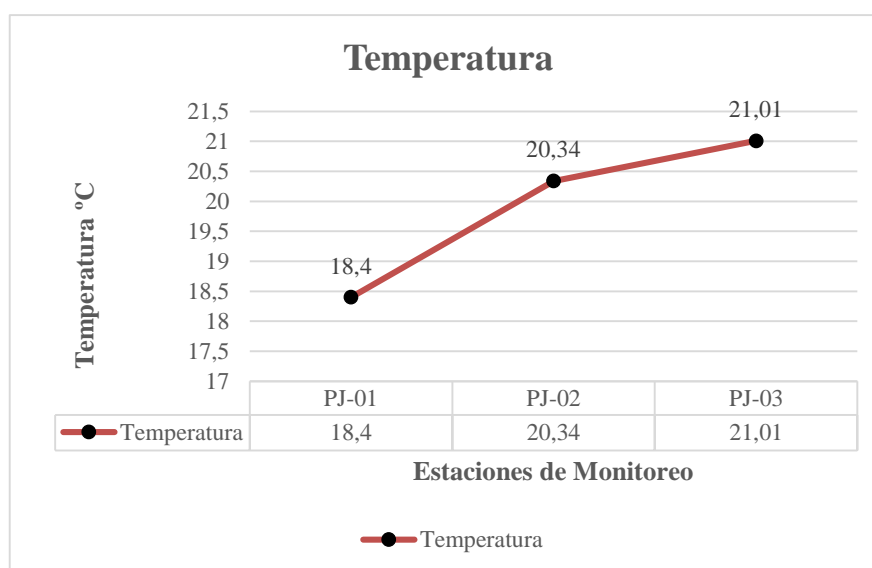
CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los parámetros Fisicoquímicos del Agua

4.1.1. Temperatura

Gráfico 1-4: Variación de la Temperatura en el Río Jimbitono



Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

Los resultados de la medición de la Temperatura en el Río Jimbitono se indican en la Gráfica 1-4 en el que se registran cambios en las 3 estaciones de monitoreo. El valor más alto de la Temperatura se registró en la tercera estación PJ-03 con un valor de 21,01 °C, mientras que la menor Temperatura que se obtuvo fue en la primera estación PJ-01 con 18,4 °C. La variación brusca Temperatura del PJ-01 a PJ-02 se debe a la diferencia de altura a la cual se encontraban las estaciones de monitoreo a largo del Río Jimbitono, la diferencia fue de 3°C.

De acuerdo con Holguín & León (2020, p. 25) manifiesta que la Temperatura juega un papel importante sobre otros parámetros como el Oxígeno Disuelto debido a que a mayor temperatura se afecta considerablemente la concentración del oxígeno y esto hace que organismos acuáticos como las diatomeas tengan problemas de subsistencia. Además, la temperatura influye en la

velocidad de fotosíntesis de las algas por ello es necesario estudiar la temperatura y las especies de diatomeas que existen en dicha condición (Navarrete, 2003, p. 25).

4.1.2. *Potencial Hidrógeno*

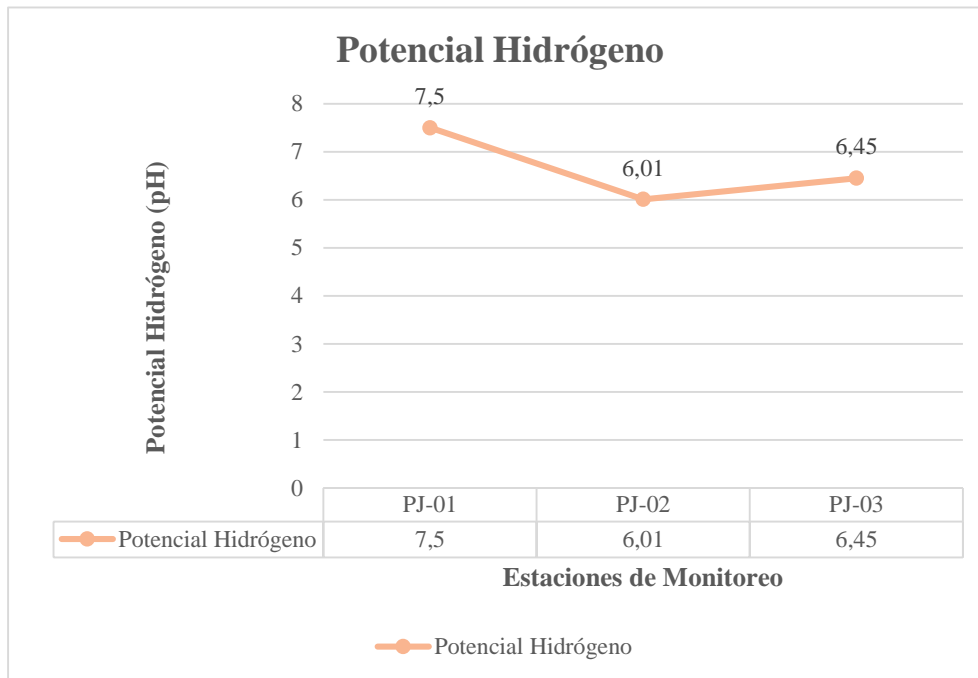


Gráfico 2-4: Medición del pH en las 3 estaciones de monitoreo

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

Los resultados del pH en las aguas del Río Jimbitono indicados en la Gráfica 2-4 registran pequeñas variaciones a lo largo del Río Jurumbaino. Las estaciones PJ-02 y PJ-03 tienen un valor de 6,01 y 6,45 respectivamente y se caracterizan como aguas ligeramente ácidas que no se encuentran en el rango permisible (6,5 – 9) indicado en el Acuerdo Ministerial 097 Tabla 2. La estación PJ-01 con valor 7,5 mantiene una calidad estable y está dentro del rango permisible.

Los valores de pH en las estaciones PJ-02 y PJ-03 están influenciados por las actividades antropogénicas mientras que la estación PJ-01 se encuentra en condiciones naturales en las que no se ve afectado por actividades humanas.

Según Cuenca et al. (2019, p. 36) las aguas que se encuentran con un pH ligeramente ácido son debido a las sales que se encuentran en disolución; sumado a esto, García, (2013, p. 7) indica que cuando existen estos estándares de pH en el agua se debe a las actividades humanas especialmente las agrícolas lo que produce una severa disminución del pH. Relacionando las teorías descritas con el estudio realizado, es de considerar que la disminución del pH se debe a las actividades agrícolas y las descargas de aguas residuales especialmente en el trayecto de las estaciones PJ-02 y PJ-03.

4.1.3. Sólidos Totales Disueltos

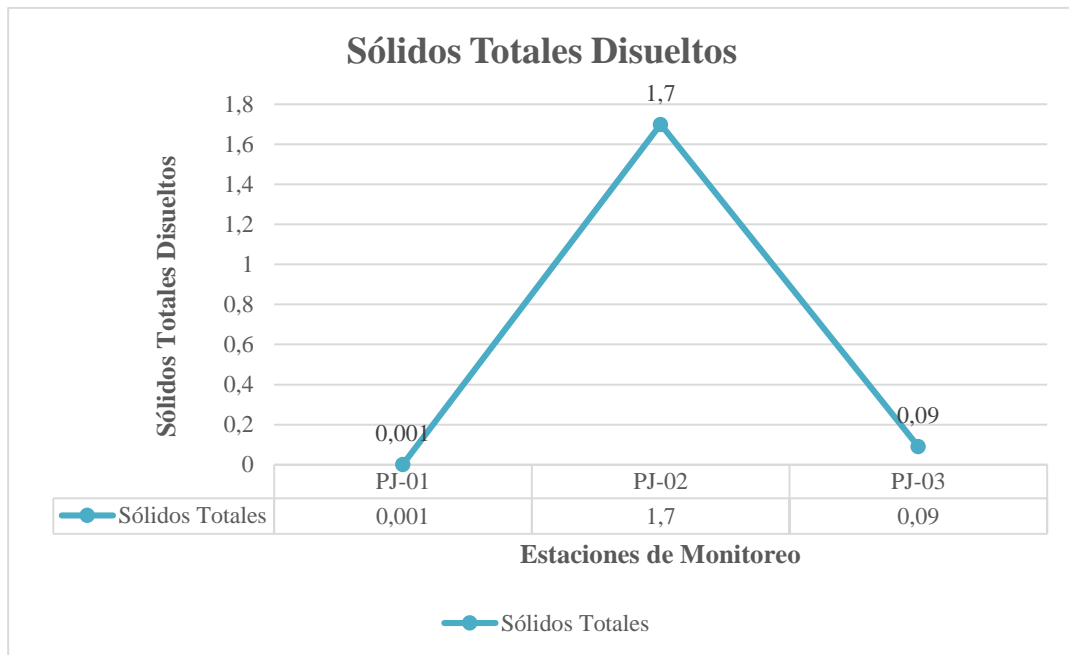


Gráfico 3-4: Medición de Sólidos Totales del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

La Gráfica 3-4 expone los valores de la medición de Sólidos Totales Disueltos en las aguas del Río Jimbitono en el cual presenta valores bajos. El valor más alto corresponde a la estación PJ-02 con 1,7 mg/L y el valor más bajo obtenido es en la estación PJ-01 con 0,001 mg/L.

En la investigación realizada por Moreno, et al. (2010, p. 26) sostienen que los Sólidos Totales Disueltos en el agua no representan una grave contaminación, pero indican presencia de algún tipo de actividad antropogénica. En este contexto cabe indicar que según la gráfica el valor más elevado es en el PJ-02 debido a que en este lugar se encuentra el balneario turístico del Río Jimbitono, de esta manera se justifica el crecimiento elevado en esta estación de monitoreo.

4.1.4. Nitratos

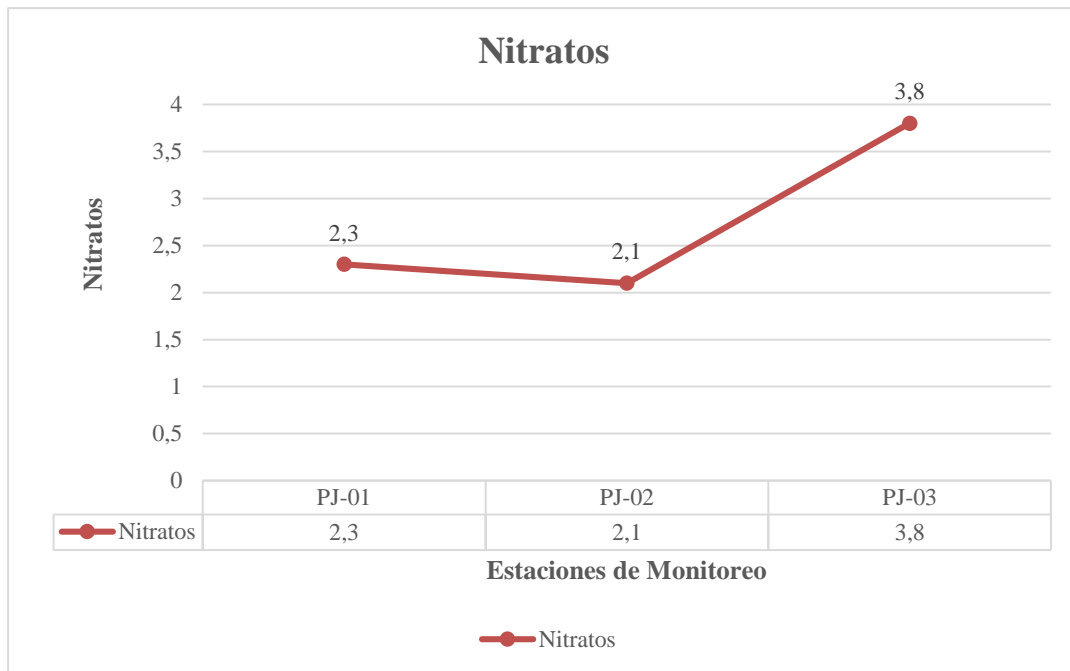


Gráfico 4-4: Medición de Nitratos en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

En la Gráfica 4-4 se encuentra establecidos los valores de nitratos en el que la mayor concentración se encuentra en la estación PJ-03 con 3,8 mg/L. Los valores obtenidos en las 3 estaciones de monitoreo se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097.

Con base a lo que sostiene García (2013, p. 14) las grandes cantidades de Nitratos en el agua se debe a las intervenciones humanas por agricultura lo que es evidenciado en la estación PJ-03 en la que puede observarse un ligero incremento de Nitratos pero que puede ser controlado y asimilado por las condiciones naturales del Río Jimbitono ya que se encuentra dentro del límite permisible descrito en el AM 097.

4.1.5. Fosfatos

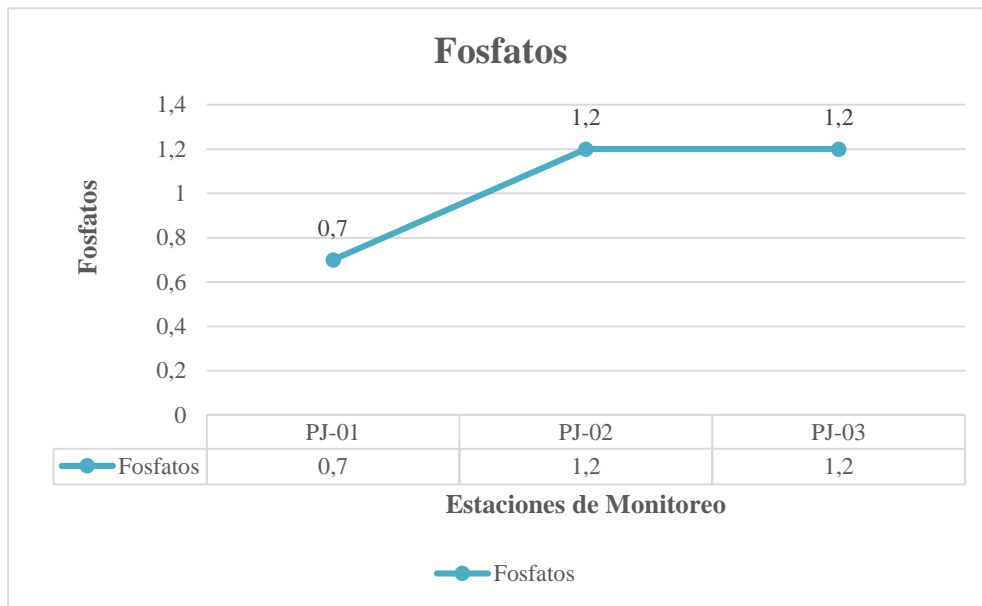


Gráfico 5-4: Medición de Fosfatos en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

La Gráfica 5-4 indica los resultados del contenido de fosfatos que contiene las aguas del Río Jimbitono en el cual se obtuvo como valor máximo 1,2 correspondiente a las estaciones PJ-02 y PJ-03. Los resultados obtenidos de fosfatos en las 3 estaciones son considerados como valores bajos.

Generalmente, el fósforo puede encontrarse en el agua como producto de la descomposición de materia orgánica y de las rocas por lo que es común encontrarse con valores altos en ciertos ríos en los cuales no hayan sido contaminados antrópicamente (Castro et al. 2020, p 35). De acuerdo con el estudio de este parámetro realizado en el Río Jimbitono se establece que los valores medidos son bajos y no afectan significativamente en la calidad del agua ni en la presencia de las diatomeas epilíticas (Cuenca et al. 2019, p. 31).

4.1.6. Demanda biológica de Oxígeno

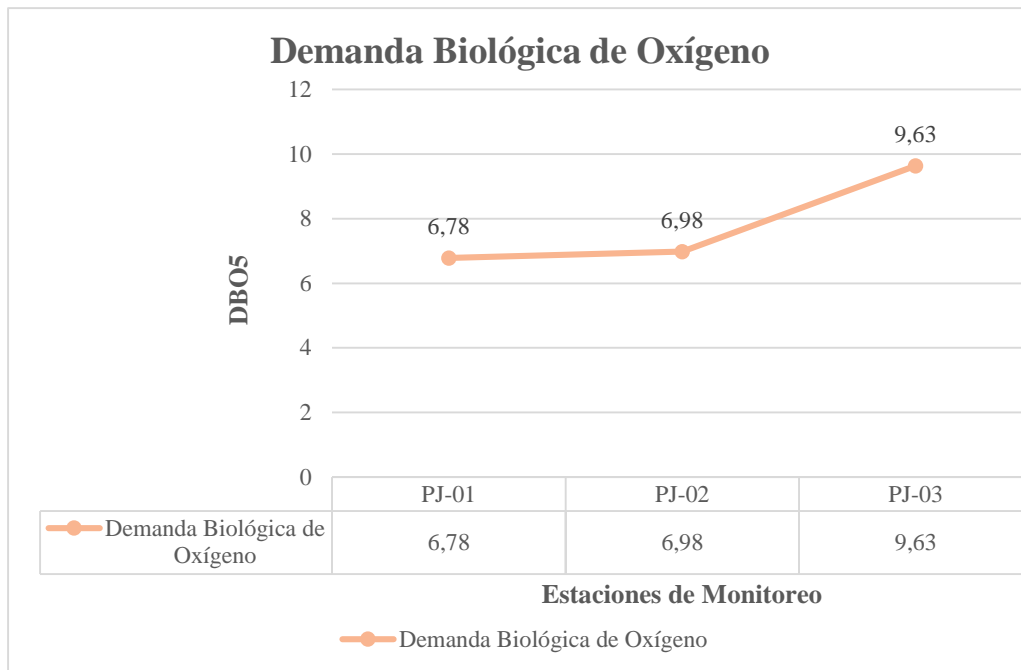


Gráfico 6-4: Medición del DBO en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

En la Gráfica 6-4 se indica los valores obtenidos de DBO5 en los cuales, el más alto corresponde a 9,63 mg/L obtenido en la estación PJ-03. De acuerdo con los resultados obtenidos de DBO5 se asume que en las aguas del Río Jimbitono debido a cargas orgánicas existen bacterias demandan de oxígeno; sumado a esto, las actividades humanas que se generan entre la estación PJ-02 juega un papel importante en el contenido de DBO5 del Río Jimbitono.

De esta manera en la estación PJ-03 existe un crecimiento en el valor de la DBO5 lo que indica un alto consumo de oxígeno por lo que la vida acuática corre peligro en dicha estación. Lobo (2014, p 10) sostiene que el incremento en el DBO5 se debe a la contaminación antrópica y a la presencia de bacterias nitrificantes, gérmenes y protozoos que provienen de descargas de aguas residuales.

4.1.7. Turbidez

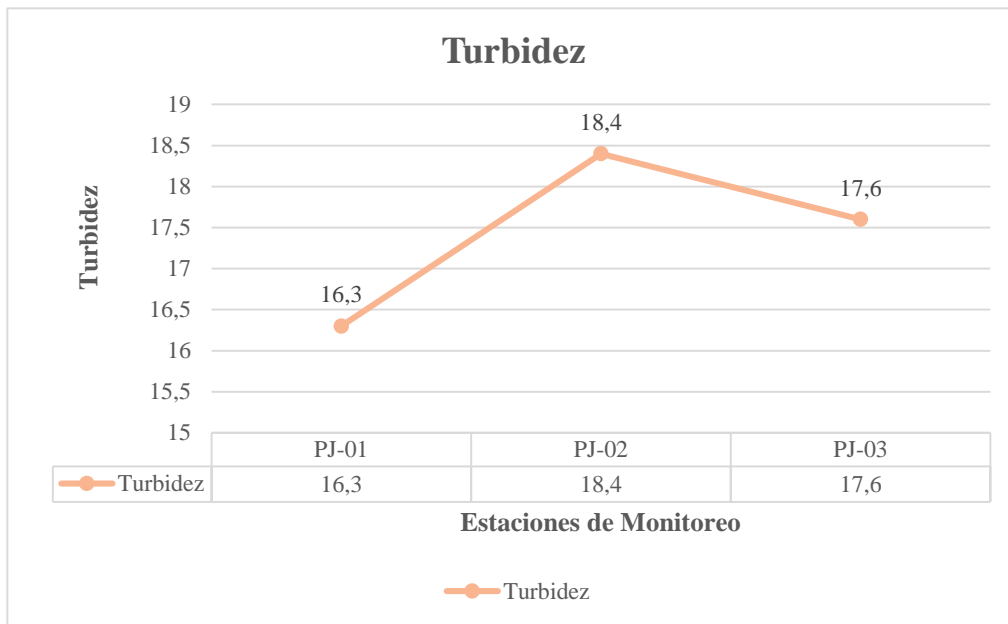


Gráfico 7-4: Medición de la Turbidez en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

En la Gráfica 7-4 se observa los valores de turbidez obtenidos en los análisis realizados del agua del Río Jimbitono en el cual, los valores obtenidos representan valores medios de turbidez. El valor más alto de turbidez obtenido en el presente estudio corresponde a las estaciones PJ-02 y PJ-03 cuyos valores 18,4 y 17,6 indican que este parámetro está siendo afectado por las actividades humanas cercanas al trayecto del río.

En la opinión de Arze et al. (2010, p. 15) relaciona la turbidez con la descarga de efluentes, crecimiento de algas y escorrentía humana acciones que pueden ser evidenciadas durante el trayecto de la estación PJ-02 hacia la estación PJ-03. La turbidez influye en la temperatura del agua (Escobar, 2002, p. 43) lo que se evidenció en la medición in situ de la temperatura en las estaciones PJ-02 y PJ-03.

4.1.8. Coliformes Fecales

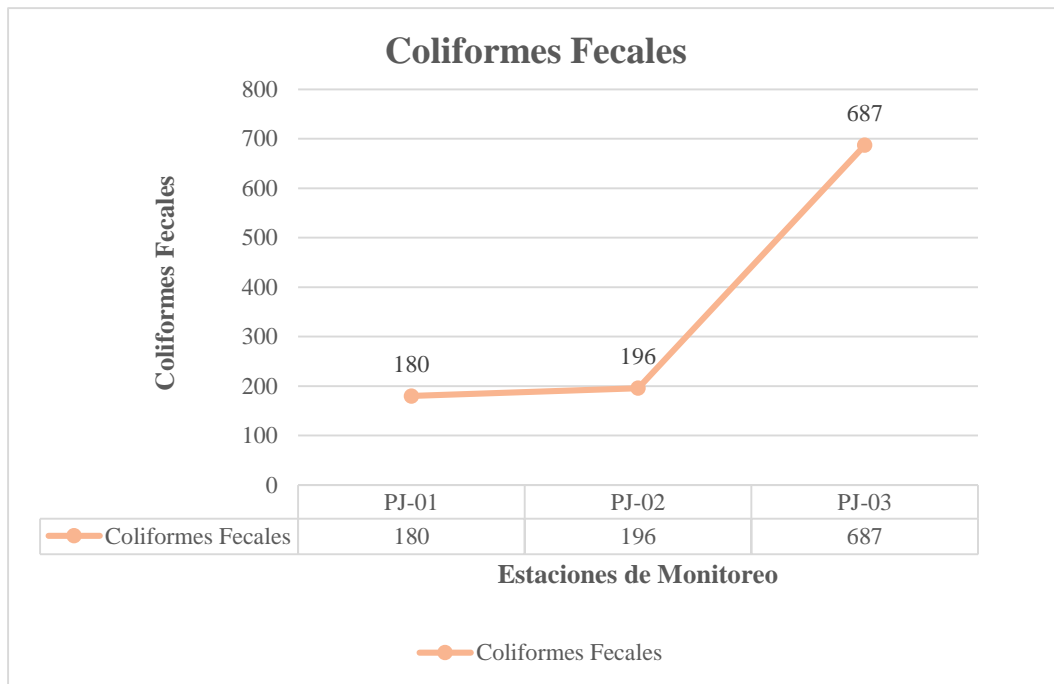


Gráfico 8-4: Medición de Coliformes Fecales en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

La Gráfica 8-4 se muestran los valores obtenidos de las coliformes fecales presentes en las aguas del Río Jimbitono donde la estación PJ-03 indicó la alta presencia de coliformes fecales con 687 NMP/100ml lo que es evidenciado por las actividades antropogénicas que se generan durante el trayecto.

Lekshmi Prasad y Mophin (2017, p. 132) indican que la presencia de coliformes fecales se debe a las actividades antropogénicas, por tal razón en el trayecto del Río Jimbitono hasta la estación PJ-03 se obtuvo un gran incremento de coliformes fecales lo que incide significativamente en la calidad del agua haciendo que estas presenten riesgos a la salud humana al momento de ingerirlas.

4.1.9. Oxígeno Disuelto

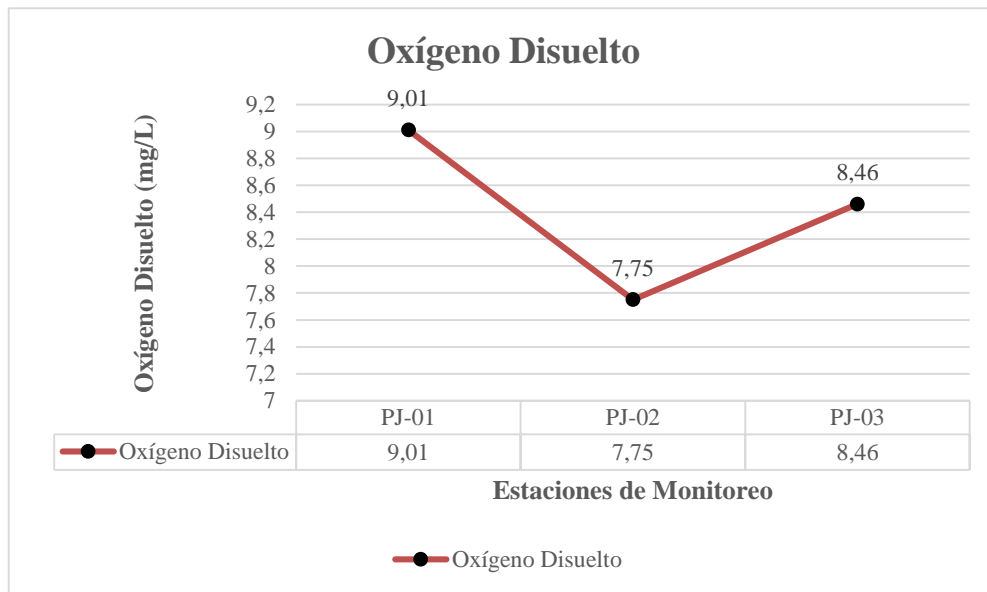


Gráfico 9-4: Medición del Oxígeno Disuelto en las aguas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

Se presentan los resultados del Oxígeno Disuelto en la Gráfica 9-4 en la que se puede observar que en la estación PJ-01 existe una gran cantidad de OD 95% lo que indica que el agua en dicha estación tiene una buena calidad. En las estaciones PJ-02 y PJ-03 también se presenta cantidades considerables de Oxígeno Disuelto que indican buenas condiciones.

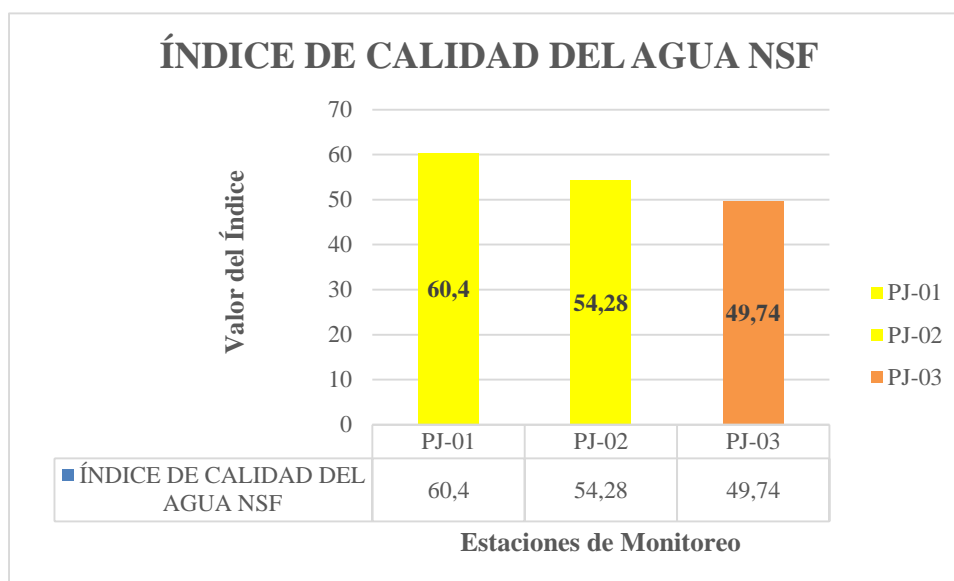
De acuerdo con Trach et al. (2022, p. 8) el oxígeno disuelto puede disminuir cuando la temperatura aumenta lo que se pudo observar con los resultados obtenidos del OD en las estaciones PJ-02 Y PJ-03. Así se puede argumentar que los niveles de oxígeno disuelto menores de 5 mg/L se consideran como un problema para los organismos que habitan en el agua (Lobo 2014, p. 138), por el contrario, en el análisis realizado en las 3 estaciones de monitoreo se determinó que la cantidad de oxígeno disuelto se encuentra en condición estable en la que los organismos acuáticos pueden sobrevivir.

4.2. Índice de Calidad del Agua

Tabla 1-4: Valores del Índice de Calidad del Agua de la NSF

Río Jimbitono	Estaciones	Valor del Índice	Clasificación
	PJ-01	60,4	Regular
	PJ-02	54,28	Regular
	PJ-03	49,74	Malo

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.



Gráfica 10-4: Valores del Índice de Calidad del Agua de la NSF

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

Como se indica los resultados obtenidos en la Tabla 1-4 del monitoreo realizado en el mes de junio, las estaciones PJ-01 Y PJ-02 representan una calidad REGULAR con un valor del ICA de 60,4 y 54,28 respectivamente, mientras que en la estación PJ-03 con valor del ICA de 49,74 se presentó una calidad MALA esto asumiblemente al incremento marcado de coliformes fecales principalmente seguidos de otros parámetros como nitratos, fosfatos y DBO5 que generó una disminución significativa en los valores del ICA. Las principales causales de la alteración de la calidad del agua en la estación PJ-03 se deben a los asentamientos humanos cerca de las orillas y actividad pecuaria que generan descargas directas de aguas residuales hacia el río lo que produciendo variabilidad en los valores de los parámetros (Escobar, 2002, p. 16).

Tabla 2-4: Valores de los parámetros de la Calidad del Agua

Parámetro	Unidades	PJ-01	PJ-02	PJ-03
		Resultado	Resultado	Resultado
Temperatura	°C	18,34	19,34	19,08
Oxígeno Disuelto	%Sat	8,91	8,75	8,46
pH		7,41	7,04	6,45
Sólidos Totales	mg/L	0,001	1,7	0,09
Nitratos	mg/L	2,3	2,1	3,8

Fosfatos	mg/L	0,7	1,2	1,2
Turbidez	NTU	16,3	18,4	17,6
DBO	mg/L	6,78	6,98	9,63
Coliformes Fecales	NMP/100ml	180	196	687

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

4.3. Análisis del Índice Trófico de la Calidad del Agua con base a las diatomeas epilíticas

En la presente investigación tras haber obtenido los resultados de la calidad del río Jimbitono en tres diferentes puntos considera que la hipótesis tiene una valoración positiva con los resultados de las diatomeas debido a que en el punto 1 el agua es oligotrófico, y conforme desciende el curso toma valores de β - mesotrófico y α - mesotrófico en los puntos 2 y 3 respectivamente. Esto pone de manifiesto de que las actividades antropogénicas afectan en la diversidad de las comunidades de diatomeas epilíticas.

Tabla 3-4: Valores del Índice Trófico de la Calidad del Agua

Estaciones de monitoreo	Niveles de contaminación	Valor
PJ-01	Oligotrófico (contaminación despreciable)	1,3
PJ-02	β - mesotrófico (contaminación moderada)	2,1
PJ-03	α - mesotrófico (contaminación fuerte)	2,6

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

En los tres puntos de monitoreo se determinó un total de 56 especies de diatomeas en el Río Jimbitono de la parroquia General Proaño del cantón Morona, Provincia Morona Santiago. Cabe aclarar que, aunque las diatomeas se consideran como cosmopolitas (Blanco et al. 2010, p. 312), su sensibilidad de encontrarse en ciertos lugares y en otros, no puede ser de distancias relativamente pequeñas como lo demuestra presente estudio, esto debido a que algunas especies tiene determinado parámetros fisicoquímicos en el que pueden subsistir (Arévalo, 2018, p. 36).

Las especies que se encontraron en todos los puntos fueron la *Cocconeis placentula*, *Achnantheidium deflexum*, *Achnantheidium atomus* y *Gogorevia exilis*. Esto indica que son especies que se pueden adaptar a diferentes factores fisicoquímicos del agua, pero que también la proporción en la que se encuentran indica la condición del agua, así por ejemplo para esta investigación la *Achnantheidium atomus* se encuentra en el PJ-01 con el 53,08%, en el PJ-02 con el 29,63% y en el PJ-03 con el 17,28% de su totalidad, es decir que a medida en que va disminuyendo la calidad del agua, la especie también lo hará.

De igual manera las especies que más abundancia representaron fueron *Craticula molestiformis* (122), *Navicula gregaria* (95), *Cocconeis placentula* (90), *Achnantheidium deflexum* (84), *Achnantheidium atomus* (81), *Nitzschia linearis* (81), y *Navicula cryptotenella* (79), *Navicula veneta* (74), *Cymbella tumida* (69).

Las pocas investigaciones realizadas en el Ecuador como es el caso de Molina (2019, p. 27), Uvillus (2017, p. 38), Chasiquiza & Cola (2017, p. 35) no concuerda con las especies encontradas en el presente estudio, que puede deberse a que todas las investigaciones mencionadas fueron realizadas en la región andina mientras que esta investigación se realizó en la amazonía del Ecuador, es decir que se asume que el causal de esta variación es el parámetro de la temperatura.

En el caso de la especie de *Nitzschia palea* y *Nitzschia palea var* las cuales mantienen mínimas diferencias entre sí, y genera un cierto grado de duda en no saber si se trata de la misma especie o si son dos diferentes, la justificación está en que el microscopio no fue de lo más eficiente para adecuada focalización de esta especie. Aun así, se logró determinar que estas especies se encontraban en el PJ-02 y PJ-03 con una considerable cantidad de valvas, de esta forma se corrobora con lo que argumenta Segura et al. (2012, p. 22) en que esta especie está relacionada con los lugares en donde existe escorrentías de suelos pecuarios en los cuales se ve incrementados los parámetros de nitratos y fosfatos. Esto encaja perfectamente en el hecho de que efectivamente en el PJ-02 y PJ-03 se evidencia la presencia de actividades antropogénicas.

La especie *Navicula cryptonella* es otra de las especies que es bien correspondido al lugar en donde se la encontró debido a que abunda en lugares en donde existe considerable contaminación tal como lo asegura Lobo et al. (2016, p. 38).

La especie *Navicula veneta* se caracteriza por ser tolerante a concentraciones polisapróbicas de elevado contenido de nitrógeno según comenta Arévalo (2018, p. 28), lo cual si corresponde con los resultados que se han obtenidos ya que se encuentran tanto en PJ-02 y PJ-03.

Tabla 4-4: Total de especies y diatomeas epilíticas registradas en el barrido microscópico

Diatomeas Epilíticas	Código	PJ-01	PJ-02	PJ-03	Total
<i>Achnanthes Subhudsonis</i>	ASHD	0	26	13	39
<i>Achnantheidium atomus</i>	AATM	43	24	14	81
<i>Achnantheidium deflexum</i>	AFLX	77	3	4	84
<i>Achnantheidium exignum</i>	AXGM	0	0	14	14
<i>Achnantheidium latecephalum</i>	ALPH	9	0	0	9

<i>Achnantheidium minutissimum</i>	AMTS	0	12	0	12
<i>Adlafia suchlandtii</i>	ADCH	4	0	0	4
<i>Caloneis silicula</i>	CSLC	0	0	16	16
<i>Cocconeis euglypta</i>	CGLY	0	9	0	9
<i>Cocconeis placentula</i>	CPLT	13	29	48	90
<i>Coconeis cascadenis</i>	CCSD	0	23	0	23
<i>Craticula molestiformis</i>	CMSF	0	0	122	122
<i>Cymbella tumida</i>	CTMD	53	16	0	69
<i>Encyonema minutissimum</i>	EMTS	17	0	0	17
<i>Encyonema minutum var</i>	EMTM	0	39	21	60
<i>Encyonema silesiacum</i>	ESLM	8	42	0	50
<i>Epithemia turgida</i>	ETRG	0	11	0	11
<i>Fragilaria arcus</i>	FARC	0	0	12	12
<i>Fragilaria leptostauron var dubia</i>	FLPT	21	0	0	21
<i>Fragilaria recapitellata</i>	FRPT	0	0	5	5
<i>Fragilaria social</i>	FSCL	7	0	0	7
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	FVHE	0	5	0	5
<i>Fragilariforma bicapitata</i>	FBCP	0	0	4	4
<i>Geissleria punctifera</i>	GPCF	0	0	16	16
<i>Gogorevia exilis</i>	GXLS	18	16	14	48
<i>Gomphonopsis pseudo-okunoi</i>	GPSD	38	0	0	38
<i>Gomphonema apuncto</i>	GPCT	0	6	0	6
<i>Gomphonema kobayasii</i>	GKBY	0	5	10	15
<i>Gomphonema variostriatum</i>	GVST	14	0	0	14
<i>Gomphosinica geitleri</i>	GGTL	9	0	0	9
<i>Gomphonema conector</i>	GCNT	0	9	0	9
<i>Humidophilina perpusilla</i>	HPRS	51	0	0	51
<i>Hygropetra balfouriana</i>	HBLF	0	23	0	23
<i>Luticola goeppertiana</i>	LGPT	26	0	0	26
<i>Mayamea permissis</i>	MPMT	8	0	0	8
<i>Meridion lineare</i>	MLNR	0	0	2	2
<i>Navicula cryptocephala</i>	NCRH	0	0	18	18
<i>Navicula cryptotenella</i>	NCRL	0	79	0	79
<i>Navicula eileeniae</i>	NELN	30	0	0	30
<i>Navicula gregaria</i>	NGGR	0	74	21	95
<i>Navicula lanceolata</i>	NLCT	58	0	0	58
<i>Navicula veneta</i>	NVNT	0	42	32	74
<i>Nitzschia incognita</i>	NTZI	0	0	5	5
<i>Nitzschia linearis</i>	NTZL	0	0	81	81
<i>Nitzschia palea var</i>	NTZP	0	56	0	56
<i>Nitzschia palea</i>	NTZA	0	0	49	49
<i>Planothidium frequentissimum</i>	PFQT	29	0	0	29
<i>Planothidium incuriatum</i>	PNCT	9	0	8	17
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PLCT	0	10	0	10
<i>Rhoicosphenia abbreviada</i>	RBVD	33	0	0	33

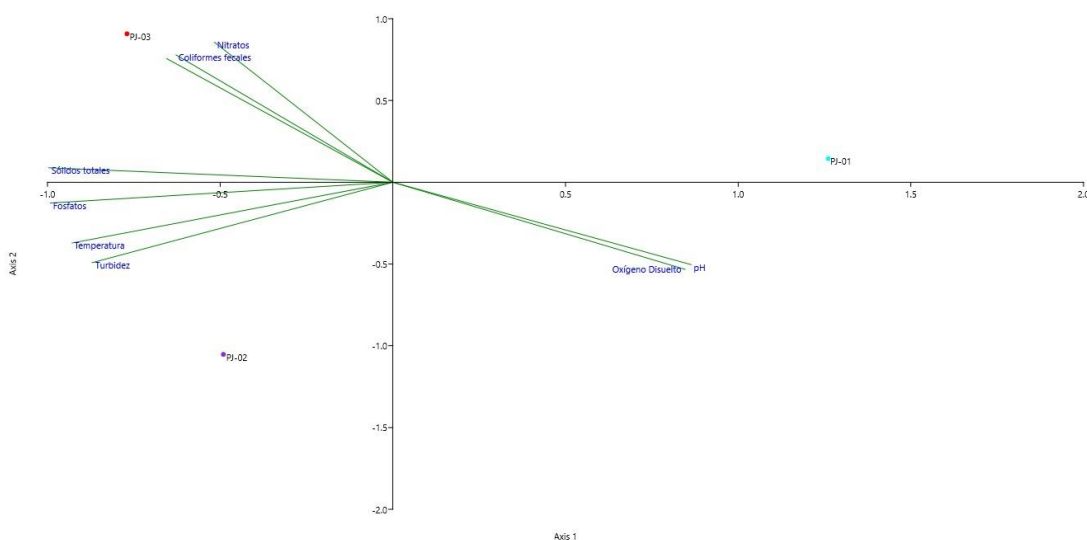
<i>Rhopalodia gebberula</i>	RGBR	0	13	0	13
<i>Sellaphora wallacei</i>	SWLC	0	14	0	14
<i>Surirella angusta</i>	SGST	0	0	29	29
<i>Tabellaria flocculosa</i>	TFLC	13	0	23	36
<i>Tabularia fasciculata</i>	TFST	5	17	0	22
<i>Ulnaria Ulna</i>	UULN	0	0	23	23
Total de Diatomeas Epilíticas					1800

Realizado por: Heredia Bolívar, 2022.

4.4. Análisis multivariado

4.4.1. Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

Para el análisis multivariado se hizo uso del análisis de correspondencia canónica, para lograr la identificación de la relación existente entre los factores fisicoquímicos y biológicos aunado a esto las diatomeas obtenidas, de esta manera se determinó como las especies son influenciadas por los diferentes parámetros, es decir, la relación que guardan los factores bióticos y abióticos.



Gráfica 11-4: Diagrama de dispersión basado en la CCA de las muestras de diatomeas de tres estaciones de muestreo correlacionadas con las variables ambientales de los ejes 1 y 2

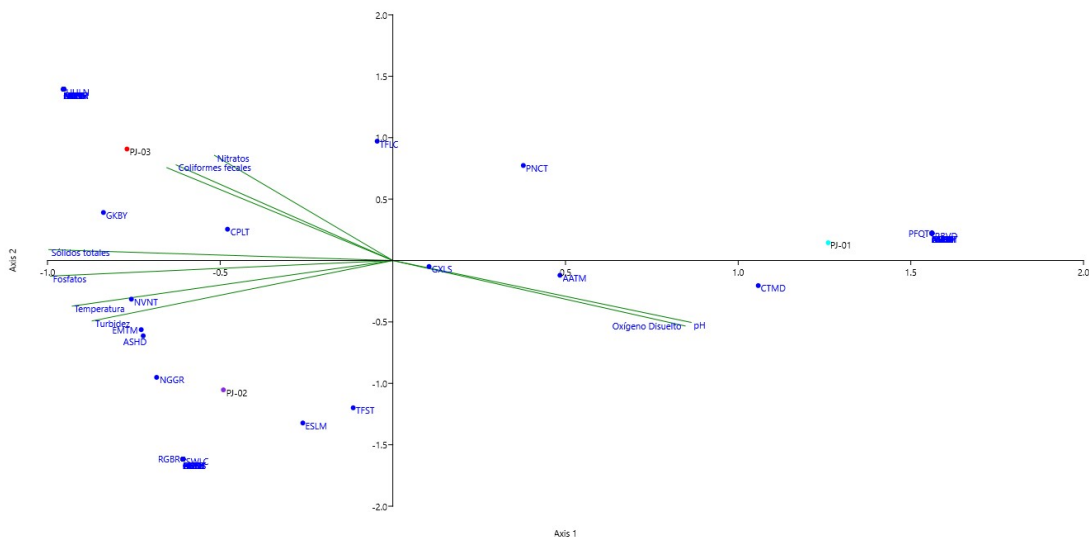
Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

Tal como se puede apreciar en la Gráfica 11-4 el análisis de correspondencia canónica indica que el nivel de eutrofización se torna desde los cuadrantes derechos hacia los izquierdos mostrando que el PJ-01 se mantiene una calidad de agua aceptable debido a los valores óptimos de oxígeno disuelto y pH, mientras que en los otros dos puntos se encuentran influenciados por el resto de parámetros con concentraciones elevadas como es fosfatos, temperatura y turbidez en el PJ-02 y

nitratos, DBO y coliformes totales para el PJ-03, estos últimos parámetros son los que mayor importancia tienen al momento de evaluar aguas con contaminación antropogénica.

Con el Gráfico 12-4 se muestra la correlación de las variables ambientales con los diferentes tipos de especies, demostrando así que hay especies que se solo se encuentran presentes en lugares acuáticas en donde estos factores son los idóneos para su permanencia, es decir que al mínimo cambio ambiental tienen a desaparecer. También se puede evidenciar que existen otras especies (las que están más al centro de la gráfica) que se pueden encontrar en los dos o tres puntos debido a que son tolerantes a las variaciones de los factores abióticos.

Los nombres de las diatomeas han sido cambiados por un código, mismo que se encuentra en la Tabla 4-4, esto debido a que las especies mantienen un nombre largo y dificultaría la buena interpretación y análisis de los resultados.



Gráfica 12-4: Diagrama de dispersión de análisis de correspondencia canónica de las 56 especies de diatomeas epilíticas del Río Jimbitono

Realizado por: Heredia, Bolívar, 2022.

El análisis de correspondencia canónico indica que existe una correlación de variancia del 55,37 % para el primer eje y un 44,63 % para el segundo eje de la de la matriz ambiental con la matriz de especies biológicas, dando un grado de confiabilidad alto por lo que la correlación de matrices está casi a partes iguales, así Prentice et al. (1988, p. 265) relata acerca de la complejidad de los componentes abióticos que tienen para determinar la composición de las comunidades epilíticas.

Tabla 5-4: Análisis de Correspondencia Canónica de la matriz de propiedades fisicoquímicas y diatomeas epilíticas

	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues (λ)	0,80762	0,65101
Percentage of explained variance (%)	55,37	44,63
Cumulative variance (%)	0,0834	0,335
Monte Carlo test (p) eigenvalues	0,8076	0,651

Realizado por: Heredia Bolívar, 2022.

Tabla 6-4: Coeficientes canónicos y correlaciones de interés de los parámetros fisicoquímicos con los axis 1 y 2 empleando 56 variables bióticas

	Axis 1	Axis 2
T (°C)	-0,928518	-0,371288
Oxígeno disuelto (mg/L)	0,846337	-0,532648
pH	0,863815	-0,503809
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	-0,65459	0,755984
Nitratos (mg/L)	-0,516627	0,856211
Fosfatos (mg/L)	-0,991928	-0,126799
Coliformes fecales (UFC/mL)	-0,627627	0,778514
Sólidos totales (mg)	-0,99607	0,0885746
Turbidez (UTN)	-0,87072	-0,491779

Realizado por: Heredia Bolívar, 2022.

CONCLUSIONES

- Las especies de diatomeas epilíticas que fueron encontradas fueron clasificadas taxonómicamente con sus nombres científicos, dimensiones y número total de valvas, encontrándose una gran variedad de especies en el río de estudio. Además, se necesitó bibliografía extranjera como base de datos y otros libros.
- Se determinó que la calidad del agua del Río Jimbitono tiende a disminuir conforme el torrente comienza a descender, esto se debe a la contaminación que recibe el río desde el PJ-02 hasta PJ-03, esta determinación se logró con los valores de los parámetros y en conjunto con la aplicación del programa estadístico IQData, se obtuvo que los puntos PJ-01, PJ-02 y PJ-03 la clasificación fue de regular, regular y mala respectivamente.
- El uso de las diatomeas como bioindicadoras de la calidad del agua tuvo resultados positivos en la presente investigación, debido a que luego de la contabilización de las mismas y junto a la fórmula del Índice Trófico de la Calidad del Agua se obtuvieron resultados similares a los valores obtenidos en el programa estadístico IQData, es decir, se demuestra que la calidad del agua del Río Jimbitono se ve afectada por la presencia de actividades antropogénicas del lugar.
- Con el programa estadístico Past se relacionó los parámetros ambientales del agua con la diversidad biológica de las diatomeas mediante el Análisis de Correspondencia Canónica. Así en cada uno de los puntos de monitoreo varía la presencia de las especies, esto porque hay especies de diatomeas que son susceptibles a la variabilidad de las concentraciones de ciertos factores ambientales y otras por el contrario toleran dichos cambios ambientales.

RECOMENDACIONES

- Con base en la evidencia disponible de los estudios de campo, se recomienda seguir desarrollando investigaciones que aporten con más indicadores taxonómicos de diatomeas como un protocolo estandarizado.
- En lo referente al laboratorio se debe separar las sustancias reactivas peligrosas empleadas (como el dicromato de potasio) en un lugar separado y posterior a ello ser entregadas al responsable del lugar.
- Al momento del monitoreo equiparse con todos los materiales y equipos adecuados para no alterar los valores de la muestra, de igual manera equipar todas las medidas de bioseguridad para proteger la integridad física del muestreador.

GLOSARIO

ICA: Índice de Calidad del Agua

ITCA: Índice Trófico de la Calidad del Agua

ANTROPOGÉNICO: Modificaciones que se producen en la naturaleza y son provocadas por las acciones del ser humano.

VALVA: Corresponden a una parte de las diatomeas que permiten distinguir a las diferentes especies.

TDS: Sólidos Totales Disueltos

UTM: Universal Transversal de Mercator

NMP: Número Más Probables

ACC: Análisis de Correspondencia Canónica

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, Patricia. "El régimen jurídico del agua en la unión europea". *Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais* [en línea], 2016, (España) 33(3), pp. 20-32. [20 junio 2022]. ISSN 0102-1052. Disponible en: https://www.mendeley.com/catalogue/6946259f-a531-3874-8b88-caaa4b255577/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B1055ebe4-4cd4-4799-bf2a-a07f735d1f1d%7D

ARÉVALO, Paola. Diatomeas epilíticas como bioindicadoras de eutrofización en la microcuenca del Río Guano, provincia del Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. (Quito-Ecuador). 2018. pp. 43-50. [Consulta: 5 mayo 2022] Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2886/2/TESIS%20DIATOMEAS%20RIO%20GUANO%20FINAL.pdf>

ARZE, C; et al. *Contaminación del agua.* [en línea]. Cantabria-España: Universidad de Cantabria, 2010 [5 mayo 2022] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8146%0Ahttp://biblioteca.ribei.org/299/>

BLANCO, Saúl; et al. *Atlas de las diatomeas de la cuenca del Duero* [en línea]. León-España: Universidad de León, 2010. [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10612/7009>.

BORT, Sara; et al. "El fitoplancton de Lagunas de Ruidera (Parque Natural, Ciudad Real, España)". *Revista Limnetica* [en línea], 2005, (España) 24(2), pp. 33-46. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 02138409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-24-1-p-33.pdf>

CALIZAYA, J; et al. "Evaluacion 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, (Perú) 30(1), pp. 58-63. [Consulta: 23 julio 2022] ISSN 1726-4634. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1726-46342013000100012>.

CANTALLOPTS, J; & RAMÍREZ, V. "Consumo de agua en la minería del cobre al año 2019". *Trabajo de Dirección de Estudios y Políticas Públicas* [en línea], 2020, (Chile) pp. 1-58. [Consulta: 14 junio 2022] Disponible en: [https://www.cochilco.cl/Listado Temtico/2020 10 30](https://www.cochilco.cl/Listado_Temtico/2020_10_30)

Consumo de agua en la minería del cobre al 2019_version final.pdf.

CASTILLO, J; et al. *Aportes analíticos al estudio de aguas residuales y potables* [en línea]. Cali-Colombia: USC Universidad Santiago de Cali, 2020. [Consulta: 02 de junio de 2022]. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Aportes+anal%C3%ADticos+al+estudio+de+aguas+residuales+y+potables&btnG=

CHASIQUIZA, M; & COLA, G. 2017. Determinación del Índice Tráfico de la Calidad del Agua a partir de la presencia de Diatomeas Epilíticas en el Río Cutuchi sector Parque Nacional Cotopaxi, Cantón Latacunga (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente. Latacunga, Ecuador. 2017. pp. 35 [Consulta: 18 de Junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.

CRISCI, C; et al. "Monitoreo de calidad de agua y predicción de coliformes fecales en playas de Montevideo mediante algoritmos de aprendizaje automático". *Revista del Laboratorio tecnológico del Uruguay* [en línea], 2021, (Uruguay) 22(22), pp. 1-27. [Consulta: 05 de mayo de 2022]. ISSN 0000000286237. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6061/606166107009/html/>

CUENCA, M; et al. "Aguas residuales mineras en la inocuidad de la naranja cultivada a cercanías del río amarillo". *mktDESCUBRE* [en línea], 2019, (Ecuador) 3232(12), pp. 31-41. DOI 10.36779/mktdescubre.v14.340.

DELGADO, G. "Estudio de biodiscos como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas". *Tecnia* [en línea], 2019, (Perú) 29(1), pp. 1-7. [Consulta: 03 mayo 2022]. ISSN 0375-7765. Disponible en: <https://www.revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnica/article/view/545>

ESCOBAR, Jairo. *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar* [en línea]. Santiago de Chile- Chile: Cepal Eclac, 2002. [25 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6411>

GAMBOA, M; et al. "Revisión de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental". *Boletín De Malariología y Salud ambiental* [en línea], 2008, (Venezuela), 48(2), pp. 109-120. [Consulta: 15 junio 2022]. ISSN 1690-4648. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso

GARCÍA, A; et al. "The health sector and the perpetual unclear relationship between the medical profession and the pharmaceutical industry". *Revista de Calidad Asistencial* [en línea], 2009, (España), 24(4), pp. 178-181. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 18871364. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1134282X09718032>

GIL-MARÍN, J; et al. "Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela". *Anales Científicos* [en línea], 2018, (Venezuela) 79(1), pp. 111-114. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 0255-0407. Disponible: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1146>

GRIFFITH, Michael; et al. "Multivariate analysis of periphyton assemblages in relation to environmental gradients in Colorado rocky mountain streams". *Journal of Phycology* [en línea], 2002, (United States of America) 38(1), pp. 83-95. [Consulta: 01 junio 2002]. ISSN 00223646. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2002.01117.x>

HERNÁNDEZ, Silvia. "Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas)". *Universidad y Ciencia* [en línea], 2015, (Nicaragua) 6(9), pp. 20-23. [Consulta: 30 junio 2022]. ISSN 2074-8655. Disponible es: <https://doi.org/10.5377/uyc.v6i9.1952>

LEAL, Sylvia; et al. *Las diatomeas bentónicas como fuente de alimento en el cultivo larvario de camarón y otros organismos acuáticos.* [en línea]. Nuevo León-México: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2010. [Consulta: 14 julio 2022]. Disponible en: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/123>

LEKSHMIPRASAD, Surya; & KANI, Mophin. "Water Quality Assessment of Ashtamudi Lake Using Nsfwqi". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* [en línea], 2017, (India) 7(1), pp. 130-135. [Consulta: 08 junio 2022]. ISSN 2250-2459. Disponible en: https://www.academia.edu/37315450/Water_Quality_Assessmentof_Ashtamudi_Lake_Using_Nsfwqi?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page

LOBO, Cintia. Tratamiento biológico de aguas residuales industriales (Trabajo de titulación) (Doctoral). [En línea] Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exáctas, Escuela de Química. Universidad Nacional de La Plata (La Plata-Argentina). 2014. pp. 12-14. [Consulta: 03 julio 2022]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/35493>

LOBO, Eduardo; et al. *Índice Trófico de Qualidade da Água* [en línea]. Universidade de Santa Cruz do Sul- Brasil: Unisc, 2016. [Consulta: 14 mayo 2022] Disponible en: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1767/1/%C3%8Dndice%20tr%C3%B3fico%20de%20qualidade%20da%20%C3%A1gua.pdf>

MAE REFORMA TULSMA, LIBRO VI. Decreto Ejecutivo 3516. REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI [en línea], 2015, (Ecuador). [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>.

MANN, David. "The species concept in diatoms". *Phycological Reviews* [en línea], 1999, (Reino Unido) 38(6), pp. 437-495. [Consulta: 13 agosto]. ISSN 00318884. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2216/i0031-8884-38-6-437.1>

MERINO, Karla. Determinación de la Calidad del Agua mediante el uso de diatomeas bentónicas en el tramo Padre Carollo-Paus, de Río Blanco, parroquia de Río Blanco, del cantón Morona, provincia de Morona Santiago (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea] Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. ESPOCH (Riobamba-Ecuador). 2018. p. 16-18. [Consulta: 19 junio 2022]. 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>

MOLINA, Joffre. Caracterización de comunidades de diatomeas epilíticas del Río Cariguaycu para la identificación de especies bioindicadoras de eutrofización (Trabajo de titulación) (Postgrado). [en línea]. Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales (Quito-Ecuador). 2019. pp. 18-22. [Consulta: 04 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3622/1/Tesis%20MGA%20Rio%20Carihuaycu.pdf>

MONTOYA, Yimmy; et al. "Capartogramma crucicula (Grunow ex Cleve) Ross, first record of the genus for Colombia". *Universitas Scientiarum* [en línea], 2011, (Colombia) 16(1), pp. 70-76. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 20271352. Disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1351>

MORA, Demetrio; et al. "Epilithic diatoms in the Upper Laja River Basin, Guanajuato, Mexico".

Revista Mexicana de Biodiversidad [en línea], 2015, (México) 86(4), pp. 1024-1040. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN 18703453. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2015.09.004>.

MORA, José; et al. "Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla". *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2021, (Costa Rica) 34(1), pp. 92-103. [Consulta: 02 mayo 2022]. ISSN 0379-3982. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4806/5394

MORALES, Sandra; & SALAZAR, Margarita. "Diatomeas perifíticas de lagos con diferente estado trófico en el departamento del Cauca (Colombia)". *Luna Azul* [en línea], 2012, (Colombia) 1(35), pp. 10-27. [Consulta: 23 junio 2022]. ISSN 1909-2474. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727349002>

MORENO, Daniela; et al. "Metodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia". *ContactoS* 78 [en línea], 2010, (México), pp. 25-33. [Consulta: 14 julio 2022]. Disponible en: <http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>

NAVARRETE, Alexander. "Estudio de la sensibilidad del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno en aguas tropicales del Pacífico". *Boletín Científico CCCP* [en línea], 2003, (Colombia) 1(10), pp. 47-55. [Consulta: 03 julio 2022]. Disponible en: <http://cecoldodigital.dimar.mil.co/396/>

PRENTICE, Colin; et al. "A Theory of Gradient Analysis". *Advances in Ecological Research* [en línea], 1988, (United State of America) 34(03), pp. 235-282. [Consulta: 02 julio 2022]. ISSN 00652504. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065250403340036>

SALA, Silvia; et al. "Taxonomy and distribution of epilithic diatoms reported for the first time in Colombia I". *Caldasia* [en línea], 2015, (Colombia) 37(1), pp. 125-141. [Consulta: 14 mayo 2022]. ISSN 03665232. Disponible en: https://redib.org/Record/oai_articulo726827-taxonom%C3%ADa-y-distribuci%C3%B3n-de-diatomeas-epil%C3%ADticas-registradas-por-primera-vez-en-colombia-i

SAMANEZ, Iris; et al. *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* [en línea]. Lima-Perú: Ministerio del Ambiente, 2014. [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp->

content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf

SECRETARÍA DEL AGUA. REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO N° 305. *Ley Orgánica de Recursos Hídricos*. [en línea], 2014, (Ecuador), pp. 68. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>.

SEGURA, Virginia. "Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico". *Hidrobiologica* [en línea], 2012, (México) 22(1), pp. 16-27. [Consulta 01 agosto 2022]. ISSN 01888897. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972012000100003&script=sci_abstract

SOLAK, Cüneyt; et al. "Use of diatoms in monitoring the Sakarya River Basin, Turkey". *Water (Switzerland)* [en línea], 2020, (Turquía) 12(3), pp. 3-20. [Consulta: 29 marzo 2022]. ISSN 20734441. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/703>

SOLER, Emilio. Estudio de las Diatomeas (Heterokontophyta, Bacillariophyceae) del Bosque Húmedo Subtropical del Barranco de Azuaje, Gran Canaria, Islas Canarias. (Trabajo de titulación) (Doctorado). [en línea] Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Biología. (Gran Canarias-España). 2015. pp. 93-117. [04 junio 2022]. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/22751>

SOLÍS, María. Los sistemas productivos y su relación con las actividades mineras en la comunidad de Tsuntsuim, en el cantón San Juan Bosco, Morona Santiago. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Antropología Aplicada. (Quito-Ecuador). 2013. pp. 34-98. [Consulta: 07 julio 2022] Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.

STADTLÄNDER, Christian; & BELLINGER, Sigee. "Freshwater Algae: Identification and use as Bioindicator". *Revista de Ficología Aplicada* [en línea], 2011, (Reino Unido) 25(4), pp. 1265-1266. [Consulta: 14 julio 2022]. ISSN 14665026. Disponible: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-012-9926-x>

SWEENEY, N; & LINNANE, S. "Epilithic diatom communities of Milltown Lake's catchment, Co. Monaghan, Ireland". *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* [en línea], 2010, (Irlanda) 30(10), pp. 1525-1529. [Consulta: 16 julio 2022]. ISSN 0368-0770. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03680770.2009.11902369>

TRACH, Roman; et al. "A Study of Assessment and Prediction of Water Quality Index Using Fuzzy Logic and ANN Models". *Sustainability* [en línea], 2022, (Polonia) 14(9), pp. 3-8. [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN 1409-5656. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5656>

UVILLUS, Santiago. Caracterización de la composición florística de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización en el río "La compañía", Cantón Mejía. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales. (Quito-Ecuador). 2017. pp 8-17 [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/186602/PPAU0156-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rae/v45n1/v45n1a08%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j>.

VELÁZQUEZ, Ulises. Manual de prácticas de calidad del agua. (Trabajo de titulación) (Pregrado). [en línea] Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Chiapas-México). 2015. pp. 13-15. [Consulta: 18 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/2199/MANUAL%20DE%20CALIDAD%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1>

VILLAR, J; et al. "El impacto del riego en la calidad del agua de drenaje en una nueva zona regable". *Ingeniería del agua* [en línea], 2015, (España) 19(4), pp. 242-245. [Consulta 02 mayo 2022]. ISSN 1134-2196. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/4113>

YUN, Suk; et al. "The relationship between epilithic diatom communities and changes in water quality along the lower Han River, South Korea". *Journal of Freshwater Ecology* [en línea], 2014, (Corea de Sur) 29(3), pp. 363-375. [Consulta 15 junio 2022]. ISSN 21566941. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/02705060.2014.902778>.



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA

IQaData.::: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
ESPOCH-Escuela Superior Politécnica del Chimborazo-Sede Morona Santiago			
Dirección: Don Bosco y José Félix Pintado, (Detrás del Estadio Tito)			
Barrio: Loma		Código postal: 1400	
Ciudad: Macas		Teléfono:	
Sitio: www.unisc.br		E-mail:	
Departamento: Morona Santiago			
Contacto:			
Muestras de agua			
Local:	PJ-01	Fecha:	02/08/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	60,40
Altitud (m):	1402	Clasificación	Regular
Local:	PJ-02	Fecha:	02/08/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	14:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	54,28
Altitud (m):	1173	Clasificación	Regular
Local:	PJ-03	Fecha:	02/08/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	15:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	49,74
Altitud (m):	1103	Clasificación	Malo

ANEXO B: TOMA DE MUESTRAS DEL AGUA



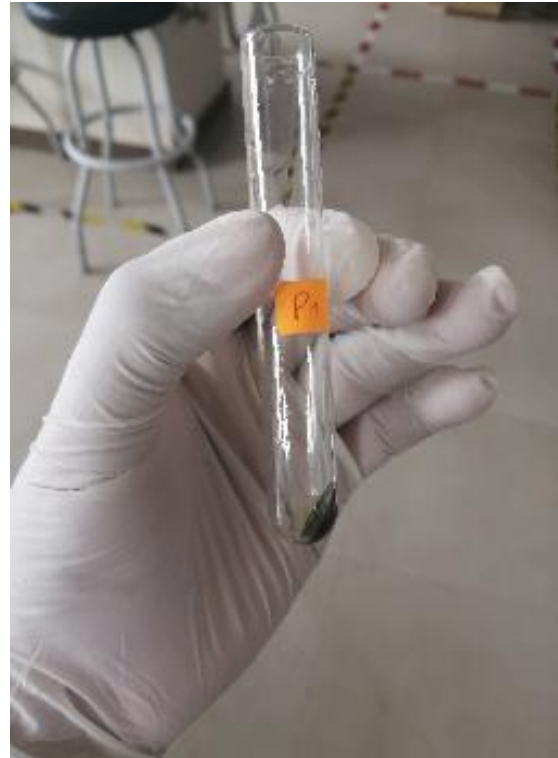
ANEXO C: MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU



ANEXO D: TOMA DE MUESTRAS DE DIATOMEAS EPILÍTICAS



ANEXO E: DECANTACIÓN DE DIATOMEAS EPILÍTICAS



ANEXO F: PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS



ANEXO G: CENTRIFUGACIÓN DE LA MUESTRA



ANEXO H: OBTENCIÓN DE LAS PLACAS



ANEXO I: BARRIDO MICROSCÓPICO DE LAS DIATOMEAS EPILÍTICAS



ANEXO J: INFORME DE PARÁMETROS DE AGUA

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Canónigo Ramos y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 10 de junio de 2022
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Agua superficial Río Jimbitono
Localidad: Cantón Macas

Análisis Químico

DETERMINACIONES	RESULTADOS				
	Método Análisis	Unidades	Muestra .1	Muestra .2	Muestra .3
Nitratos	4500-NO3-F	mg/L	2.3	2.1	3.8
Fosfatos	4500-P-D	mg/L	0.7	1.2	1.2
Turbidez	2130-B	UTN	16.3	18.4	17.6
DBO	5210 B	mg/L	6.78	6.98	9.63
Coliformes fecales	9221-B-E y F	UFC/100 ml	180	196	687

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.*

Observaciones:







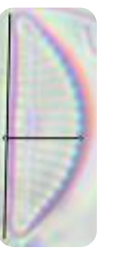


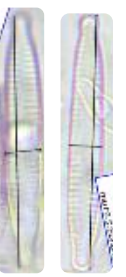


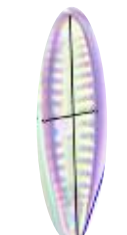








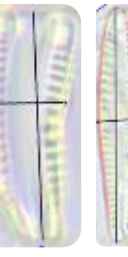


Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

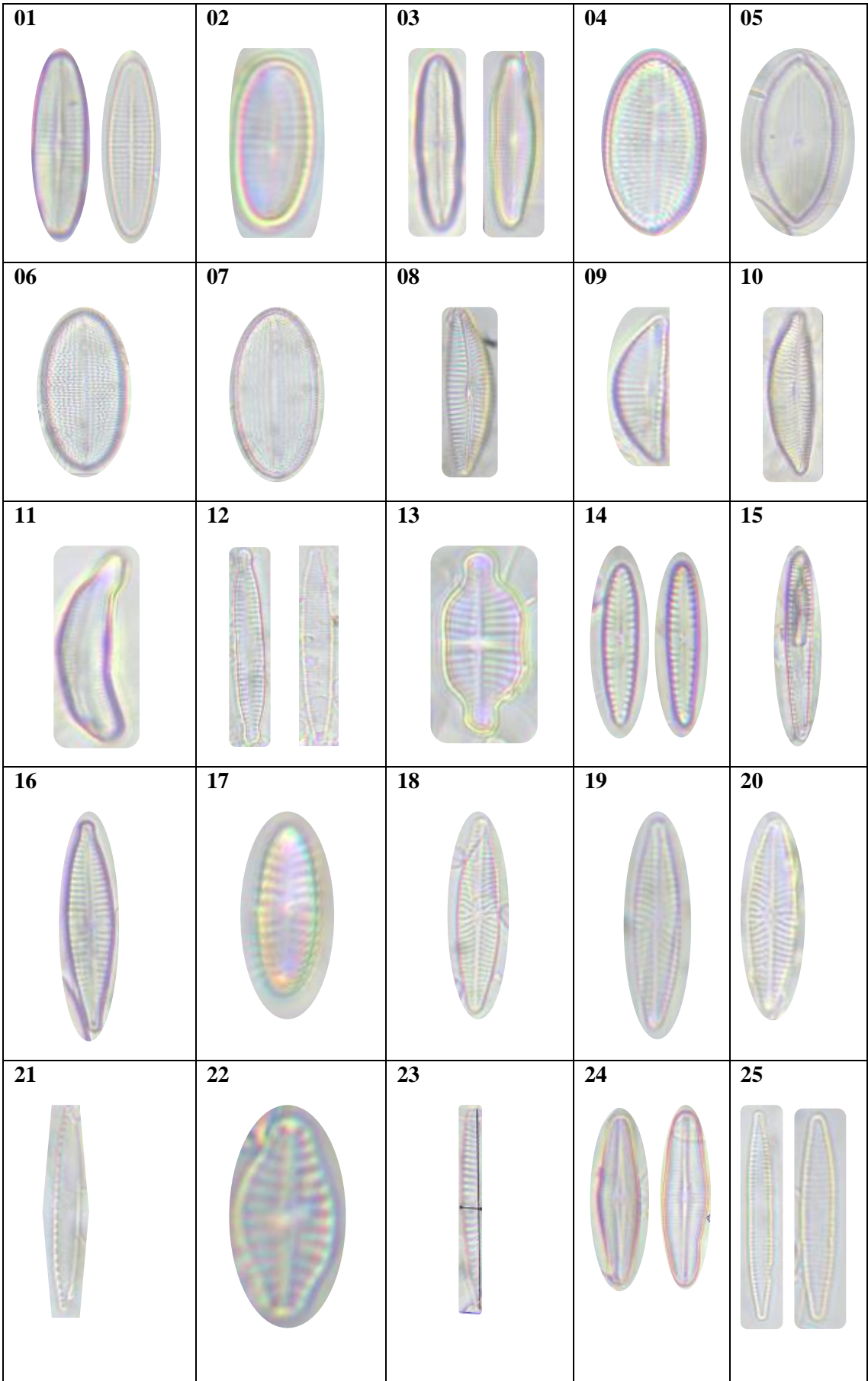
ANEXO K: ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-01

PJ-01			
N°	Especie	Medida (µm largo*ancho)	Valvas
01	<i>Achnantheidium atomus</i> . (Hust) Monnier, Lange-Bert y Ector, 2004.	8.30*3.20	43
02	<i>Achnantheidium deflexum</i> . (Reimer) Kington. 2003	9.20*3.70	84
03	<i>Achnantheidium latecephalum</i> . H Kobayasi 1997.	14.80*3.80	9
04	<i>Adlafia suchlandtii</i> . (Hust) Monnier y Ector, 2012.	12.80*2.70	4
05	<i>Cocconeis placentula</i> . Ehrenberg	34.80*19.01	13
06	<i>Cymbella tumida</i> . (Bréb. Ex Kütz) Van Heurck, 1880.	37.77*10.66	53
07	<i>Encyonema minutissimum</i> . Hilse in Rabenhorst	14.20*4.80	17
08	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch en Rabenh.) DGMann 1990	32.08*8.48	8
09	<i>Fragilaria leptostauron var dubia</i> . (Grunow) Edlund, 1994.	17.90*5.70	21
10	<i>Fragilaria social</i> . (Wallace) Lange-Bert, 1980.	27.60*5.90	7
11	<i>Gogorevia exilis</i> . (Kütz) Kulikovskiy y Kociolek, 2020.	14.80*6.10	18
12	<i>Gomphoneis pseudo-okunoi</i> . Okunoi, 2005.	12.00*4.50	38
13	<i>Gomphonema variostriatum</i> . Camburn y CFCharles, 2000.	16.50*3.90	14
14	<i>Gomphosinica geitleri</i> . (Kociolek y Stoermer), 2015.	18.9*4.60	9
15	<i>Humidophilia perpusilla</i> . (Grunow). 2014	11.06* 3.95	51
16	<i>Luticola goeppertiana</i> . (Bleisch) DG Mann, J Rarick, SS Lee y Edlund, 2017.	12.9*4.10	26
17	<i>Mayamea permitis</i> . Bruder et Medlin.	14.50*3.80	8
18	<i>Navicula eileeniae</i> . (Potapova y Ciugulea)	22.50*5.40	30
19	<i>Navicula lanceolata</i> . (C Agardh) Ehrenb, 1838.	32.04*10.17	58
20	<i>Planothidium frequentissimum</i> . (Lange-Bertalot, H)	13.30*5.20	29
21	<i>Planothidium incuriatum</i> . Wetzel	14.90*5.90	9
22	<i>Rhoicosphenia abbreviada</i> . (C Agardh) Lange-Bert, 1980.	17.20*6.64	33
23	<i>Tabellaria flocculosa</i> . (Roth) Kutz, 1844.	16.94*6.50	13
24	<i>Tabularia fasciculata</i> . (C. Agardh) DM Williams y Ronda, 1986.	98.55*3.66	5
TOTAL			600

<p>01</p> 	<p>02</p> 	<p>03</p> 	<p>04</p> 	<p>05</p> 
<p>06</p> 	<p>07</p> 	<p>08</p> 	<p>09</p> 	<p>10</p> 
<p>11</p> 	<p>12</p> 	<p>13</p> 	<p>14</p> 	<p>15</p> 
<p>16</p> 	<p>17</p> 	<p>18</p> 	<p>19</p> 	<p>20</p> 
<p>21</p> 	<p>22</p> 	<p>23</p> 	<p>24</p> 	<p></p>

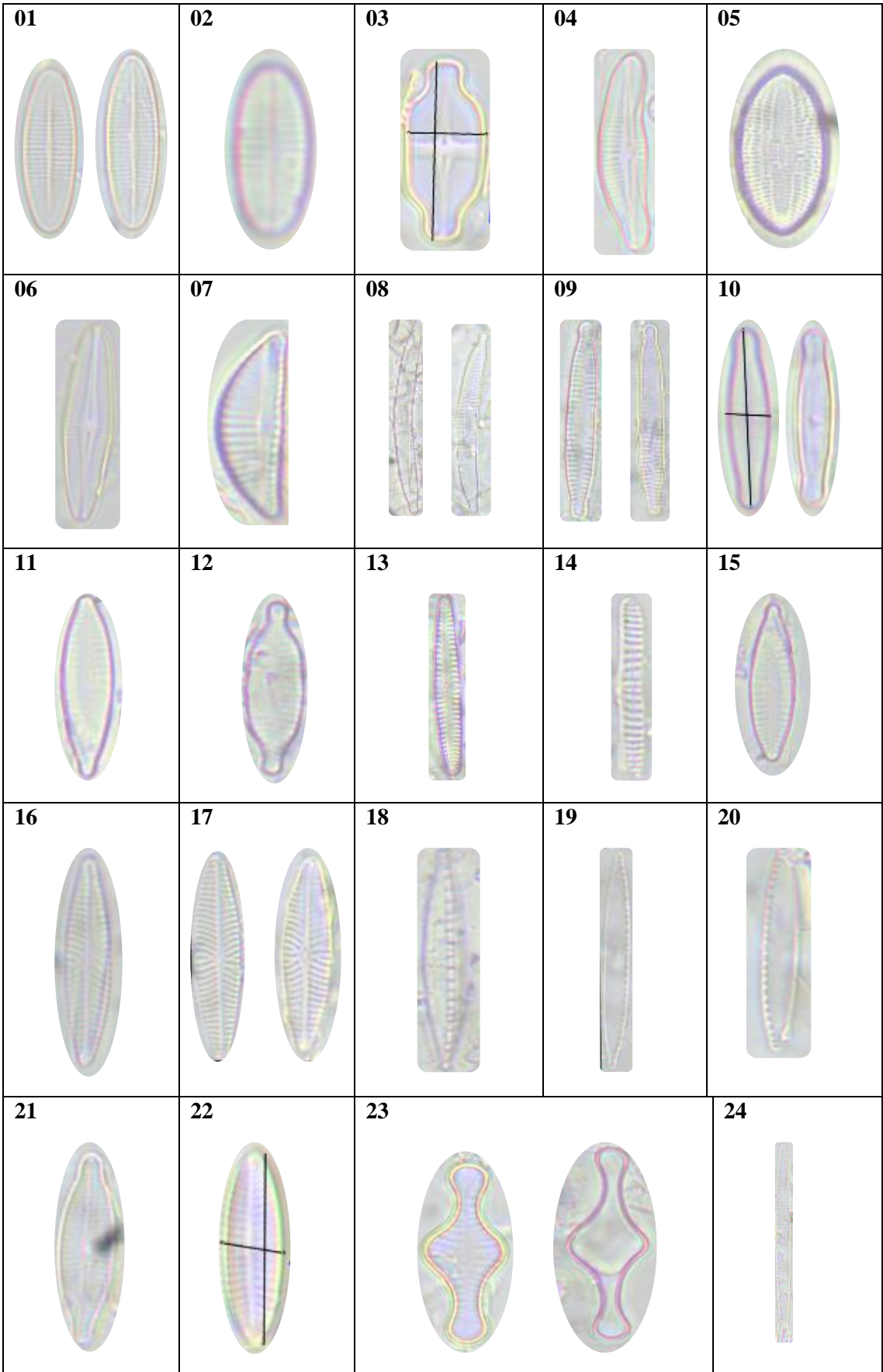
ANEXO L: ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-02

N°	Nombre	Tamaño (µm largo*ancho)	Cantidad
01	<i>Achnanthes subhudsonis</i> . (Cholnoky) Cantonati y Lange-Bert, 2017.	14.59*3.39	72
02	<i>Achnanthidium atomus</i> . (Hust) Monnier, Lange-Bert y Ector, 2004.	8.21*3.66	15
03	<i>Achnanthidium minutissimum</i> . (Kütz) Czarn, 1994.	10.47*3.67	12
04	<i>Cocconeis euglypta</i> . Ehrenberg, 1854.	29.58*12.49	19
05	<i>Cocconeis neodiminuta</i> . Krammer, 1990.	17.00*6.00	8
06	<i>Cocconeis cascadiensis</i> . Stancheva, 2018.	32.88*16.60	3
07	<i>Cocconeis placentula lineata</i> . Ehrenb, 1838.	48.57*12.26	4
08	<i>Cymbella tumida</i> . (Bréb. Ex Kütz) Van Heurck, 1880.	35.44*8.92	46
09	<i>Encyonema minutum var. pseudogracilis</i> . (Cholnoky) Czarn, 1994.	35.05*12.47	59
10	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch en Rabenh.) DGMann 1990	40.08*8.07	10
11	<i>Epithemia turgida</i> . Ehrenb, 1838.	18.28*2.00	7
12	<i>Fragilaria vaucheriae</i> . (Kütz) Petersen, 1938.	24.32*4.62	35
13	<i>Gogorevia exilis</i> . (Kütz) Kulikovskiy y Kociolek, 2020.	14.20*6.00	6
14	<i>Gomphonema kobayasii</i> . Kociolek y Kingston, 1999	19.55*3.51	5
15	<i>Gomphonema apunto</i> . JH Wallace, 1960.	28.53*2.75	8
16	<i>Gomphonema conector</i> . MHHohn y Hellerman, 1963.	26.23*5.88	11
17	<i>Hygropetra balfouriana</i> . (Grunow ex Cleve) Krammer y Lange-Bert, 2000.	10.85*3.24	23
18	<i>Navicula cryptotenella</i> . Lange-Bertalot, 1985.	18.45*5.30	26
19	<i>Navicula gregaria</i> . Donkin, 1861.	20.88*3.73	83
20	<i>Navicula veneta</i> . Kützing, 1844.	18.75*5.41	42
21	<i>Nitzschia palea var. Debilis</i> . (Kütz) Grunow en Cleve y Grunow, 1880.	24.00*2.74	23
22	<i>Planothidium lanceolatum</i> . (Bréb ex Kütz) Lange-Bert, 1999.	10.47*4.95	39
23	<i>Rhopalodia gebberula</i> . (Ehrenb) O Müll, 1895.	30.04*4.80	13
24	<i>Sellaphora wallacei</i> . (Reimer) Potapova y Ponader, 2008.	22.15*3.96	14
25	<i>Tabularia fasciculata</i> . (C Agardh) DM William y Ronda. 1986.	26.12*2.25	17
TOTAL			600



ANEXO M: ESPECIES DE DIATOMEAS RECOLECTADAS EN EL PJ-03

N°	Nombre especie	Tamaño (µm largo*ancho)	Cantidad
01	<i>Achnanthes subhudsonis</i> . (Cholnoky) Cantonati y Lange-Bert, 2017.	15.59*3.65	13
02	<i>Achnantheidium atomus</i> . (Hust) Monnier, Lange-Bert y Ector, 2004.	8.77*3.24	14
03	<i>Achnantheidium exiguum</i> . (Grunow), 2000.	15.07*5.75	14
04	<i>Caloneis silicula</i> . (Ehrenb) Cleve, 1894.	19.55*4.38	36
05	<i>Cocconeis placentula</i> . Ehrenber, 1838.	15.38*2.75	48
06	<i>Craticula molestiformis</i> . (Hust) Mayama, 1999.	14.75*4.01	122
07	<i>Encyonema minutum var. pseudogracilis</i> . (Cholnoky) Czarn, 1994.	35.05*12.47	41
08	<i>Fragilaria arcus</i> . Brutschy, 1922.	51.28*4.40	12
09	<i>Fragilaria recapitellata</i> . Lange-Bert y Metzeltin, 2009.	24.32*3.62	5
10	<i>Fragilariforma bicapitata</i> . (A Mayer) DM Williams y Round, 1988.	14.66*2.81	4
11	<i>Geissleria punctifera</i> . (Hust) Metzeltin, Lange-Bert y García- Rodríguez, 2005.	18.79*4.11	16
12	<i>Gogorevia exilis</i> . (Kütz) Kulikovskiy y Kociolek, 2020.	15.64*4.47	14
13	<i>Gomphonema kobayasii</i> . Kociolek y Kingston, 1999.	26.38*3.36	10
14	<i>Meridion lineare</i> . DM Williams, 1985.	18.52*2.70	2
15	<i>Navicula cryptocephala</i> . Hust, 1937.	24.99*8.11	18
16	<i>Navicula gregaria</i> . Donkin, 1861.	20.88*3.73	21
17	<i>Navicula veneta</i> . Kützing, 1844.	20.12*4.39	32
18	<i>Nitzschia incógnita</i> . Legler y Krasske, 1940.	31.12*3.46	5
19	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.Sm, 1853.	23.11*2.72	3
20	<i>Nitzschia palea</i> . (Kütz) W Sm, 1856.	15.76*3.44	49
21	<i>Planothidium incuriatum</i> . Wetzel, Van de Vijver y Ector, 2013	18.33*4.71	8
22	<i>Surirella angusta</i> . Kutz, 1844.	23.50*7.35	29
23	<i>Tabellaria flocculosa</i> . (Roth) Kutz, 1844.	16.94*6.50	23
24	<i>Ulnaria Ulna</i> . (Nitzsch) Compère, 2001.	51.99*4.25	23
			600





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: 23 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jorge Bolívar Heredia Paucar
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0092-DBRA-UPT-2023

