



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de
agua en la zona ganadera del río Tarqui**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: KEVIN FERNANDO MORALES CASTRO

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CO-DIRECTOR: ING: DIEGO AQUILES HERAS BENAVIDES

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de
agua en la zona ganadera del río Tarqui**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: KEVIN FERNANDO MORALES CASTRO

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CO-DIRECTOR: ING: DIEGO AQUILES HERAS BENAVIDES

CUENCA – ECUADOR

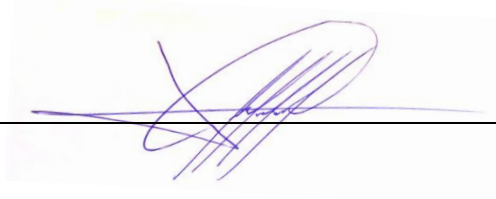
2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Kevin Fernando Morales Castro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Kevin Fernando Morales Castro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Kevin Fernando Morales Castro, bajo mi supervisión.



Blga. Paula Milena Cordero Cueva. MSc

DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios por permitirme estar con salud, por brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para enfrentar los obstáculos que día a día se presentaron en mi vida estudiantil, y gracias a esa fuerza espiritual haber cumplido la meta de ingeniero ambiental.

A mis padres de crianza Rosa Aguilar y Eusebio Castro, a mis padres biológicos Yesenia Castro y Fernando Morales, por ser mis pilares fundamentales en toda mi trayectoria tanto como estudiante y como persona, por guiarme en el camino correcto, a mis madres por haberme dado su amor y paciencia, por siempre haber creído en mí y a mis padres por haberme educado con mejor predisposición para alcanzar mis sueños.

Agradezco a mis profesores, quienes compartieron sus conocimientos, que me han apoyado y presionado en todo momento, a mi tutora de tesis Blga. Paula Cordero, a mi co-tutor Ing. Diego Heras, MSc. Carlos Matovelle, a los catedráticos de la Universidad Internacional del Ecuador (SEK) MSc. Susana Chiporro y MSc. Jennifer Moyon y a los miembros de los laboratorios del CIITT que me guiaron en el transcurso del trabajo de titulación.

Además quiero agradecer a mis amistades que siempre me dieron ánimos y apoyo para que mi meta de ser ingeniero se cumpla.

Gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Origen y descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Definiciones.....	3
2.1.1 Sistema lótico.....	3
2.1.2 Cuenca Hidrográfica.....	3
2.1.3 Eutrofización.....	4
2.1.4 Clases de estado Trófico.....	4
2.2 Ganadería.....	4
2.3 Contaminación hídrica.....	5
2.4 Calidad del agua.....	5
2.4.1 Parámetros físicos.....	5
2.4.2 Parámetros químicos.....	6
2.4.3 Parámetros biológicos.....	7

2.5 Bioindicadores.....	8
2.5.1 Ventajas de las diatomeas	9
2.6 Clasificación taxonómica	11
2.7 Principales grupos de diatomeas.....	11
2.8 Índices bióticos.....	12
2.9 Tratamiento estadístico	13
2.10 Marco legal.....	13
CAPÍTULO III.....	15
2 MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Descripción del área de estudio	15
3.2 Río Tarqui	16
3.2.1 Puntos de muestreo.....	17
3.3 Trabajo de campo	19
3.3.1 Medición de caudales del río Tarqui.....	19
3.3.2 Caracterización físico-química del agua del río Tarqui <i>in-situ</i>	19
3.3.3 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).....	19
3.3.4 Índice de calidad del hábitat fluvial (IHF).....	20
3.3.5 Muestreo de diatomeas.....	20
3.4 Fase Laboratorio	21
3.4.1 Medición de parámetros físico – químicos	21
3.4.2 Medición de parámetros biológicos.....	21
3.4.3 Procesamiento de muestras de las diatomeas epilíticas en laboratorio.....	22
3.5 Cálculos de los índices bióticos.....	24
CAPÍTULO IV	27
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 Cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Tarqui.....	27
4.2 Identificación de diatomeas	28
4.3. Especies indicadoras.....	30
4.4 Resultados en campo.....	32
4.4.1 Caudales	32

4.4.4 Variabilidad espacial y temporal.....	35
4.4.5 Análisis físico – químicos realizados <i>in situ</i> en el río Tarqui	39
4.5 Resultados en el laboratorio	42
4.6 Índices bióticos.....	46
4.6.1 Índice Shannon – Wiener	46
4.6.2 Índice de polusensibilidad específica (IPS)	47
4.7 Análisis multivariado.....	48
4.7.1 Análisis de clúster	48
4.7.2 Análisis de correspondencia canónica	49
CAPÍTULO V	51
5 CONCLUSIONES.....	51
6 RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio del efluente del río Tarqui	16
Figura 2. Río Tarqui	16
Figura 3. Ubicación de los puntos en la zona de estudio	18
Figura 4. Medición de caudal río Tarqui.....	19
Figura 5. Incubación de muestras para la verificación de coliformes fecales	22
Figura 6. Montaje de las placas permanentes respectivas	23
Figura 7. Microscopio utilizado para la identificación de las diatomeas	24
Figura 8. Mapa de cobertura y uso de suelo de la zona de estudio.....	27
Figura 9. Obtención de caudales en los cinco puntos muestreados.....	32
Figura 10. Índices de calidad del bosque de ribera del río Tarqui	33
Figura 11. Índices de calidad de hábitat fluvial del río Tarqui en los diferentes puntos de muestreo.....	34
Figura 12. Variación espacial y temporal de la temperatura del río Tarqui.	35
Figura 13. Variación espacial y temporal del pH del río Tarqui.	35
Figura 14. Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto del río Tarqui	36
Figura 15. Variación espacial y temporal de la conductividad eléctrica del río Tarqui.	36
Figura 16. Variación espacial y temporal de la demanda química de oxígeno en el río Tarqui. Fuente: Elaboración propia	37
Figura 17. Variación espacial y temporal de nitratos en el río Tarqui. Fuente: Elaboración propio	37
Figura 18. Variación espacial y temporal de fósforo reactivo presente en el río Tarqui.	38
Figura 19. Variación espacial y temporal de los coliformes fecales presentes en el río Tarqui.	38
Figura 20. Obtención de la temperatura de manera <i>in situ</i> en los meses de julio, agosto y septiembre.....	39
Figura 21. Obtención <i>in situ</i> del pH en los meses de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui	40
Figura 22. Obtención <i>in situ</i> del oxígeno disuelto en los meses de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui.....	41
Figura 23. Obtención de la conductividad eléctrica <i>in situ</i> en el lapso de julio, agosto y septiembre.....	42
Figura 24. Obtención del DBO en los laboratorios del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre.....	43
Figura 25. Obtención de los nitratos en el laboratorio del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre	44

Figura 26. Obtención del fosforo reactivo en el laboratorio del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre Fuente: Elaboración Propia.....	45
Figura 27. Obtención de coliformes fecales en los laboratorios del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre	46
Figura 28. Determinación del índice de Shannon – Wiener (H').....	47
Figura 29. Determinación del índice IPS.....	48
Figura 30. Diagrama de similitud taxonómica entre las diatomeas encontradas en los puntos muestreados en el lapso de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui.....	49
Figura 31. Correspondencia entre los parámetros físico químicos y especies de diatomeas mediante el CCA.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Actividades de muestreo de diatomeas	15
Tabla 2. Puntos de muestreo y sus respectivas coordenadas.....	17
Tabla 3. Índice de calidad (QBR)	20
Tabla 4. Índice de calidad (IHF)	20
Tabla 5. Índice de Shannon y Wiener H'	25
Tabla 6. Índice de polusensibilidad específica (IPS)	25
Tabla 7. Categorías de cobertura y uso de suelo en la zona de estudio	28
Tabla 8. Diatomeas encontradas en los 5 puntos de estudio en el lapso de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui	28
Tabla 9. Diatomeas bioindicadoras encontradas en diferentes puntos.....	30
Tabla 10. Caudales obtenidos en el estudio del río Tarqui.....	32

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Protocolo empleado para la determinación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR).....	62
Anexo 2. Protocolo empleado para la determinación de índice de calidad de hábitat fluvial (IHF)	63
Anexo 3. Especies encontradas en el P1 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)	66
Anexo 4. Especies encontradas en el P2 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)	67
Anexo 5. Especies encontradas en el P3 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)	68
Anexo 6. Especies encontradas en el P4 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)	69
Anexo 7. Especies encontradas en el P5 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)	70
Anexo 8. Fotografías de diatomeas encontradas en el río Tarqui	72
Anexo 9. Fotografías del sitio de estudio para la determinación del (QBR – IHF)	86
Anexo 10. Fotografías de la toma de muestras y análisis de los parámetros físico – químicos <i>in situ</i>	87
Anexo 11. Obtención de muestras de diatomeas del río Tarqui	87

RESUMEN

Este estudio analiza la diversidad de diatomeas de la cuenca media y baja del río Tarqui para establecer el estado trófico del río. Se monitorearon 5 puntos de la parte media y baja del río Tarqui, en época seca: julio, agosto y septiembre. Se determinó un índice de calidad de bosque de ribera (QBR) pésimo y un índice de calidad de hábitat fluvial (IHF) regular. Los parámetros físicos – químicos y microbiológicos demuestran: pH, DBO₅, Nitratos y coliformes fecales que sobrepasaron los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA y la reforma 097-A para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

Se identificaron 35 especies de diatomeas, 24 son bioindicadoras del estado trófico del río. El índice de Shannon – Wiener (H') fue de 1,81, indicador de una diversidad media. Además, se realizó el análisis multivariado de similitud con la herramienta Cluster para los puntos de muestreo y el análisis de correspondencia canónica (ACC) con 24 especies de diatomeas y los parámetros físico químicos, el rango IPS está entre 1 - 4,9 correspondiente a mala calidad sistema eutrófico.

Palabras claves: diatomeas, río Tarqui, índice de hábitat fluvial (IHF), calidad del agua, parámetros físico químicos, IPS

ABSTRACT

This study analyzes the diversity of diatoms in the middle and lower basin of the Tarqui River to establish the trophic status of the river. Five points in both the middle and lower part of the Tarqui River were monitored during the dry season: July, August, and September. A very poor riparian forest quality index (QBR) and a regular Fluvial Habitat Quality Index (FHI) were determined. The physical-chemical and microbiological parameters show pH, BOD₅, nitrates, and fecal coliforms that exceeded the maximum permissible limits established in the TULSMA and the 097- A reform for the preservation of aquatic and wildlife in freshwaters.

Thirty-five species of diatoms were identified, 24 are bioindicators of the trophic state of the river. The Shannon - Wiener index (H') was 1,81, an indicator of medium diversity. Furthermore, multivariate similarity analysis was performed with the Cluster tool for the sampling points and canonical correspondence analysis (CCA) with 24 diatom species and the physical-chemical parameters, the Specific Poluosensitivity Index (SPI) range is between 1 - 4,9 corresponding to the poor quality eutrophic system.

Keywords: diatoms, Tarqui river, fluvial habitat index (FHI), water quality, physical-chemical parameters, SPI.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Origen y descripción del problema

Las fuentes de agua superficial son indispensables ya que permite el crecimiento de distintas actividades socioeconómicas que están presentes en los asentamientos poblacionales, causando muchas de las actividades alteración y deterioro (Altamirano, 2013). Además, las agua superficial son regularmente contaminadas por fuentes naturales: arrastre de sólidos (suspendidos – disueltos), materia orgánica y antrópicas: descargas directas de agua residual domiciliaria, agrícola, industrial, entre otro (Torres *et al.*, 2009).

Además el páramo posee ríos, los cuales están siendo alterados por las distintas actividades de origen antrópico, principalmente por la actividad ganadera (Sardi, 2018). La contaminación del agua muchas veces puede alterar el hábitat de los seres vivos, por los cambios físico – químicos. Aunque Astudillo (2016), expresa que es preocupante la contaminación que se ha presentado a lo largo del tiempo en los sistemas hídricos del sur del Ecuador, a causa de la actividad ganadera y agrícola. Un manejo adecuado del recurso hídrico aseguraría tanto el bienestar de las poblaciones como la sustentabilidad del ecosistema.

El impacto ambiental que se produce en un ecosistema acuático es por la actividad antrópica, entre los cuales están; Los aumentos de fronteras agrícolas y ganaderas, perjudicando a ríos o vertientes por el transporte de desechos, alterando a las especies de diatomeas, provocando en algunos casos la extinción y desplazamiento de las especies que dependen de otras para su vida (Hernández, 2016).

La eutrofización es uno de los principales problemas que se da en lugares con alta cantidad de nutrientes como son: el nitrógeno y fósforo principalmente que dan paso al crecimiento del plancton, el cual aumenta la turbidez del agua. La desaparición de alimento, alteración del hábitat y en el oxígeno disuelto son evidentes e influyen en la fotosíntesis (Moreno *et al.*, 2010)

La cantidad de agricultura y ganadería existentes, está afectando de forma directa a las subcuencas y microcuencas que sirven como fuente de riego para los cultivos y abrevaderos, y sobre todo como fuentes hídricas para el consumo humano (Menéndez, 2015). Por esta razón, se pretende determinar la calidad de este recurso mediante diatomeas, ya que son ampliamente usadas como indicadoras del estado

ambiental de un ecosistema acuático. Además de ser comunidades muy diversas, tienen la característica de estar fijadas en las rocas y ser fáciles de tratar, convirtiéndolas en excelentes indicadoras de calidad de una fuente hídrica principalmente del sistema fluvial, determinando con el estudio de las mismas las afecciones producidas por la actividad antrópica, el cual permitirá posiblemente la inclusión de las políticas cantonales de manejo del recurso agua (Flores *et al.*, 2017).

La subcuenca del río Tarqui está comprendida por las parroquias: Cumbe, Victoria del portete, Tarqui, Baños y Turi, además es una zona que se encuentra destinada a la ganadería (Pérez, 2016).

La investigación contribuye a la determinación de calidad del sistema hidrológico del río Tarqui, basándose en analizar e identificar las comunidades de las diatomeas epilíticas consideradas como optimas bioindicadoras de calidad en ecosistemas acuáticos (Valqui y Tafur, 2015).

Las diatomeas epilíticas se encuentran pegadas a bases fijas y son aquellas que se las pueden monitorear en cualquier periodo del transcurso del año, para posteriormente clasificar taxonómicamente y correlacionar con el nivel trófico presente en un cuerpo de agua. (Córdova, 2016).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Analizar la diversidad de diatomeas encontradas en la cuenca media y baja del río Tarqui de acuerdo a la calidad del agua de este ecosistema lótico para establecer el estado del río.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del uso de suelo de la cuenca media y baja del río Tarqui.
- Identificar las diatomeas de la zona media y baja del río Tarqui.
- Realizar una comparación física - química y biológica de calidad del agua.
- Evaluar el estado ecológico del río Tarqui mediante los índices QBR y IHF.
- Aplicar el índice de diversidad de Shannon-Wiener para establecer el estado biológico del río mediante diatomeas.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definiciones

2.1.1 Sistema lótico

Son los movimiento que el sistema tiene en una dirección, siguiendo la respectiva trayectoria que tiene el cuerpo de agua, siendo afectado por diferentes factores como: pendientes, caudales, profundidades, sinuosidades, entre otros (Toro *et al.*, 2009).

2.1.2 Cuenca Hidrográfica

Es aquella que se encuentra delimitada por una línea divisoria, formado de manera natural que lleva sus aguas al río primario, es decir al río con un tamaño mayor, finalizando en el mar o en un lago. Tiene un ámbito tridimensional que accede integrar tanto a la cubierta sobre el terreno, la profundidad del suelo y al entorno de la línea divisoria de aguas (Girón y Gómez, 2004).

En una cuenca hídrica se localizan primariamente los recursos naturales, las infraestructuras que el hombre ha creado para desplegar la actividad socioeconómica, tanto con efectos positivos y negativos para el bienestar de las personas (Gaspari *et al.*, 2013).

- **Subcuenca**

Se denomina a los ríos secundarios que drenan sus aguas en un río principal. Cada curso de agua tiene su respectiva cuenca llamada subcuenca, donde pueden predominar varias microcuencas (Ramakrishna, 1997).

- **Microcuencas**

Son aguas superficiales o subterráneas, que drenan sus vertidos a un sistema fluvial con uno o distintos cauces de manera natural, así como de un caudal continuo o discontinuo, los cuales coinciden en un curso mayor, a su vez también pueden desaguar en un río de mayor tamaño. Además los afluentes secundarios son conformados por: quebradas, riachuelos que desembocan y nutren a dichos afluentes (Ramakrishna, 1997).

2.1.3 Eutrofización

Es aquella que se demuestra tanto de un proceso natural o artificial de añadidura de nutrientes a los sistemas hídricos y las consecuencias que provoca este aumento. La eutrofización es parte de un proceso natural de la decadencia o envejecimiento de los cuerpos de agua, libremente de las actividades antrópicas (Gómez, 2015). Además, cuando existe el aporte de los diversos nutrientes hacia los sistemas hídricos por las diferentes actividades antrópicas, esto se constituye en una eutrofización artificial. La eutrofización afecta a los cuerpos de agua alrededor del mundo comprometiendo en la actualidad a sus múltiples usos (Moacyr, 2012).

2.1.4 Clases de estado Trófico

- **Eutrófico**

Es el estado del agua que se define por tener elevado nivel de nutrientes en relación a las condiciones naturales, en la que se proliferan las algas y a menudo poseen menos especies de plantas y animales que los sistemas oligotróficos, pero abundancia de pocas especies (Moacyr, 2012).

- **Mesotrófico**

Es considerado a nivel trófico como peculiar de las aguas que tienen una cantidad templada o intermedia de nutrientes y que pueden dar pasó al desarrollo de organismos acuáticos (Oña y Tonato, 2017).

- **Oligotrófico**

Es un ecosistema acuático con baja presencia de nutrientes, teniendo como característico aguas transparentes, con una buena penetración de luz, permitiendo el crecimiento de algas y poca vida animal. Además que la flora y fauna existente es propia de aguas con una oxigenación buena (Oña y Tonato, 2017).

2.2 Ganadería

Es una actividad económica antigua que reside en la conducción y explotación de animales domesticables con fines productivos (Nieto *et al.*, 2012).

2.3 Contaminación hídrica

Una fuente hídrica tiene una capacidad de purificación muy grande. Aunque la fácil regeneración y la supuesta abundancia hace que lo transformen en un botadero habitual de residuos como: “pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, entre otros” (Segura, 2007). Además, la degradación producida en los cuerpos de agua viene desde los ante pasados, por lo que a raíz de esto en el presente siglo se ha incrementado este problema en mayor medida en ríos, lagos y mares (Bravo, 2015).

- **Contaminación del agua por ganadería**

La disminución del agua se exterioriza de manera directa como indirecta debido a las actividades desarrolladas dentro del sector doméstico, agrícola, así como también la ganadería. En cuanto a la última actividad mencionada anteriormente traen como consecuencia la alteración del agua ocasionando un riesgo para la salud por la presencia del alto contenido microbiológico; el desgaste y estructura del suelo (Hooda *et al.*, 2000). Aunque en ciertas regiones con bajo recurso hídrico, el agua es utilizada para el ganado con la finalidad de satisfacer sus necesidades de alimentación (FAO, 2006).

2.4 Calidad del agua

Es un factor que incide directamente en la salud humana y de los ecosistemas: de ella depende la existencia de la flora y fauna, la variedad y calidad de los productos alimenticios, la actividad económica, entre otros. Por esta razón, la calidad del agua es tomado en cuenta como el factor determinante que influye dentro de la riqueza o pobreza de un país (Sierra, 2017).

2.4.1 Parámetros físicos

Aunque no es un índice de contaminación, son indicadores relativos que sus valores que presentan normalmente pueden variar de forma considerable, por ello se debe determinar la desviación que existe con respecto a los valores naturales o normales. Las variaciones pueden ser apreciables ya que un sólo parámetro puede llegar a demostrar el nivel de polución y afección en un lugar determinado (Minaya, 2017).

Los parámetros físicos que se toman en cuenta para determinar si existe contaminación del agua es:

- **Transparencia**

Es estimada la transparencia del agua como la propiedad o estado trófico de un embalse, río o lago, aunque también se la relaciona con la cantidad de partículas que se encuentran presentes en ella (Ordóñez, 2010).

- **Propiedades organolépticas (color, olor, sabor)**

Las propiedades organolépticas, tales como; el color, olor y sabor, pueden ayudar a identificar si existe un indicio de contaminación en una fuente acuática, así mismo igualmente pueden indicar el grado de pureza que tiene el agua como es el caso del agua potable que tiene un sabor agradable y es incolora (Montiu *et al.*, 2014).

- **Temperatura**

La temperatura, se puede dar a conocer de manera natural dependiendo del cambio temporal y de manera antrópica por vertidos de aguas originarias de las industrias que afectan a la vegetación y especies de animales existente en el cuerpo receptor (agua). Para establecer la temperatura de un cuerpo de agua se puede realizar un análisis *in situ* mediante la termometría (Jiménez, 2000).

- **Conductividad**

Es aquella que determina la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Está relacionado con agrupaciones iónicas que proceden de sales y materia inorgánica entre los que se acentúan los; carbonatos, sulfuros, cloruros, alcalinos y además la conductividad se la mide en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S} / \text{cm}$) (Jiménez, 2000).

2.4.2 Parámetros químicos

Los parámetros químicos se establecen con gran importancia porque permiten definir la calidad del agua ya que se puede identificar y ponderar los agentes culpables de contaminación como: Metales pesados, cianuros, insecticidas, fenoles, entre otro (Quintuña y Samaniego, 2016).

- **Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)**

Para la degradación de materia orgánica en una fuente hídrica se precisa de oxígeno ya que el alto contenido de material orgánico conlleva al desarrollo de bacterias y hongos. La oxidación de la materia orgánica limita el progreso de la flora y fauna que existe ya que este proceso consume el oxígeno haciendo que desaparezcan del ecosistema acuático las especies (Raffo y Ruiz, 2014).

- **Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto se lo puede obtener de manera *in situ*, presentándose de manera natural en el agua y su concentración depende de las condiciones tanto física – químicas y bioquímicas por los organismos que habitan en un cuerpo de agua (Pastuña, 2019). Además, en un estudio explican que la medición del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto es determinada a cierta temperatura y altura de una zona de estudio (WU, 2009).

- **Nitratos**

Es un estado de oxidación que se localiza en lo más alto del ciclo del nitrógeno, alcanzando luego de la oxidación biológica concentraciones elevadas. Son nutrientes muy significativas para los microorganismos autótrofos – fotosintéticos y en muchos casos son limitantes de crecimiento (Domínguez y Rosero, 2015).

- **Fosfatos**

El fósforo forma parte de los nutrientes esenciales del incremento de las plantas y animales, encontrándose en los organismos acuáticos los fosfatos. Las sustancias que aportan al incremento del fosforo en las fuentes hídricas son los pesticidas y detergentes. Esto en exceso provoca un problema ambiental ya que da paso a la eutrofización (Domínguez y Rosero, 2015).

- **pH**

El potencial de hidrógeno se la toma de manera *in situ* y se utiliza para determinar si el agua es ácida, neutra o alcalina. Cuando el agua contiene un pH menor a 7 se denomina como aguas ácidas que ayudan a la corrosión de sustancias con contenidos metálicos y las aguas que contienen un pH mayor a 7 se las denomina como Alcalinas. Las fuentes hídricas no contaminadas por lo regular presentan pH con valores entre 6,5 a 8,5 (WU, 2009).

2.4.3 Parámetros biológicos

Según el autor Sánchez (2010), “los indicadores biológicos como alternativa a las limitaciones de los parámetros físico-químicos (complementarios, no como alternativa a los parámetros en sí mismos)” .

Además, es aquel que se basa en utilizar los organismos presentes en un ecosistema acuático como indicadores de calidad, representando a la actividad

biológica mediante la observación de la existencia y abundancia de organismos (Barahona y Quezada, 2013).

- **Coliformes fecales**

Los coliformes se encuentran presentes en aguas contaminadas como aguas residuales u otro tipo de residuos en estado de putrefacción. La mayoría de estos están en la superficie del agua o en los sedimentos. Son uno de los principales problemas que existen ya que incorpora microorganismos patógenos que causan problemas a la salud del ser humano (Ortega *et al.*, 2010).

2.5 Bioindicadores

Son organismos que permiten cuantificar y calificar la evolución a los niveles de contaminación existente en un ecosistema, por su sensibilidad a distintas sustancias contaminantes. Entre los principales bioindicadores de calidad de un recurso hídrico se puede encontrar a las algas fitobentónicas, y dentro de este grupo se encuentran las diatomeas las cuales, por sus características las convierten en eficaces indicadores ecológicos. Las diatomeas ayudan a establecer la calidad biológica de un medio acuático (Valqui y Tafur, 2015).

- **Bioindicadores de calidad del agua**

Las variables físico – químicas son una herramienta de calidad de agua, ya que analiza los efectos que causa la contaminación en un lapso corto de tiempo. Es por esta razón que se han desarrollado los métodos biológicos que evalúan los diferentes cambios producto de la contaminación en plantas y animales. Estos organismos llamados indicadores permiten determinar los distintos impactos que un ecosistema acuático pasa a través del tiempo (Silva *et al.*, 2006).

- **Macrófitos acuáticos**

Los macrófitos acuáticos, “son un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo, que es considerado elemento clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos. Estos grupos abarca distintas plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas” (Cirujano *et al.*, 2016).

Además, se las utiliza como bioindicadoras de un sistema acuático, proporcionando un valor de calidad a mediano y largo plazo (Ortega *et al.*, 2004). Aunque por otro lado las alteraciones que tiene un ecosistema acuático causa efectos negativos originando cambios tanto cualitativos como cuantitativos en la población de especies

ya que son sensibles a los cambio (físico – químicos e hidromorfológicos) (San Martín *et al.*, 2003).

- **Macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados que pertenecen a un ecosistema acuático, son seres vivos que habitan en el fondo de los ríos y lagos encontrándose pegados tanto: en la vegetación, troncos y rocas sumergidas. Las comunidades se encuentran conformadas por; platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos. Se los llama macroinvertebrados por que miden desde 0.5 mm hasta alrededor de 5 mm siendo notorio por el ser humano (Giacomett y Bersosa, 2006). Además estos microorganismos ayudan a determinar la calidad de los ecosistemas acuáticos actuando como bioindicadores desde hace unas décadas (Pérez, 2016).

- **Diatomeas**

Las diatomeas constan en el conjunto de algas que compone uno de los tipos más comunes de fitoplancton se las encuentra durante todo el año y su identificación es fácil en comparación de otras (Toro *et al.*, 2003). Comprende actualmente unas 20.000 especies vivas que son importantes productores dentro de la cadena alimenticia. Son unicelulares y alguna de ellas coexiste en forma de filamento o cadenas celulares (Hernández, 2016). Además estas especies cuentan con una capa de sílicea llama también como frústulo, los cuales permiten clasificar y categorizar el taxón (Roa, 2009).

- **Diatomeas como indicadores ecológicos**

Son numerosas microalgas del fitoplancton que por sus características pueden expresar el estado ecológico de un ecosistema acuático ante los impactos de origen antrópico. Las diatomeas son consideradas indicadoras al igual que los macroinvertebrados y peces; teniendo una mejorada línea base y un estudio efectivo (Calizaya *et al.*, 2013). Además este método que sirve para establecer el estado biológico del entorno es nuevo, en diferencia de otros estudios bióticos que tienen un fin similar pero que vienen desarrollándose hace mucho tiempo atrás (Blanco, 2015).

2.5.1 Ventajas de las diatomeas

Según Valqui y Tafur (2015), el uso de diatomeas como indicadores de la calidad del agua en sistemas fluviales presenta diversas ventajas las cuales son:

- **Ubicuidad:** Las diatomeas se encuentran presentes en todos los sistemas acuáticos, desarrollándose en una extensa variedad de formas vitales (planctóflicas, coloniales, epilíticas, etc.), por esto razón pueden ser consideradas como bioindicadores en todo ecosistema cuyas condiciones ambientales permiten el desarrollo de las especies tanto de plantas como animales.
- **Cosmopolitanismo:** Las diatomeas se encuentran presentes desde los polos, hasta las regiones desérticas, tanto en ecosistemas de agua dulce como en los mares.
- **Bajo grado de endemismo:** Una amplia variedad de especies que se encuentran a nivel mundial, permiten que se realicen estudios comparativos entre regiones distintas.
- **Sensibilidad:** La diatomeas, parte de los ecosistemas acuáticos, son sensibles a las variaciones ambientales producto de la contaminación y presencia de nutrientes como: fosforo y nitrógeno principalmente.
- **Diversidad:** En las aguas dulces coexisten decenas de miles de especies, subespecies, diversidades y formas descritas, cada una de ellas con sus propios rangos de tolerancia frente a una gran variedad de factores ambientales.
- **Precisión estadística:** Respecto con los índices diatomológicos que se utilizan usualmente, el rango por muestra no debe ser menor a 400 individuos para poder obtener una fiabilidad y precisión desde el punto de vista estadístico con un rango de error menor al 10%.
- **Ciclos vitales:** Las diatomeas tienen un ciclo de vida corto, aunque por ser microorganismos unicelulares se pueden reproducir de una manera rápida en respuesta de las diferentes condiciones ambientales. Es por esa razón que cada comunidad de diatomeas puede determinar la propiedad biológica del agua durante un determinado tiempo y no solo en condiciones puntuales como demuestran los análisis físico – químicos.

- **Facilidad de muestreo:** Las diatomeas se pueden muestrear en cualquier época del año (época seca, época lluviosa), con un esfuerzo en tiempo mínimo y en materiales.
- **Facilidad de tratamiento, procesado y almacenaje:** El procedimiento utilizado previo a la preparación microscópica es fácil y de presupuesto barato.
- **Estudios temporales:** Las diatomeas son microorganismos prácticamente inalterables y se las puede recuperar en un estado fósil o subfósil de estratos y sedimentos (ríos o lagos).

2.6 Clasificación taxonómica

La categorización de los organismos unicelulares como algas, se caracterizan por presentar una pared inorgánica llamada también como frústulo que está compuesta por sílice. Los frústulos se clasifican en dos: en valvas grandes denominadas hepitecas y pequeñas llamadas hipoteca. Las principales peculiaridades de la taxonomía de los cuerpos es la composición interna que tiene de sílice adquiriendo diferentes formas como: estrías, crestas, poros y la estructura externa denominada heterovalvada compuesta por el manto y las valvas (Córdova, 2016).

2.7 Principales grupos de diatomeas

- **Cianofitas**

Se las conoce como cianobacterias, ya que son microorganismos que necesitan de un núcleo nombrándolos como procarióticos. Estos tienen tintes fotosintéticos como la clorofila, con pigmentos azules llamadas también algas verde azules. Algunas de este tipo de algas viven heterotróficamente. Tienen la capacidad para utilizar como fuente el N₂ atmosférico y pueden ser tanto unicelulares o pluricelulares. Exhiben pared celular igual que las bacterias, con un citoplasma que está en el centroplasma donde se puede ver el ADN. La reproducción se da mediante la dispersión celular por fragmentos de filamentos y esporas. Viven en ambientes acuáticos, sobre rocas y árboles, además viven en las aguas termales aguantando temperaturas de hasta 90°C (Santana y Zepeda, 2014).

- **Clorofitas**

Este tipo de algas son de color verde y se hallan en todo el mundo, poseen un volumen microscópico, unicelular y grande formado por filamentos de una extensión considerable. Todas tienen clorofila el cual les ayuda a sintetizar sustancias sustanciosas a partir de la materia mineral, además contienen carotenoides como la luteína y su alimento es almacenado en forma de almidón. Este tipo de algas tiene una reproducción sexual o asexual. Se localizan en un 90% en agua dulce y el 10% en hábitat marino (Santana y Zepeda, 2014).

- **Dinoflagelados**

Son aquellos organismos unicelulares, correspondientes a una población del fitoplancton marino que se moviliza de un lado a otro. Sus características morfológicas y el requerimiento de nutrientes las hacen exitosas desde un punto de vista de reproducción. Tienen varios tamaños, por ello se los encuentra dentro del microplancton, se dividen en; poseer o no poseer las placas de procedencia celulósica en su pared celular. Este tipo tienen composiciones de pigmentos tanto como amarillo, pardo amarillentas, parda, verde azules, etc. Las que más predominan en este grupo son las *Gymnodiniales* y las *Peridinales* (Santana y Zepeda, 2014).

2.8 Índices bióticos

- **Índice de Shannon – Wiener**

Es aquel índice que permite medir el grado de información de cada individuo de un muestra, el cual se la expresa con la letra S especies y N individuos (Agila, 2019).

- **Programa Omnidia**

Es un software que permite el cálculo de diferentes índices diatomológicos para establecer el estado ecológico de un sistema acuático. Además para su interpretación de los datos el programa tiene un rango de valores de 0 – 20 los cuales son asignados con diferentes colores y los valores varían dependiendo el índice que se quiere obtener (Cejudo, 2011).

- **Índice de polusensibilidad específica (IPS)**

Es un índice que se aplica una vez realizado el muestreo y la identificación de las diatomeas a nivel de laboratorio, para luego en conjunto del software Omnidia poder determinar el estado ecológico de un ecosistema hídrico (Miranda, 2016).

2.9 Tratamiento estadístico

- **Análisis de Cluster**

Es un análisis estadístico cuya función es clasificar en conjuntos o conglomerados que sean similares o desiguales entre sí en un estudio (Perea, 2016)

- **Análisis de correspondencia canónica**

Es un cambio del análisis de correspondencia (AC), el cual permite explicar de una mejor manera los datos biológicos con relación a las variables ambientales (Greenacre, 2008).

2.10 Marco legal

En la Constitución del Ecuador del año 2008 el Art. 12, se establece que: el agua “es un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. Además, el Art 14, se refiere a que la población “tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

En el Art. 411, de la Constitución Ecuatoriana, se establece que: “toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y equilibrio de los ecosistemas, será regulada”(Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

El Art. 4, de la Ley de Aguas establece que: “el acceso al agua es un derecho humano”, además el Art. 57, dice que es “Derecho humano a disponer agua limpia, salubre, aceptable para el consumo doméstico en cantidad, calidad y continuidad” (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua, 2014).

La Ley de Aguas en su Art. 64, garantiza los derechos de la naturaleza, ya que: “ninguna actividad productiva debe poner en riesgo las propiedades de soporte esencial del agua para todas las formas de vida” (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua, 2014).

De acuerdo al Código Orgánico del Ambiente: la calidad de los componentes abióticos y el estado de los componentes bióticos en el Art. 190, se establece que: “las actividades que causen riesgo o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus

componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de la población y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos o que impida su restauración” (COA, 2017).

Libro VI: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario Tabla No. 3 , del Anexo I, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (MAE, 2003).

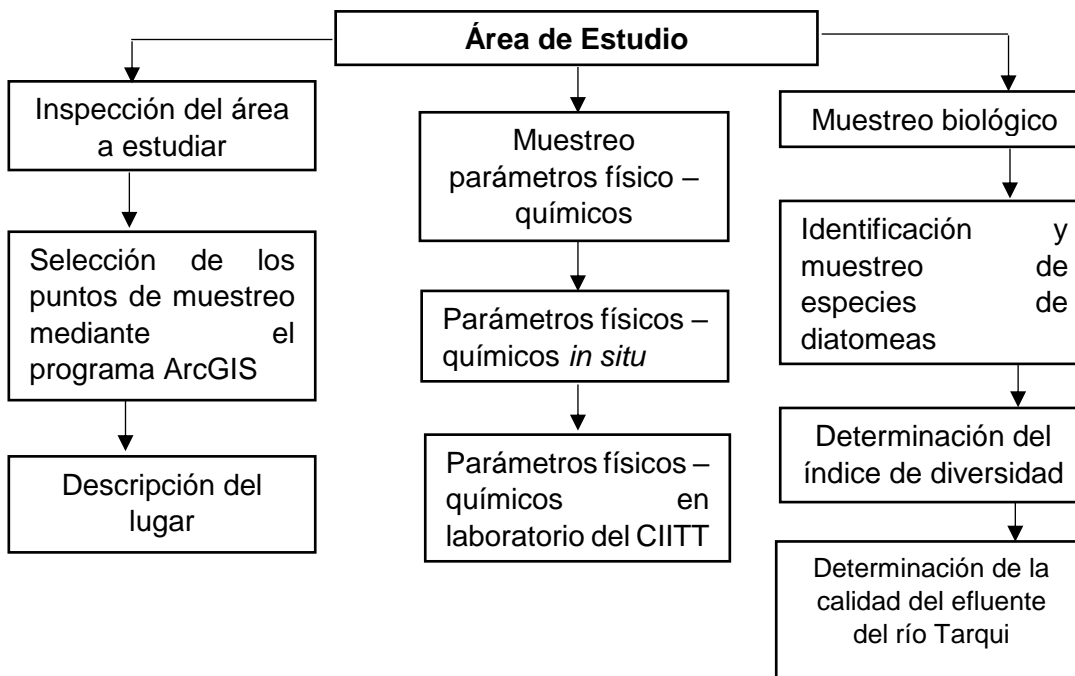
Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente 097-A: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios Tabla No. 2 (MAE, 2015).

CAPÍTULO III

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el trabajo de investigación sobre la calidad del efluente del río Tarqui usando Diatomeas, la metodología utilizada se resumió en el siguiente diagrama flujo (tabla 1).

Tabla 1. Actividades de muestreo de diatomeas



Fuente: Elaboración Propia

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en los meses de julio - septiembre en el río Tarqui, perteneciente al cantón Cuenca provincia del Azuay, estos efluentes son aprovechados tanto para consumo, irrigación de pastizales, agricultura y abrevaderos para el ganado. El curso principal tiene aproximadamente una longitud de 30 km que va entre los 3800 m s.n.m. en la cota inicial y 2490 m s.n.m. en la unión con el río Yanuncay. Las temperaturas promedio están entre los rangos de 3 – 5 °C, además las lluvias son regulares, teniendo un aproximado de 1106 mm por año. Entre las principales vertientes que aportan al río Tarqui están: el Portete, Cumbe, Tutupali y chaparro (Guartambel, 2008) (figura 1).

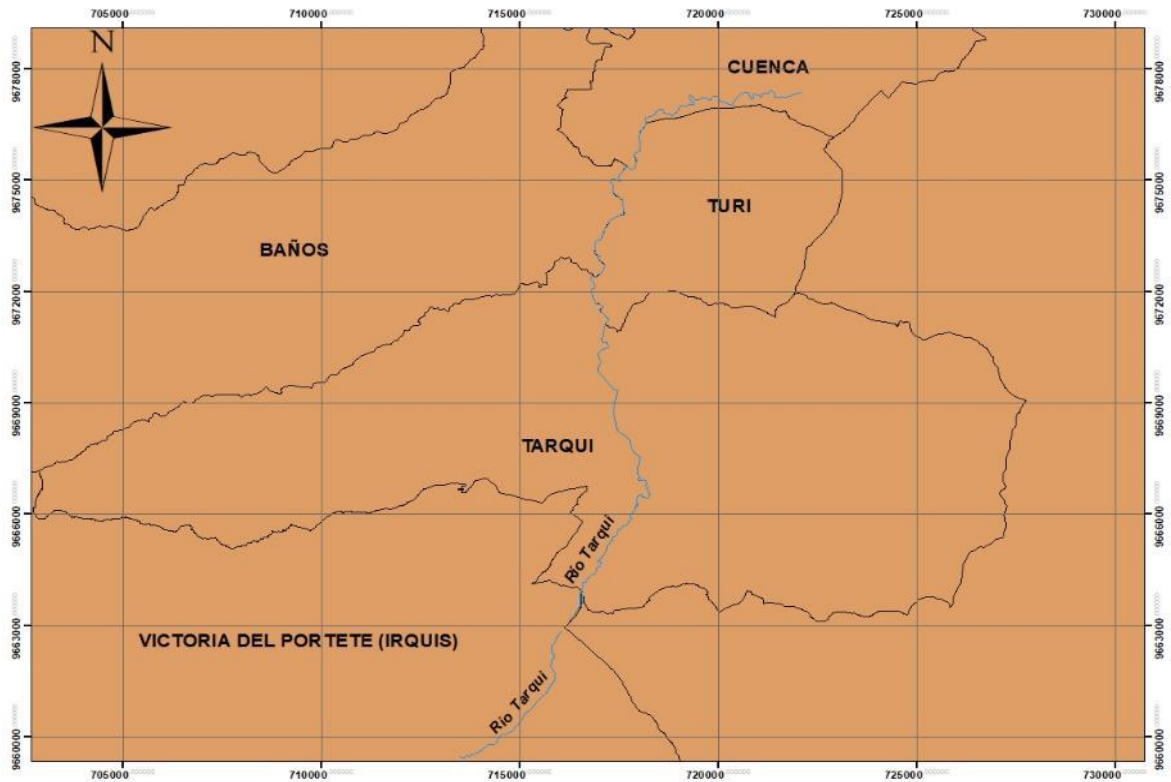


Figura 1. Zona de estudio del efluente del río Tarqui

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Río Tarqui

La investigación se realizó en el río Tarqui, el mismo que posee un caudal de 2.4 m³/s, el área de drenaje del río tiene una área aproximada de 0.8241 km².

Se seleccionó este río ya que se presume que cuenta con diferentes niveles de eutrofización puesto que se encuentra sujeta a continuas descargas de aguas residuales por las diferentes actividades asentadas en las riberas del río (GAD Parroquial Tarqui, 2015) (figura 2).

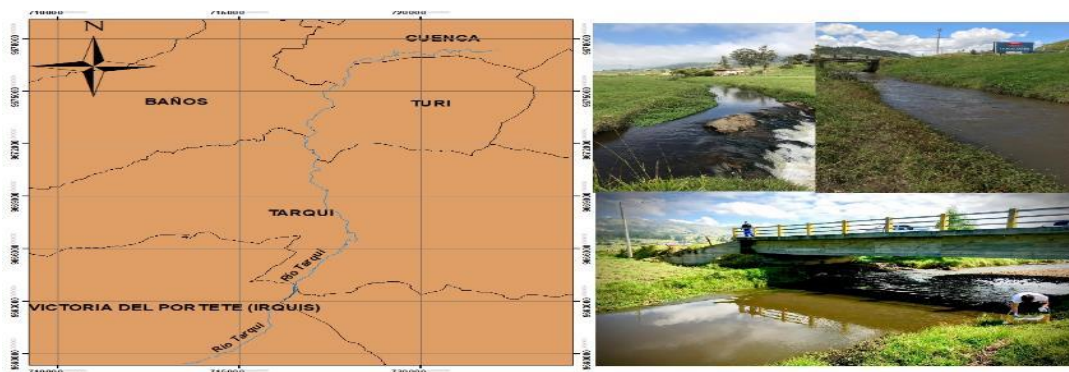





Figura 2. Río Tarqui



Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo en el río Tarqui se tomaron con la ayuda de un GPS desde la parroquia Victoria del Portete hasta Cuenca. Las recolecciones de muestras estuvieron ubicadas en las siguientes coordenadas geográficas (Tabla 2) (figura 3):

Tabla 2. Puntos de muestreo y sus respectivas coordenadas

Puntos	Ilustraciones	Coordenadas X	Coordenadas Y
P1		713362	9659378
P2		715699	9661246
P3		716491	9663724

P4		717144	9669602
P5		719534	9677208

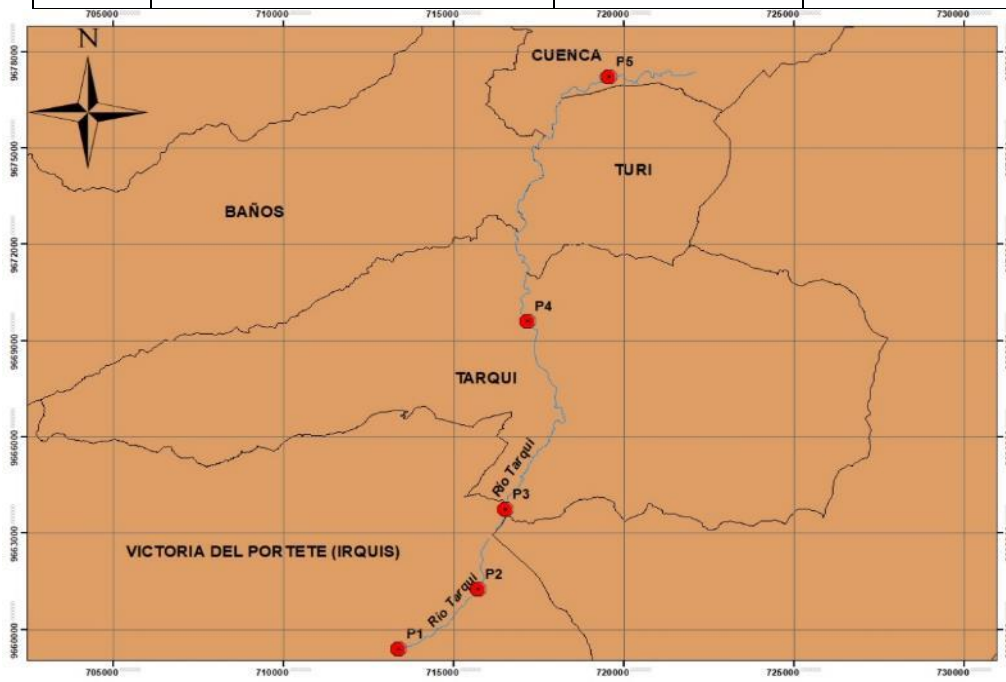


Figura 3. Ubicación de los puntos en la zona de estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Trabajo de campo

3.3.1 Medición de caudales del río Tarqui

En los cinco puntos de muestreo se determinaron los parámetros físicos del río, como: el ancho, profundidad y velocidad. Para determinar la anchura del río se utilizó una cinta métrica de aproximadamente 30 m y con la ayuda del molinete se pudo determinar la profundidad del cauce, velocidad y espejo de agua cada 0.5 - 1 metro (Alvarado, 2017) (figura 4).

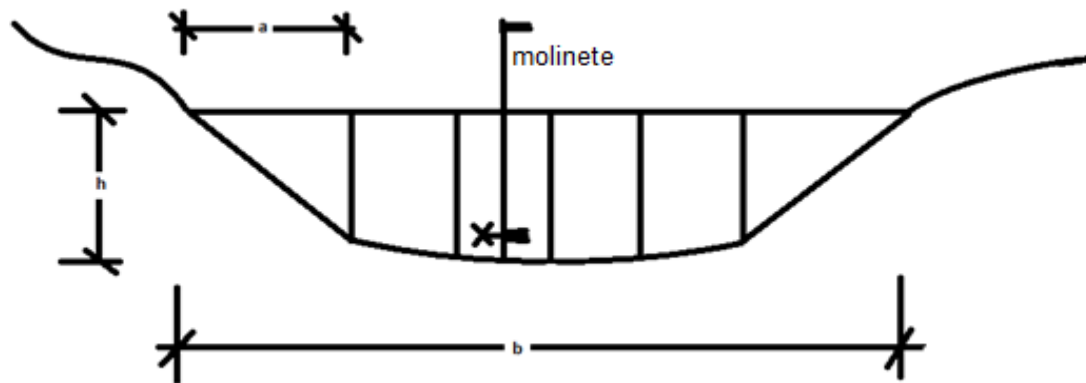


Figura 4. Medición de caudal río Tarqui

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Caracterización físico-química del agua del río Tarqui *in-situ*

En los cinco puntos de muestreo se determinó de manera *in situ* con la ayuda del multiparamétrico portátil los parámetros entre los que se destaca (pH, conductividad eléctrica, Temperatura y oxígeno disuelto). Para poder obtener los datos el mutiparamétrico portátil cuenta con 3 sondas distintas y calibradas, las cuales cada una se la sumergía hasta que el dispositivo muestre valor del parámetro. Además, se tomaron 3 muestras de agua en frascos diferentes en cada punto para poder ser analizados posteriormente en el laboratorio entre los cuales se destacan los: coliformes fecales, DBO₅, fosfatos, nitratos (Carrillo y Urgilés, 2016) (Anexo 10).

3.3.3 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

En cada punto de muestreo del río Tarqui se determinó de manera *in-situ* el índice de calidad de bosque de ribera mediante el protocolo que fue adaptado a la región Austral del Ecuador. Se realizó mediante observación y llenando los apartados que exige el protocolo como: "grado de cubierta de la zona de ribera, estructura de la

cubierta de la zona de ribera, calidad de la cubierta de ribera y el grado de naturalidad del canal fluvial” (Anexo 1) (Acosta *et al.*, 2014). Cada apartado cuenta con valores que van en un rango de 0 – 25 en el cual una vez finalizado dicho proceso se verificó en la tabla 3 (Anexo 9).

Tabla 3. Índice de calidad (QBR)

Puntuación QBR	Calidad
≥95	Bosque ribereño sin alteraciones, estado natural
75-90	Bosque ribereño ligeramente perturbado, calidad buena
55-70	Inicio de alteración importante, calidad aceptable
30-50	Alteración fuerte, calidad mala
0-25	Degradación extrema, calidad pésima

Fuente: (Acosta *et al.*, 2014)

3.3.4 Índice de calidad del hábitat fluvial (IHF)

Se determinó el índice “IHF” al igual que el “QBR” de manera *in-situ* por medio del protocolo que fue adaptado a la región Austral del Ecuador. El proceso se realizó mediante observación evaluando los apartados que la ficha establece (Anexo 2) como: “inclusión y limitación de sustrato, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad / profundidad, sombra en el cauce, elementos heterogeneidad y cobertura vegetal acuática” (Pardo *et al.*, 2002). Una vez finalizada la ficha se verificó en la tabla según el rango que corresponde (tabla 4) (Anexo 9).

Tabla 4. Índice de calidad (IHF)

Puntuación IHF	Interpretación
70 – 100	Óptima
40 – 70	Regular
0 – 40	Mala

Interpretación autor, basado en (Pardo *et al.*, 2002)

3.3.5 Muestreo de diatomeas

El muestreo consistió en la recolección de diatomeas en cada punto de estudio (Tabla 1) tomando de ellas 3 réplicas, una cada mes para tener una mayor

representatividad de la comunidad. Cada replica se obtuvo mediante el raspado de la comunidad de diatomeas adheridas a la roca totalmente sumergida en el río, cubriendo la mayor área posible, con la ayuda de un cepillo dental o cepillo de lavar ropa. Las 3 réplicas que se obtuvieron del raspado se situaron en un solo frasco de vidrio de 250 ml y se fijaron *in situ* con formalina 2 – 3% previo al transporte de las muestras. Cada frasco se etiquetó con marcadores apropiados, registrando la muestra y la fecha, para poder realizar el análisis de las muestras. Finalmente, se sellaron los frascos que se utilizaron para el muestreo, cuidando que no exista ningún tipo de filtración (Córdova, 2016) (Anexo 11).

3.4 Fase Laboratorio

3.4.1 Medición de parámetros físico – químicos

- **Nitratos**

En la medición de los nitratos presentes en el río Tarqui, se utilizó la técnica de espectrofotometría, en la que permitió medir la longitud de onda de luz que pasa atravesando la solución y es absorbida por el nitrato (Rodríguez, 2007).

- **Fosfatos**

Se determinó agregando 0.5 ml del reactivo vanadato-molibdato, los cuales en agua destilada se diluyeron. Con el espectrofotómetro se determinó la longitud de onda y la absorbancia (González, 2016).

- **Demanda química de oxígeno(DBO₅)**

Consistió mediante el método estándar en la incubación de las muestras de agua recolectadas de cada punto del río Tarqui, las cuales fueron colocadas en una incubadora a una temperatura de 20°C durante un periodo de 5 días. En este periodo los microorganismos metabolizaron el material orgánico degradable en un 80% del total de la DBO. Este proceso requiere de oxígeno en el que se mide al inicio y en la finalización del proceso de incubación, el cual permitió obtener la medida del BQO y ayudó a expresar el grado de contaminación (Quelal, 2012).

3.4.2 Medición de parámetros biológicos

- **Coliformes fecales**

Las muestras fueron incubadas en la estufa en un medio líquido, no selectivo, a una temperatura de 37°C en un periodo de 24 a 48 horas. El caldo lauril sulfato de sodio

servió para el crecimiento bacteriano y verificar la presencia de coliformes fecales en el río Tarqui (Fernández, 2017) (figura 5).

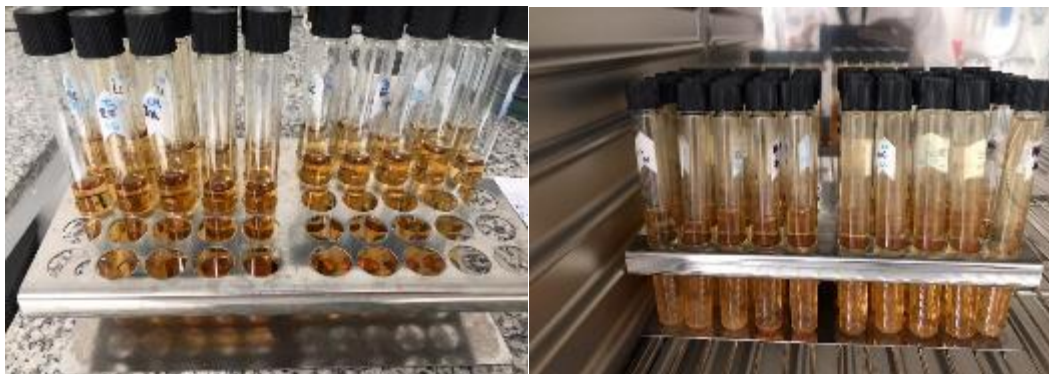


Figura 5. Incubación de muestras para la verificación de coliformes fecales

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Procesamiento de muestras de las diatomeas epilíticas en laboratorio

Antes de proceder en la oxidación de las muestras se procedió a observarlas en el microscopio óptico del CIITT, una vez observadas se colocó 50 ml aproximadamente de las muestras en los tubos de ensayo con 4 réplicas por cada punto dejándola reposar 24 horas, luego se realizó un lavado de las muestras 3 a 5 veces con agua destilada hasta retirar todo el preservante presente. Para descartar el sobrenadante se dejó reposar la muestra y con la ayuda de una pipeta Pasteur se retiró el mismo.

Se agregó peróxido de hidrogeno con una concentración de 35% (H_2O_2) hasta llenar el tubo de ensayo y se colocaron los tubos en baño maría a una temperatura de 90 °C dejando reposar durante 24 h hasta que el reactivo reaccione. Una vez pasada las 24 h se retiró entre el 80 – 90% del sobrenadante con la ayuda de una pipeta Pasteur, este procedimiento se realizó por aproximadamente 2 semanas, pasado este tiempo se realizó de 3 – 5 veces un lavado para proceder agregarle ácido clorhídrico con una concentración de 37% (HCL) hasta cubrir la muestra y dejándolo oxidar durante 12 horas fuera del baño maría. Además como presentaban las muestras rastros de materia orgánica se aplicó 0.5 gr de dicromato de potasio y se esperó hasta que la reacción termine. Además se realizó un lavado de 3 a 5 veces con agua destilada y antes de finalizar el proceso de oxidación se midió que el pH de las muestras estén casi neutras para posteriormente colocar las muestras en frascos esterilizados, etiquetados y con formalina 2 – 3% para conservar las muestras (Haro, 2019).

- **Fijación de muestras en placas permanentes**

En la fijación de las muestras con la ayuda de agua destilada y etanol al 70% se homogenizó la muestra, para luego con una pipeta Pasteur colocar en los cubre objetos redondos, junto al porta objetos, de dos a tres gotas de muestra de diatomeas. Luego del proceso se esperó de 24 a 48 horas a una temperatura ambiente, hasta que el líquido se evapore por completo de las muestras. Una vez que la muestra está totalmente seca se procedió a invertir el cubre objetos redondo y se plantó una gota de Naphrax en el porta objetos previamente etiquetado que sirvió como medio de montaje, con un índice de refracción alto, con la ayuda de una plancha calentadora, se colocó en ella el porta objetos y el cubre objetos redondo, en la gota de Naphrax hasta la evaporación total del mismo (Córdova, 2016) (figura 6).

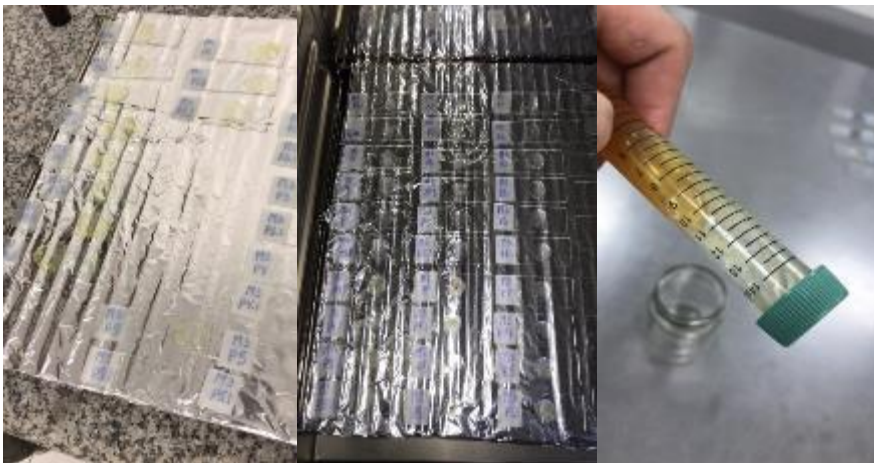


Figura 6. Montaje de las placas permanentes respectivas

- **Microscopía óptica: Captura y procesamiento de imagen**

Se revisaron las placas permanentes en los laboratorios del CIITT, utilizando el microscopio binocular Nikon eclipse Ni equipado con cámara digital, además se utilizó el software NIS – Elements D5.20.00 64-bit. Cada placa etiquetada se le registró la medida de longitud y el número de especies presentes de diatomeas, haciendo de ello un análisis cuantitativo y cualitativo (figura 7).

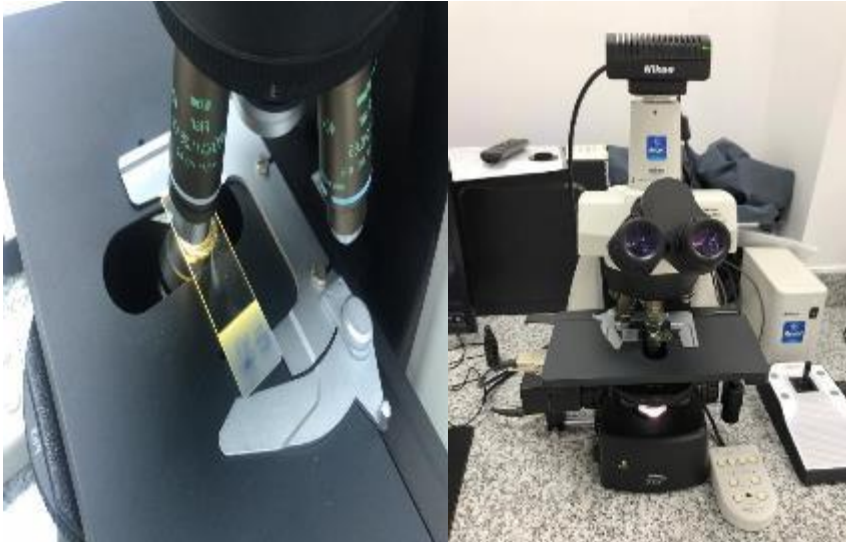


Figura 7. Microscopio utilizado para la identificación de las diatomeas

3.5 Cálculos de los índices bióticos

- **Abundancia de especies**

Con la ayuda del microscopio Nikon eclipse Ni, se identificó y cuantificó las diatomeas, obteniendo una población significativa de 400 valvas por cada punto muestreado, posteriormente se determinó la abundancia de especies (Valqui y Tafur, 2015).

p_i = proporción de individuos con respecto a la especie i respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie i) se halla de la siguiente manera:

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde:

n_i = número de individuos por especie.

N = total de individuos de la muestra.

- **Índice biótico de calidad del agua**

Se utilizó el índice de Shannon - Wiener que sirve para cuantificar la diversidad específica que existe en el río Tarqui. Este índice se aplicó a las diatomeas por ser un buen indicador de calidad, ya que cuanto a la diversidad de especies existentes en un ecosistema disminuye es por motivo de una alteración ambiental. Se representa el índice con la letra H' y sus valores varían de 1 a 5 (Valqui y Tafur, 2015).

Fórmula

$$H' = -\sum(p_i)(\ln p_i) \quad (\text{Ecu. 2})$$

$\ln p_i$ = Logaritmo natural de la abundancia relativa.

De modo que este índice contemple la riqueza de especies presentes en el río Tarqui, y la abundancia de organismos de cada una de las especies.

Tabla 5. Índice de Shannon y Wiener H'

H'	Diversidad
Alto	> 3,5
Medio	1,6 – 3,4
Bajo	0 – 1,5

Fuente: (Agila, 2019)

- **Índice de polusensibilidad específica (IPS)**

Se utilizó el índice IPS para la establecer el estado del efluente del río Tarqui los mismos que se se expresan en valores de 1 – 20 según lo que explica (tabla 6) y el software Omnidia que nos determinó los valores de la tolerancia de la especie y la sensibilidad a la contaminación de la misma (Miranda, 2016). El IPS se calculó con la siguiente formula:

$$IPS = \frac{4.75 + \sum A_j * V_j * S_j - 3.75}{\sum A_j * V_j} \quad (\text{Ecu. 3})$$

En donde:

A_j = Abundancia relativa de las diatomeas

V_j = Tolerancia de la especie diatomea a la contaminación

S_j = Sensibilidad de la especie diatomea a la contaminación

Tabla 6. Índice de polusensibilidad específica (IPS)

Valor	Calidad de agua
17 – 20	Muy buena
13 - 16,9	Buena
0,9 – 12,9	Moderada
5 – 8,9	Deficiente
1 – 4,9	Mala

Fuente: (Miranda, 2016)

- **Tratamiento estadístico de datos**

Con el programa PAST se pudo determinar la similitud que existe entre un punto y otro utilizando el índice (similitud de Jaccard) y además permitió realizar un análisis de correlación canónica CCA el cual ayudó a cuantificar la validez entre las variables ambientales y las diatomeas (dependiente e independiente)(Castillo *et al.*, 2007).

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cobertura vegetal y uso de suelo de la subcuenca del río Tarqui

De acuerdo a la información de cobertura y uso de suelo se determinó que el páramo tiene un dominio del 13,95% total del área de estudio, seguido de los pastizales con un 18,93%, área poblada 9,64%, vegetación herbácea 11,87%, erial 3,65%, infraestructura antrópica 4,85%, Cultivos 6,43% y 3,48% los cuerpos de agua (Figura 8) (tabla 7).

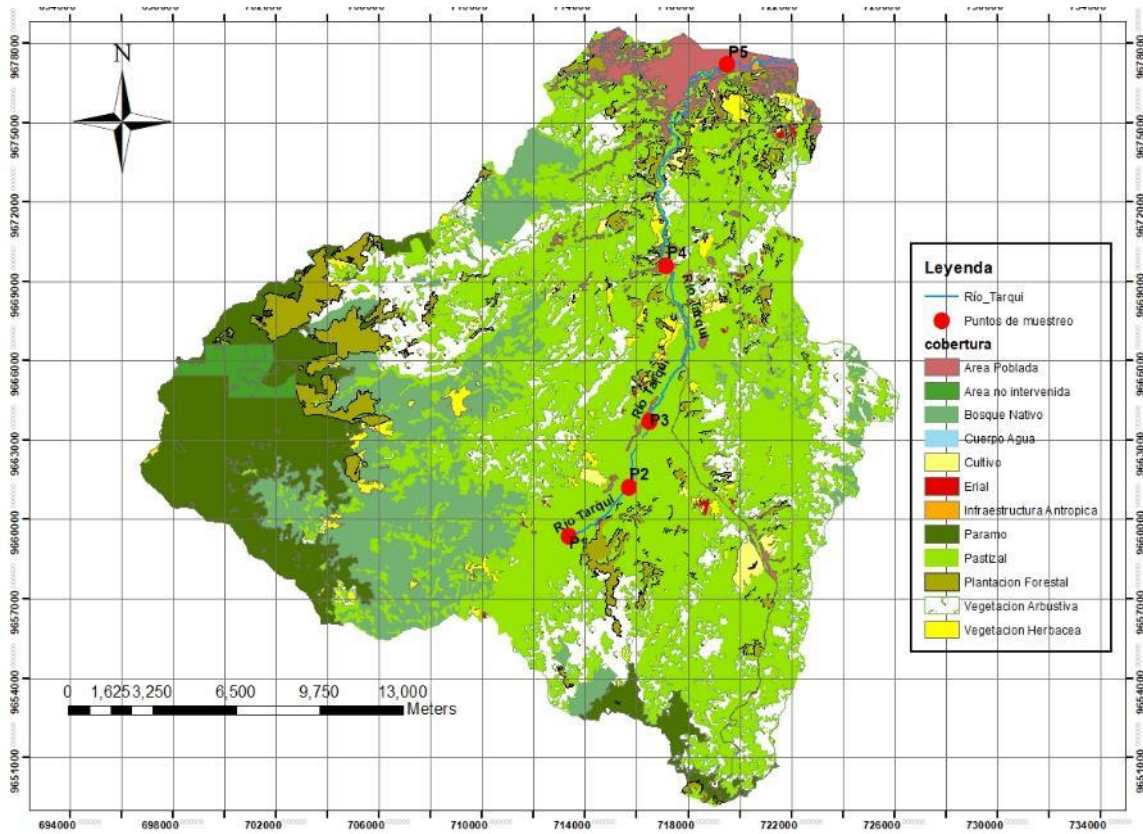


Figura 8. Mapa de cobertura y uso de suelo de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia SINAT, 2016.

Tabla 7. Categorías de cobertura y uso de suelo en la zona de estudio

Cobertura y uso de suelo	Área (Ha)	%
Área poblada	316856,97	9,64
Área no intervenida	159899,64	4,86
Bosque nativo	217239,74	6,61
cuerpo de agua	114570,30	3,48
Cultivo	211506,99	6,43
Erial	119899,64	3,65
Infraestructura antrópica	159444,51	4,85
Paramo	458797,18	13,95
Pastizal	622599,88	18,93
Plantación forestal	283129,53	8,61
Vegetación arbustiva	233828,18	7,11
Vegetación herbácea	390436,55	11,87

Fuente: *Elaboración propia*

La (Figura 8) y (Tabla 7), indica que la cobertura y uso de suelo que mayor predominancia tiene es el pastizal ya que es una subcuenca en la que las personas se han dedicado exclusivamente a la ganadería, provocando niveles de contaminación altos en el río Tarqui. Además, los pastizales han afectado de manera directa a la fauna, provocando un deterioro del río y un empobrecimiento de la vegetación arbustiva que es de gran importancia para el abastecimiento de los ecosistemas hídricos (GAD Parroquial Tarqui, 2015). Aunque, en la zona baja de la subcuenca del río Tarqui se encuentra la parte periurbana y urbana interfiriendo sobre la calidad del agua por el aumento de aguas residuales que van directo al cauce.

4.2 Identificación de diatomeas

En los muestreos realizados en el lapso de julio, agosto y septiembre se pudieron identificar en el CIITT a 35 especies de diatomeas epilíticas, de las cuales en el P 1 muestreado se encontraron (25) especies, P2 (23) especies, P3 (13) especies, P4 (15) especies y en el P5 (25) especies (tabla 8).

Tabla 8. Diatomeas encontradas en los 5 puntos de estudio en el lapso de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui

Especies P1	Especies P2	Especies P3	Especies P4	Especies P5
<i>Pleurosira laevis</i>	<i>Pleurosira laevis</i>	<i>Pleurosira laevis</i>	<i>Pleurosira laevis</i>	<i>Pleurosira laevis</i>
<i>Melosira varians</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Melosira varians</i>	<i>Melosira varians</i>
<i>Aulacoseira sp1</i>	<i>Aulacoseira sp1</i>	<i>Aulacoseira sp1</i>	<i>Hydrosera whampoensis</i>	<i>Aulacoseira sp1</i>

<i>Hydrosera whampoensis</i>	<i>Hydrosera whampoensis</i>	<i>Hydrosera whampoensis</i>	<i>Fragilaria gracilis</i>	<i>Hydrosera whampoensis</i>
<i>Fragilaria gracilis</i>	<i>Fragilaria gracilis</i>	<i>Fragilaria gracilis</i>	<i>Ulnaria ulna</i>	<i>Fragilaria vaucheriae</i>
<i>Ulnaria ulna</i>	<i>Eunotia monodon</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>	<i>Eunotia monodon</i>	<i>Fragilaria gracilis</i>
<i>Eunotia monodon</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>	<i>Ulnaria ulna</i>
<i>Cocconeis euglypta</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>	<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>Eunotia monodon</i>
<i>Planothidium lanceolatum</i>	<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Navicula gregaria</i>	<i>Navicula gregaria</i>	<i>Cocconeis euglypta</i>
<i>Planothidium minutissimum</i>	<i>Navicula gregaria</i>	<i>Surirella sp1</i>	<i>Surirella angusta</i>	<i>Planothidium lanceolatum</i>
<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Navicula sp1</i>	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	<i>Gomphonema occultum</i>	<i>Navicula lanceolata</i>
<i>Navicula gregaria</i>	<i>Pinnularia patagonensis</i>	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	<i>Navicula rostellata</i>
<i>Frustulia vulgaris</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Reimeria sinuata</i>	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>
<i>Pinularia viridis</i>	<i>Gomphonema occultum</i>		<i>Reimeria sinuata</i>	<i>Frustulia vulgaris</i>
<i>Pinnularia microstauron</i>	<i>Gomphonema saprophilum</i>			<i>Pinularia viridis</i>
<i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>			<i>Surirella angusta</i>
<i>Gomphonema occultum</i>	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>			<i>Gomphonema parvulum</i>
<i>Gomphonema saprophilum</i>	<i>Encyonema minutum</i>			<i>Gomphonema occultum</i>
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i>	<i>Encyonema gracile</i>			<i>Gomphonema saprophilum</i>
<i>Gomphonema sp1.</i>	<i>Reimeria sinuata</i>			<i>Gomphonema sp1.</i>
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Cymbella tumida</i>			<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>
<i>Encyonema minutum</i>	<i>Epithemia adnata</i>			<i>Encyonema minutum</i>

<i>Reimeria sinuata</i>	<i>Epithemia turgida</i>	<i>Encyonema sp1.</i>
<i>Cymbella tumida</i>		<i>Encyonema gracile</i>
<i>Epithemia turgida</i>		<i>Reimeria sinuata</i>

Fuente: Elaboración propia

Las especies más abundantes en los puntos analizados del río Tarqui fueron: *Pleurosira laevis*, *Melosira varians*, *Hydrosera whampoensis*, *Aulacoseira sp1* y la *Cocconeis euglypta*, mientras que según el estudio realizado por (Méndez, 2017), en el río Cebadas en la provincia de Chimborazo encontraron 35 especies de las cuales la se destacaron en abundancia las diatomeas: *Eunotia praerupta* var. *Bidens*, *Fragilaria arcus*. (Ehrenberg) Cleve, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Achananthidium*, entre otras, y además, en un estudio realizado en el río Cutuchi, en el cantón Latacunga, las especies más abundantes fueron la *Cocconeis plancentula*, *Pseudostaurosira elliptica*, *Melosira varians*, *Gyrosigma acuminatum* (Chasiquiza y Cola, 2017), en la que solo la especie *Melosira varians*, también se encuentra presente en el río Tarqui. Guillén (2010), indica que la especie *Melosira varians* se encuentra presente en lugares que tienen gran cantidad de materia orgánica llegando a ser muy abundante y las especies *Pleurosira laevis*, *Aulacoseira sp1*, *Cocconeis euglypta*, se encuentran en ambientes eutróficos. Por otro lado, la especie *Hydrosera whampoensis* es aquella que se encuentra usualmente en lugares con alta conductividad (Schwarz, 1891).

4.3. Especies indicadoras

Estas especies fueron consideradas raras ya que su abundancia relativa fue menor al 1%, es por ello que se las consideró como bioindicadoras, ya que al mínimo cambio pueden desaparecer o aumentar el número de especies (tabla 9).

Tabla 9. Diatomeas bioindicadoras encontradas en diferentes puntos

Especies	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Fragilaria gracilis</i>	1	1			1
<i>Eunotia monodon</i>	1	1			
<i>Planothidium lanceolatum</i>	1	1			1
<i>Planothidium minutissimum</i>	1				

<i>Navicula gregaria</i>	1		1		
<i>Pinularia viridis</i>	1				
<i>Pinnularia microstauron</i>	1				
<i>Gomphonema parvulum</i>	1	1			
<i>Gomphonema saprophilum</i>	1				1
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	1	1		1	
<i>Cymbella tumida</i>	1	1			
<i>Epithemia turgida</i>	1	1			
<i>Pinnularia patagonensis</i>		1			
<i>Gomphonema occultum</i>		1		1	
<i>Encyonema gracile</i>		1			1
<i>Reimeria sinuata</i>		1	1		1
<i>Epithemia adnata</i>		1			
<i>Navicula lanceolata</i>			1		
<i>Navicula rostellata</i>				1	1
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>				1	
<i>Surirella angusta</i>					1
<i>Frustulia vulgaris</i>					1
<i>Navicula cryptocephala</i>					1
<i>Fragilaria vaucheriae</i>					1
<i>Aulacoseira sp1</i>		1			1
<i>Navicula sp1</i>		1			
<i>Surirella sp1</i>			1		

<i>Gomphonema</i> <i>sp1.</i>	1				1
<i>Encyonema</i> <i>sp1.</i>					1

Fuente: Elaboración propia

4.4 Resultados en campo

4.4.1 Caudales

En las mediciones *in situ* que se realizaron con la ayuda del molinete en el río Tarqui, se pudo observar que en el punto 1 presenta un menor caudal con un valor de 0,238 m³/s y el punto 5 presenta un mayor caudal con un valor de 0,711 m³/s. Además el punto dos presenta un caudal más elevado que los puntos 1, 3 y 4 (tabla 10) (figura 9).

Tabla 10. Caudales obtenidos en el estudio del río Tarqui

Río Tarqui	P1	P2	P3	P4	P5
Caudales (m ³ /s)	0,238	0,357	0,293	0,284	0,711

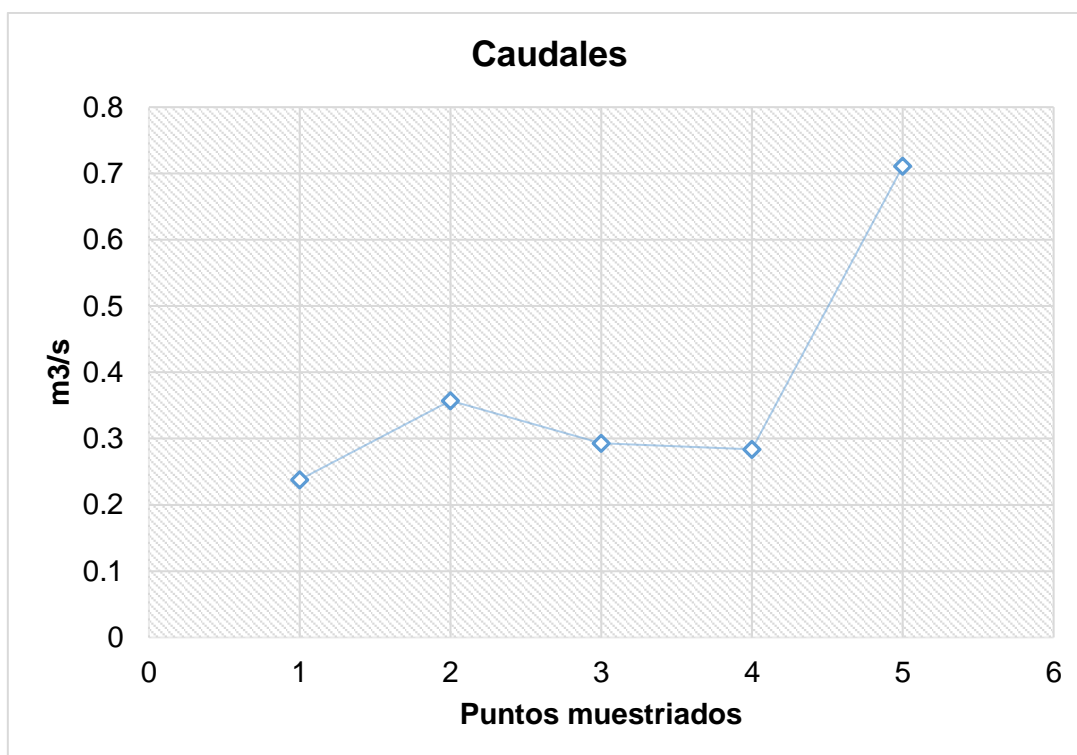


Figura 9. Obtención de caudales en los cinco puntos muestrados

Fuente: Elaboración propia

Según datos de caudales brindados por ETAPA EP (2011), en el mes de julio obtuvieron un caudales totales de 3,16 m³/s, en agosto de 2,98 m³/s y en septiembre 2,3 m³/s siendo en una época seca .

4.4.2 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

Se pudo observar en los diferentes puntos de muestreo del río Tarqui, siguiendo el protocolo que existe una degradación extrema y calidad de bosque de ribera pésima producto de la alteración que existe por la presencia de ganado, pastizales, cultivos y zonas urbanizadas.

En los puntos 1, 2, 3, 4 se observó que son espacios que se ocupan solo para ganadería y cultivos, mientras que el punto 5 se encuentra dentro de la ciudad del cantón Cuenca (Anexo. 1).

La siguiente (Figura 10) contiene los resultados de QBR:

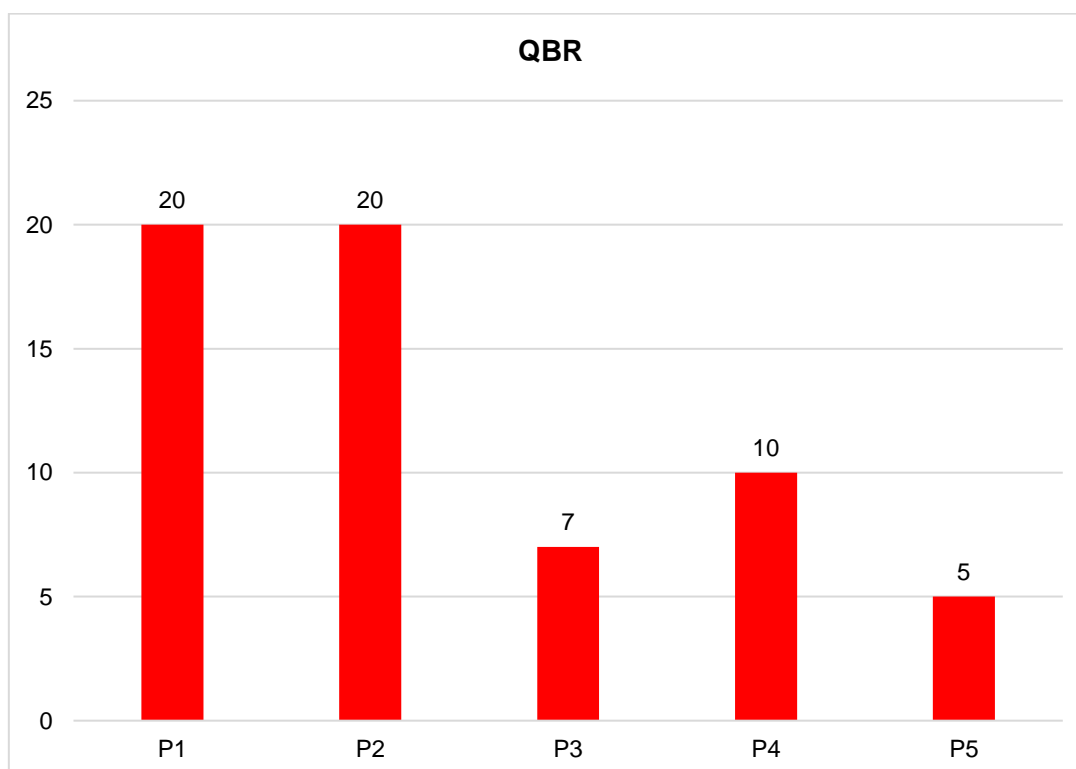


Figura 10. Índices de calidad del bosque de ribera del río Tarqui

Fuente: Elaboración propia

Además de que los resultados del índice QBR fueron de calidad pésima para el río Tarqui, en un estudio realizado por Quezada (2019), en riachuelos del páramo del Macizo del Cajas, obtuvieron en sus últimos puntos de muestreo en el río Vivar y río Yanuncay un índice con una calidad pésima. Por otra parte en un estudio realizado

en la microcuenca del río Zhululum en el cantón Gualaceo, obtuvieron un mejor índice QBR entre calidad buena, intermedia y mala calidad (Idrovo y Peñaherrera, 2011).

4.4.3 Índice de calidad del hábitat fluvial (IHF)

En el muestreo que se realizó en los puntos del río Tarqui se obtuvo un índice de calidad de hábitat fluvial regular, aunque en el punto 2 y el punto 5 tuvieron un valoración de 57, en el punto 3 de 60, en el punto 1 de 48 y el punto 4 de 55, según lo que se expresa en la siguiente (Figura 11) (Anexos 2).



Figura 11. Índices de calidad de hábitat fluvial del río Tarqui en los diferentes puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del índice de calidad IHF en el río Tarqui tuvieron una calidad regular, aunque en un estudio empleado en algunos riachuelos del Macizo del Cajas tuvieron como resultados de un índice regular y malo según (Quezada, 2019). Además, en un estudio realizado por Nugra (2014), en la sub cuenca del río Llaviuco obtuvo un en 8 estaciones un índice de calidad óptima y en dos estaciones restantes obtuvo un índice de calidad regular.

4.4.4 Variabilidad espacial y temporal

La variación espacial y temporal de cada parámetro se puede reflejar en las siguientes figuras:

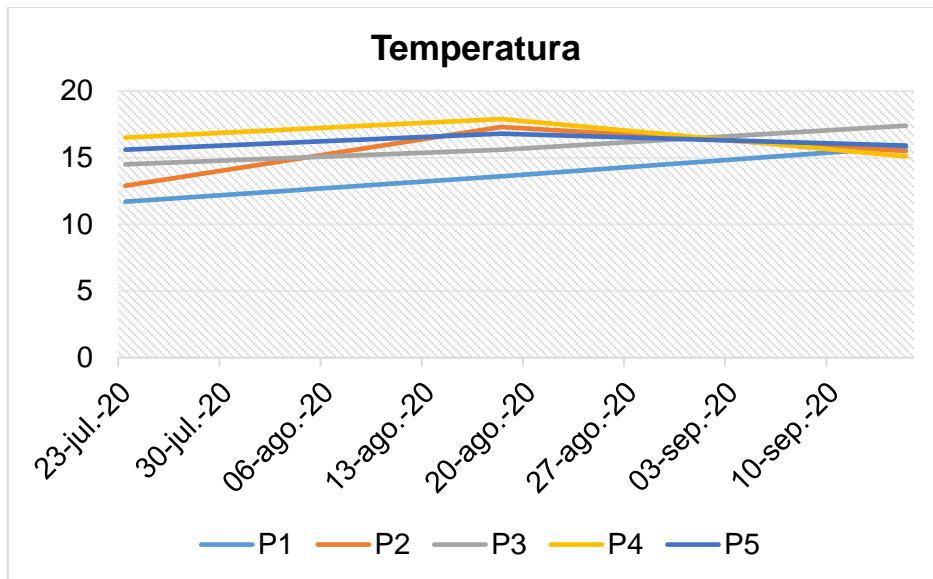


Figura 12. Variación espacial y temporal de la temperatura del río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

En el análisis se puede observar (Figura 12), que la temperatura en agosto en el P4 aumento en diferencia al mes de julio y septiembre, así también el P2 y P5 tuvieron un aumento de la temperatura en agosto en diferencia de los otros meses. Además se puede observar que la temperatura en el P1 y P3 fue ascendiendo en los meses de agosto y septiembre.

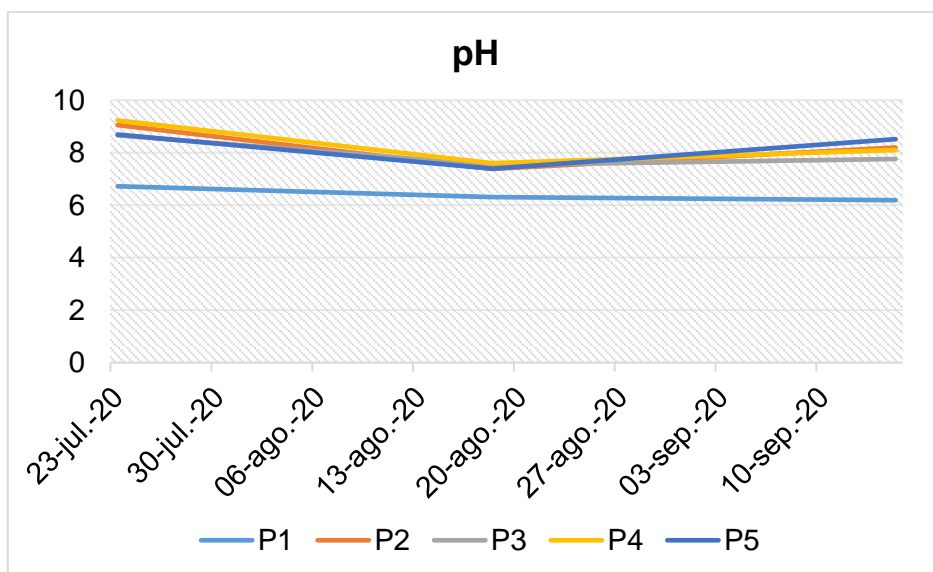


Figura 13. Variación espacial y temporal del pH del río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, se puede observar como existe una variación descendente del pH en el mes de agosto en P2, P3, P4 y P5, mientras que el P1 tiende a tener un pH constante en julio, agosto y septiembre.

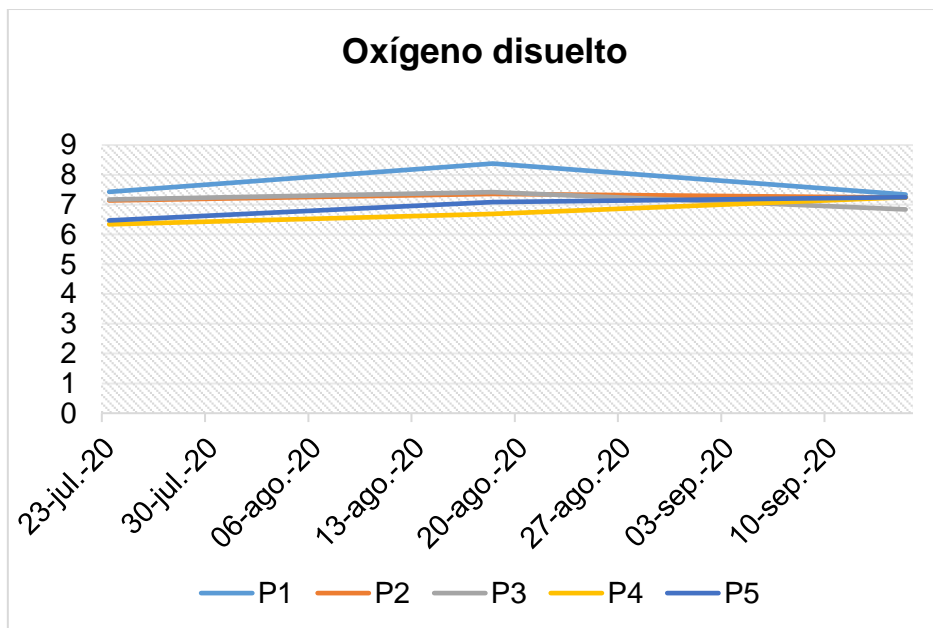


Figura 14. Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto del río Tarqui

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, se puede observar como existe un incremento del oxígeno disuelto en agosto en consideración de los otros meses, aunque en el P4 desde julio a septiembre se ve un aumento ascendente del oxígeno disuelto.

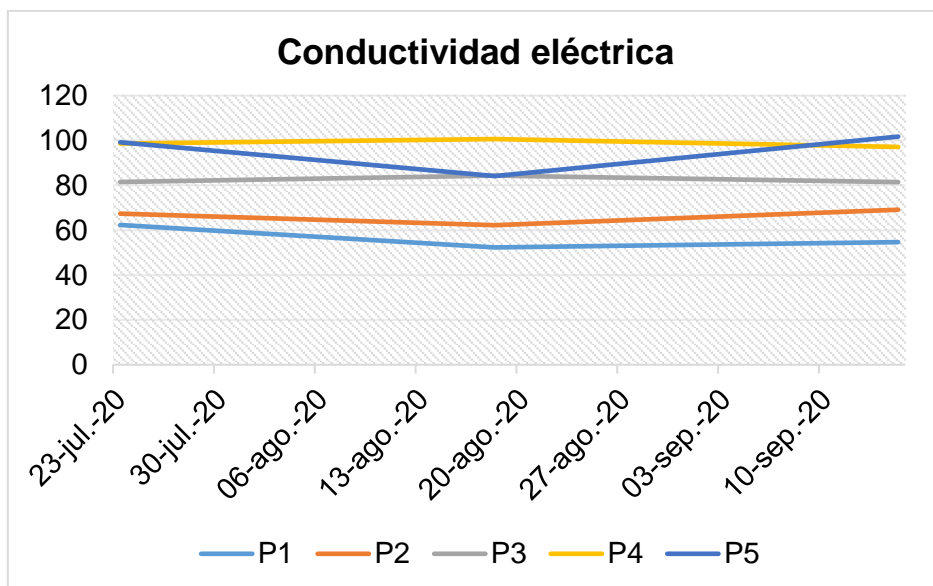


Figura 15. Variación espacial y temporal de la conductividad eléctrica del río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, se observa que en agosto la conductividad eléctrica del río baja en P1, P2 y P5 aunque en septiembre vuelve a aumentar. Además el P3 y P4 tiende a ser constantes ya que su conductividad eléctrica no varía mucho con respecto a los meses.

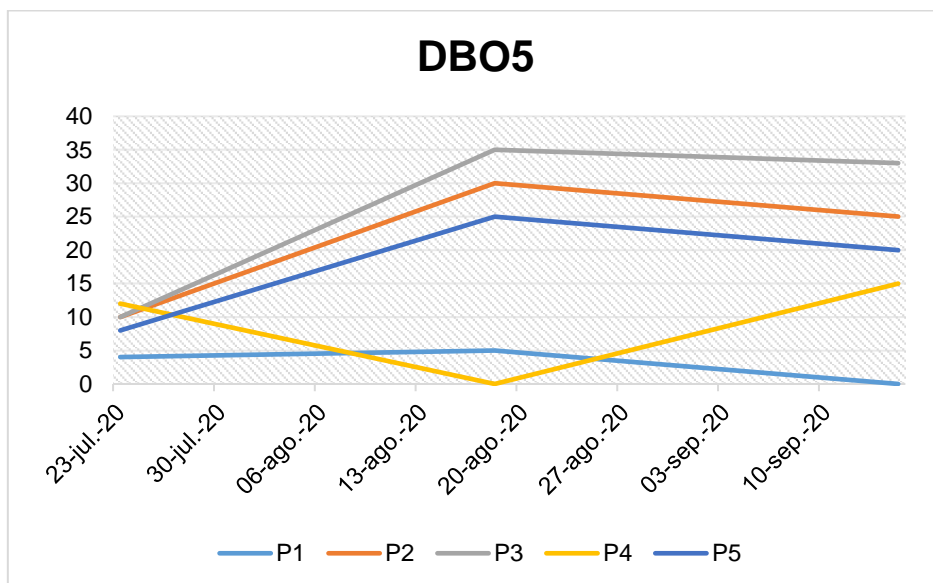


Figura 16. Variación espacial y temporal de la demanda química de oxígeno en el río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 16, en el mes de agosto en P1, P2, P3 y P5 existe un incremento de la demanda bioquímica de oxígeno, aunque en el P4 en agosto existe un decaimiento y en septiembre un aumento del DBO.

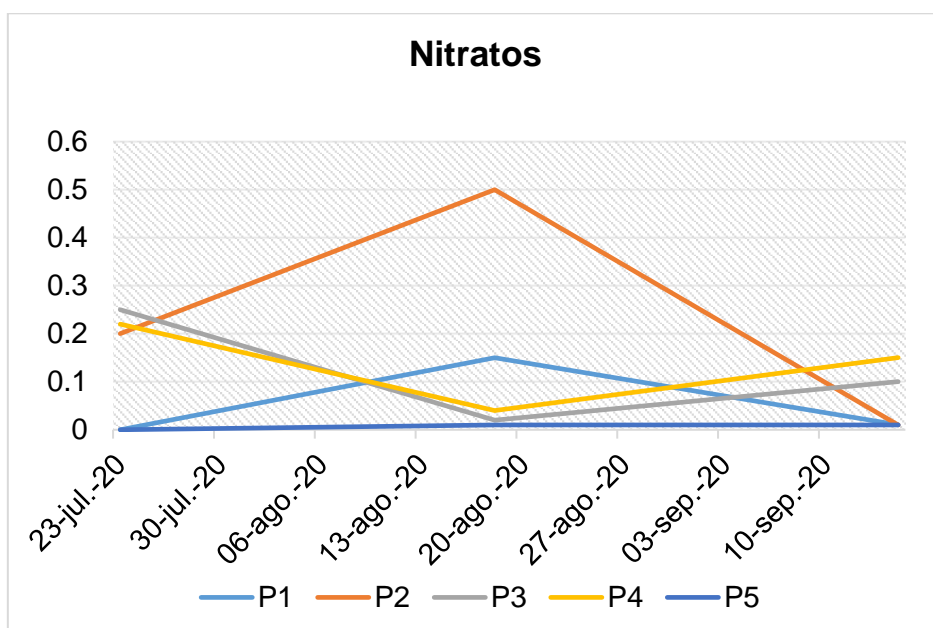


Figura 17. Variación espacial y temporal de nitratos en el río Tarqui.

Fuente: Elaboración propio

En la figura 17, en el mes de agosto el P1 – P2 muestran un aumento de nitratos y en el mes de septiembre baja considerablemente el nivel de nitratos presentes en el río Tarqui, así también P3 – P4 en agosto disminuye la concentración y en septiembre vuelve aumentar como en el mes de julio.

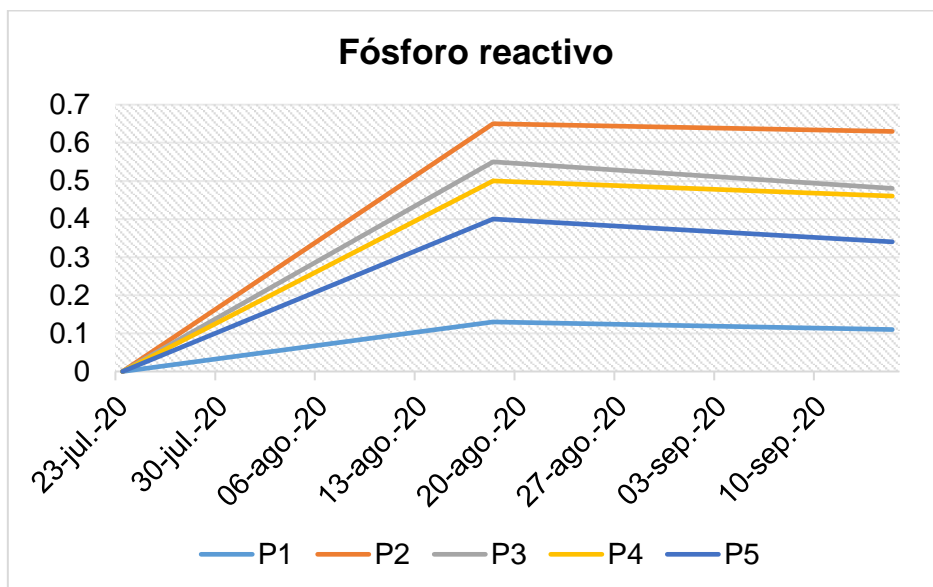


Figura 18. Variación espacial y temporal de fósforo reactivo presente en el río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se observa que en el mes de julio por el método utilizado no se pudo expresar la cantidad de fósforo presente en el río Tarqui, sin embargo en el mes de agosto y septiembre se puede verificar el aumento de fosforo tanto en P1, P2, P3, P4 y P5.

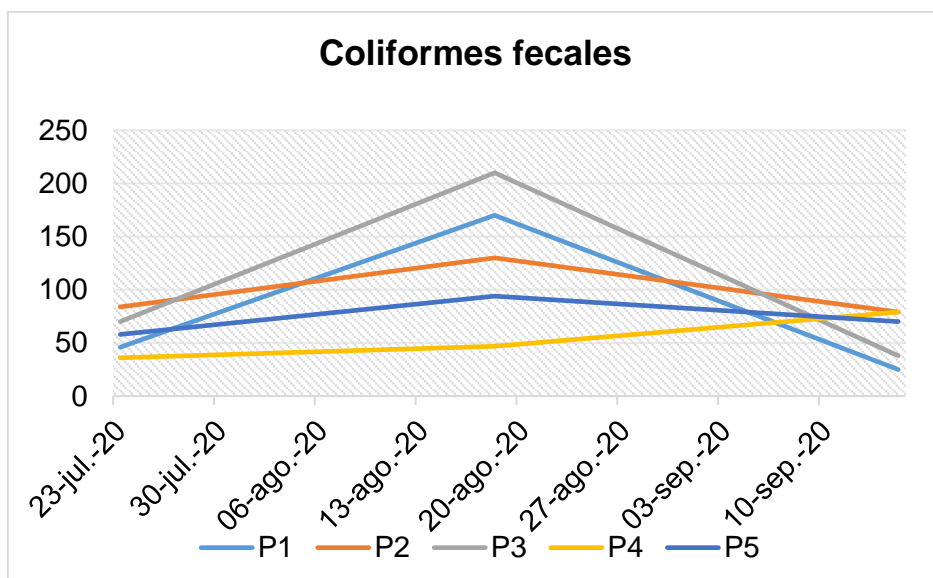


Figura 19. Variación espacial y temporal de los coliformes fecales presentes en el río Tarqui.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 19, en el mes de agosto la presencia de coliformes fecales en todos los puntos estudiados incrementa y en septiembre disminuyen a excepción de P4 que sigue en aumento.

4.4.5 Análisis físico – químicos realizados *in situ* en el río Tarqui

- **Temperatura**

Se evidenció que la temperatura muestreada en los lapsos de julio, agosto y septiembre, en los diferentes puntos se obtuvieron rangos de (11,7°C), (12,9 °C), (14,5 °C), (15,6 °C), hasta un máximo registrado de (17,9 °C), lo que se demostró que en ningún punto sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el Libro VI, Anexo I, Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), en los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuario (MAE, 2003) (figura 12).

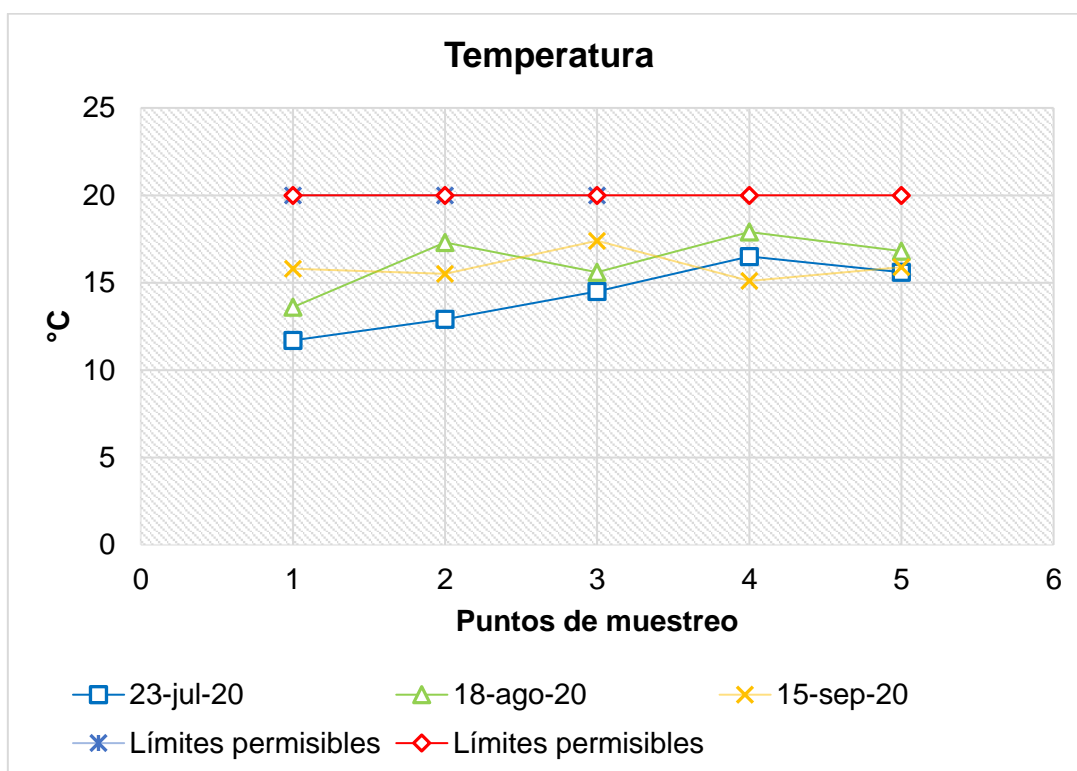


Figura 20. Obtención de la temperatura de manera *in situ* en los meses de julio, agosto y septiembre

Fuente: Elaboración propia

Por lo regular en regiones frías la temperatura varía entre 7°C – 10°C y en regiones calientes de 13°C – 30°C, además de considerado un parámetro de importancia ya que puede influir en la cantidad de oxígeno de un ecosistema acuático por la aceleración de los procesos de fotosíntesis (Sánchez, 2019).

- **pH**

Durante el muestreo que se realizó en los meses de julio, agosto y septiembre se pudo obtener rangos de 6,19, 7,53 y 9,23 respectivamente, los cuales se compararon con los límites permisibles descritos en el Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), lo cual establece que el límite permisible de Calidad Admisible para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces para pH está en un rango de 6 – 9, en lo que se pudo determinar que en el mes de julio sobrepasó el límite permisible establecido por el Acuerdo Ministerial 097-A en el punto 4 llegando a un valor de 9,23 de pH (Figura 13) (MAE, 2015).

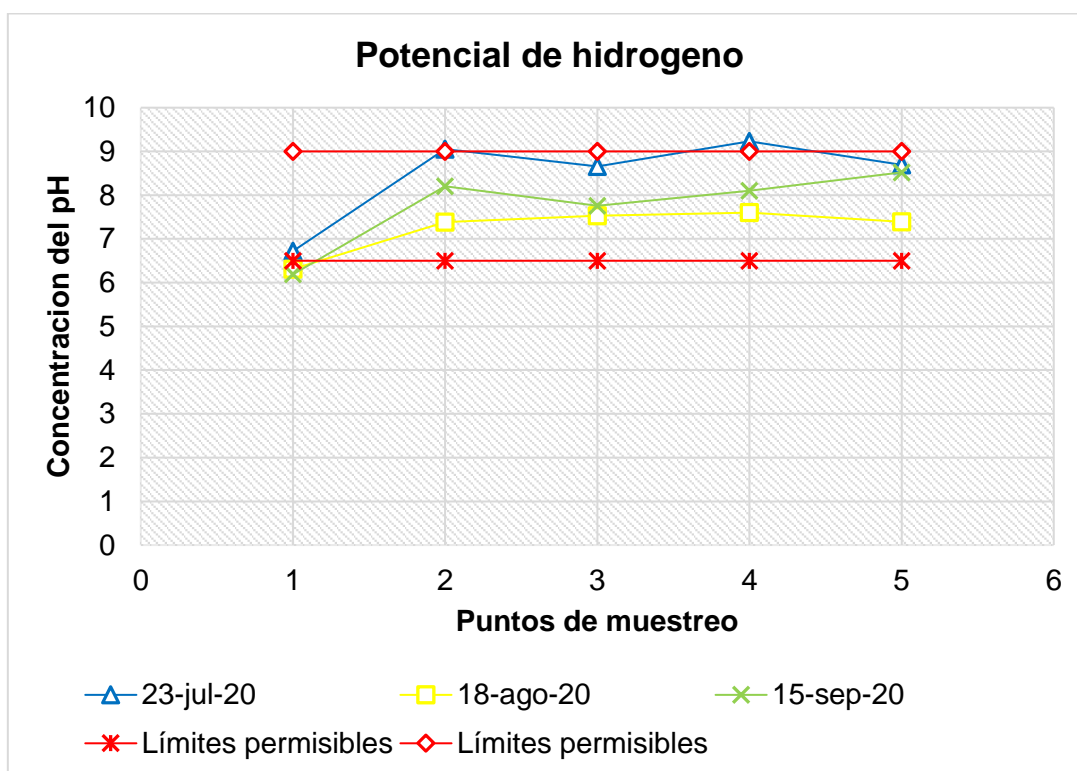


Figura 21. Obtención in situ del pH en los meses de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui

Fuente: Elaboración propia

Según Carvajal y Olives (2019), el potencial de hidrógeno se utilizó para verificar si el ecosistema acuático es ácido, alcalino o neutro, en lo que en el río Tarqui se

pudo observar mediante el análisis que en el punto 1 tiene aguas acidas, mientras que en los demás puntos se encuentran en un estado alcalino.

- **Oxígeno disuelto**

En los periodos de muestreo *in situ* se obtuvieron valores con rango de 6,34 mg/l, 6,69 mg/l, 7,9 mg/l hasta el valor más elevado que fue 8,38 mg/l, los cuales cumplieron con los límites máximo permisibles establecidos en el (TULSMA), ya que la Calidad Admisible para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces permite que el oxígeno disuelto sea mayor a 6 mg/L (Figura 14)(MAE, 2003).

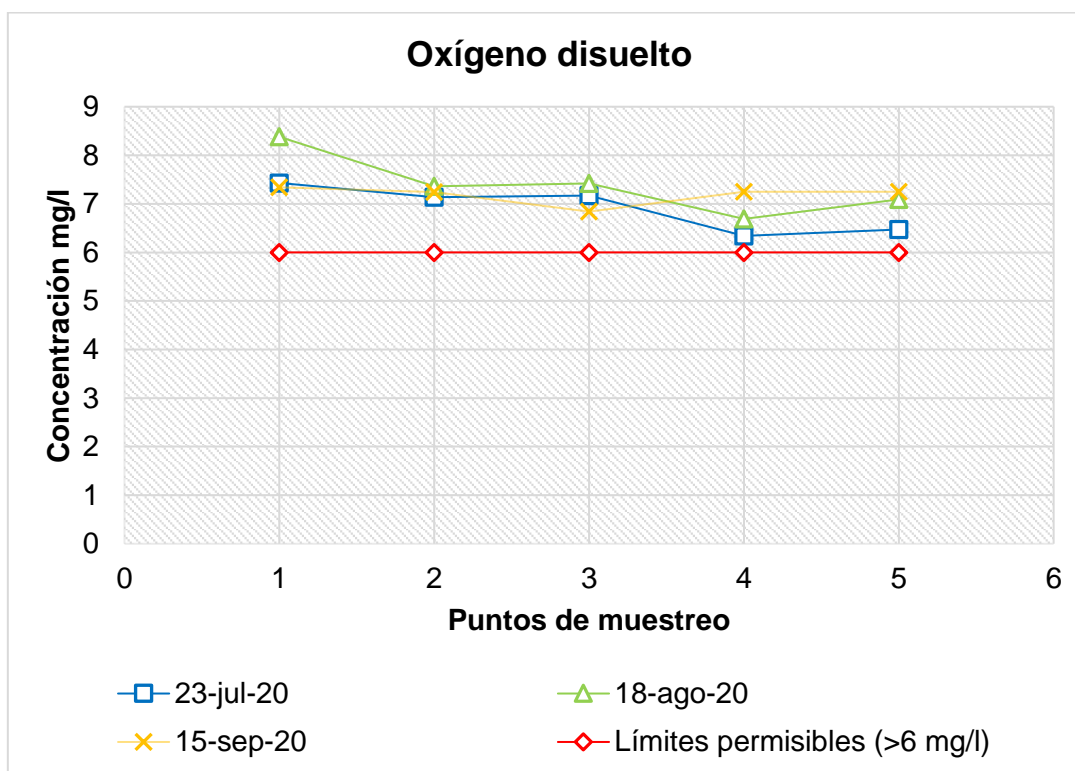


Figura 22. Obtención *in situ* del oxígeno disuelto en los meses de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui

Fuente: elaboración propia

Este parámetro permitió determinar la contaminación presente en el ecosistema acuático, ya que cuando existe la presencia de materia orgánica los microorganismos necesitan del oxígeno para su respiración y poder así degradarla (Maiquiza y Tonato, 2020).

- **Conductividad eléctrica**

En el parámetro muestreado de manera *in situ* se obtuvo en los meses de julio una conductividad eléctrica con un rango de 62,3 uS/cm a 99,2 uS/cm, en agosto con un

rango de 52,3 uS/cm a 100,6 uS/cm y en septiembre de 54,6 uS/cm a 101,7 us/cm (Tabla 15) (figura 15).

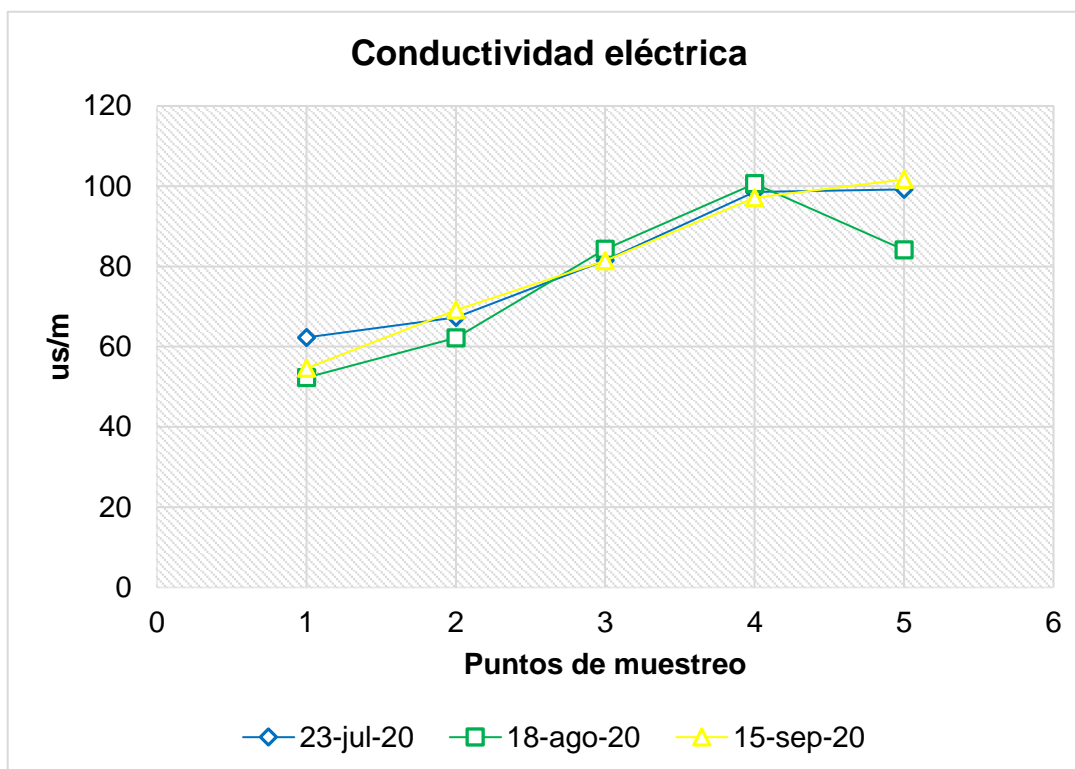


Figura 23. Obtención de la conductividad eléctrica in situ en el lapso de julio, agosto y septiembre.

Fuente: Elaboración propia

El parámetro es utilizado por los agricultores para determinar el uso de agua para riego por la concentración de minerales que tiene consigo (Carvajal y Olives, 2019).

4.5 Resultados en el laboratorio

Resultados de los análisis físico químicos ejecutados en el laboratorio CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre.

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

En los meses de muestreo se obtuvieron valores desde 4 mg/l, 15 mg/l hasta 35 mg/l, es por ello que se aplicó Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), en el que establece que el límite máximo permisible para la Calidad Admisible para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces de DBO₅ es de 20 mg/l, el cual en los meses de agosto y septiembre en los puntos 2 y 3 no cumplen con los límites máximos permisibles (figura 16) (MAE, 2015).

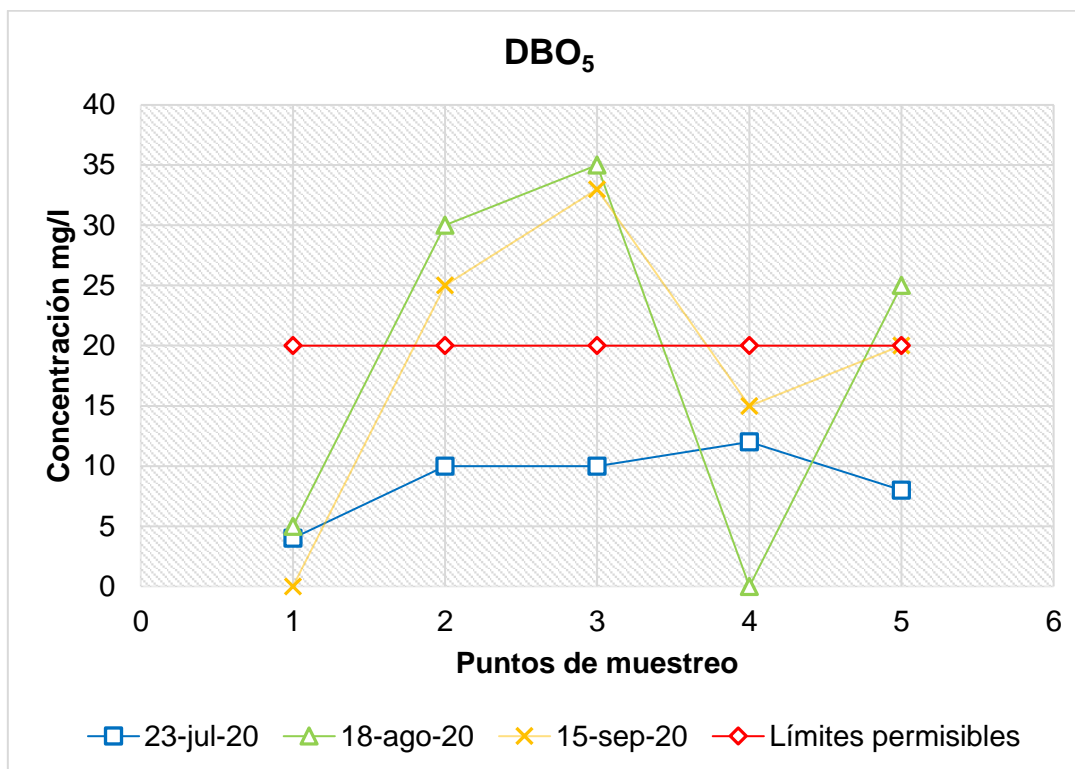


Figura 24. Obtención del DBO en los laboratorios del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre

Fuente: Elaboración propia

Según (Maiquiza y Tonato, 2020), cuando se presentan niveles altos de DBO_5 , es debido a que existe en el ecosistema acuático materia orgánica degradable los cuales son vertidos por fuentes agrícolas, ganaderas y residuales domésticas.

- **Nitratos**

Los muestreos realizados en los meses de julio, agosto y septiembre tienen rangos desde 0,01 mg/l, 0,25 mg/l, 0,22 mg/l hasta 0,25 mg/l y según los establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), el límite máximo permisible para la Calidad Admisible para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, es de 13 mg/l, el cual en los mes de julio en el punto 2, 3 y agosto en el punto 2 no cumplieron los límites máximos permisibles, siendo este uno de los principales problemas de eutrofización (Figura 17)(MAE, 2015).

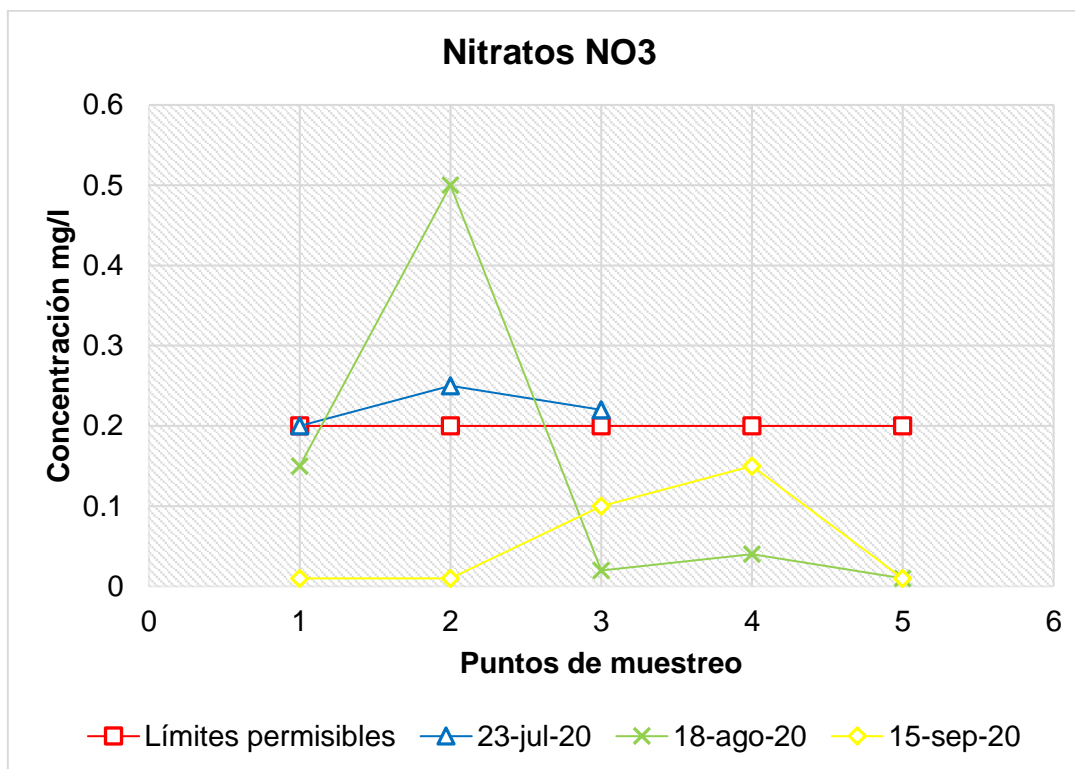


Figura 25. Obtención de los nitratos en el laboratorio del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre

Fuente: elaboración propia

El incremento de los nitratos en un ecosistema acuático es debido a la alta presencia de materia orgánica tanto de las aguas residuales como de los fertilizantes provocando una eutrofización del sistema (Carrillo y Urgilés, 2016).

- **Fósforo reactivo**

En los análisis del fósforo reactivo que se desarrolló en los laboratorios del CIITT en el mes de julio no se registró datos ya que la presencia de este parámetro fue demasiado pequeña y no fue captado por el método utilizado y en los meses de agosto se obtuvo valores de 0,13 mg/l, 0,65 mg/l, 0,55 mg/l, 0,5 mg/l y 0,4 mg/l y en el mes de septiembre se registraron los valores de 0,11 mg/l, 0,63 mg/l, 0,48 mg/l, 0,46mg/l y 0,36 mg/l, siendo en el punto 2 donde mayor presencia de fósforo reactivo se presentó (figura 18).

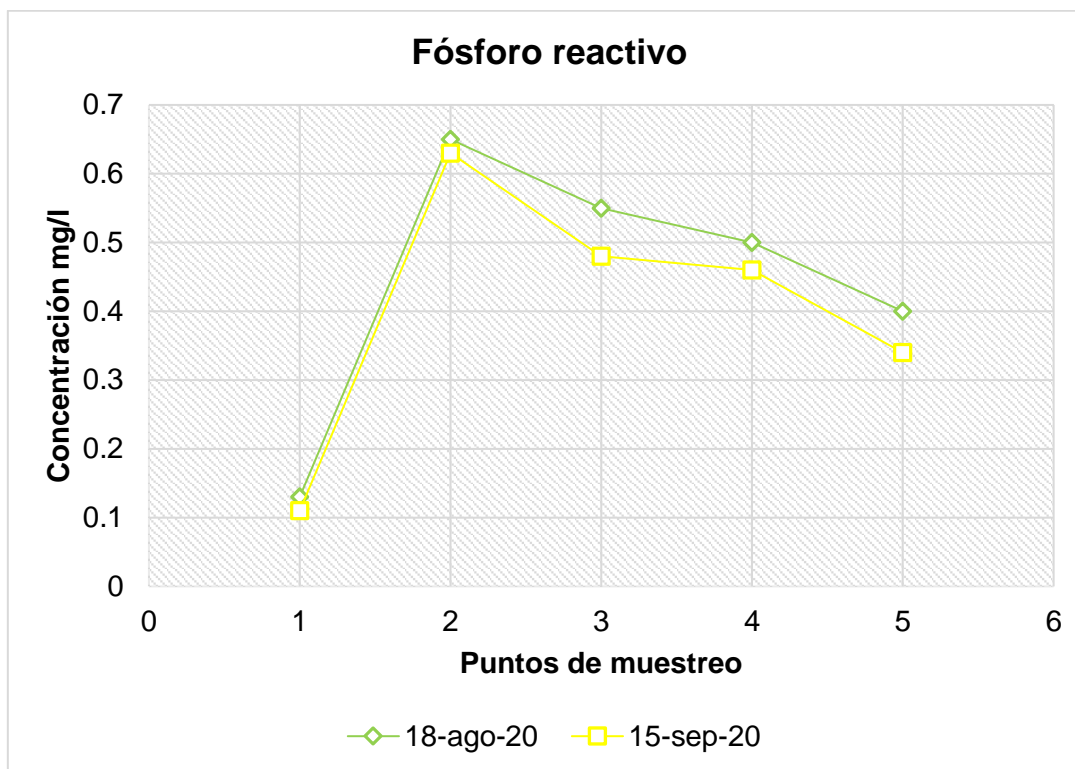


Figura 26. Obtención del fosforo reactivo en el laboratorio del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre

Fuente: Elaboración Propia.

Este compuesto está presente en las fuentes de agua provenientes de los detergentes, excretas humanas y del ganado, permitiendo el crecimiento de algas convirtiendo una zona eutrofizada como es en el caso del río Tarqui (Teixeira *et al.*, 2013).

- **Coliformes fecales**

Según el MAE (2015), establece que el límite máximo permisible de Calidad Admisible para la Preservación de la Vida Acuática y Silvestre en Aguas Dulces, expresados en el Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA) es de 200 (NMP/100 ml) y en los muestreos que se realizaron en el lapso de julio, agosto y septiembre se obtuvieron valores con un rango de 25 NMP/100ml, 36 NMP/100ml, 84 NMP/100ml, 170NMP/100ml, hasta 210 NMP/100ml, en el que se pudo verificar que en agosto en el punto tres no cumple con los límites máximos permisibles (Figura 19).

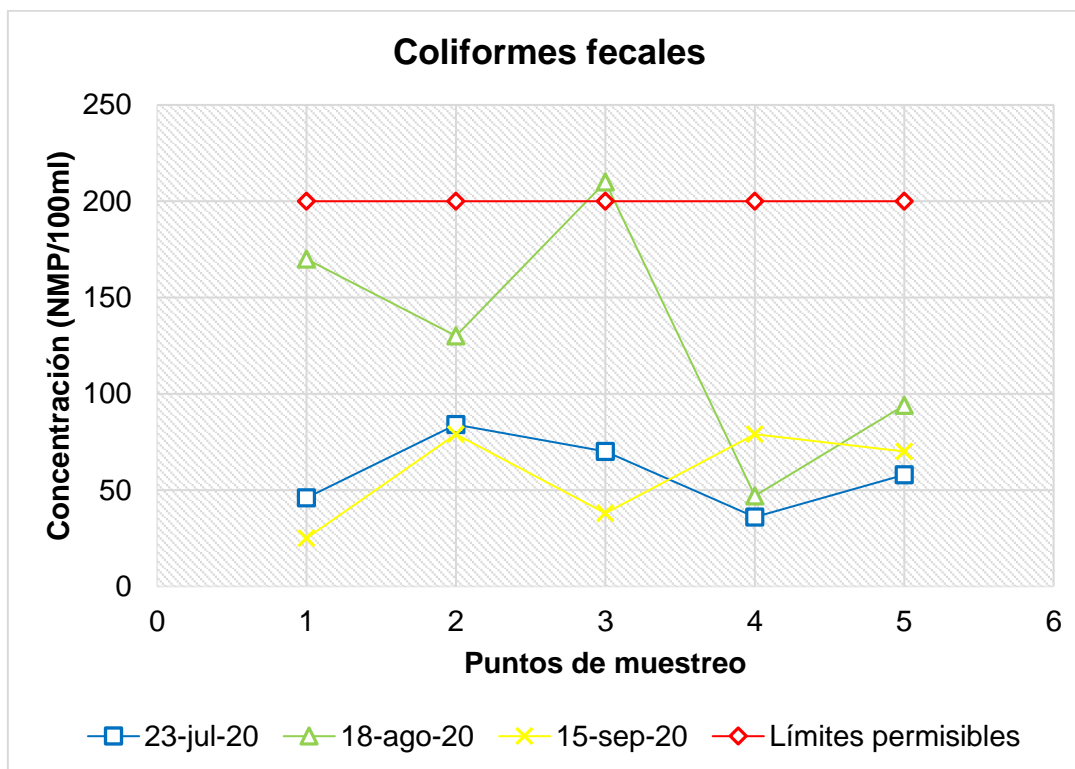


Figura 27. Obtención de coliformes fecales en los laboratorios del CIITT en el lapso de julio, agosto y septiembre

Fuente: Elaboración propia

Cuanto la concentración de coliformes fecales aumenta es debido a que existe una contaminación por actividad ganadera y por fuentes de descarga de aguas residuales lo que se ve notable en el río Tarqui (Sánchez, 2019).

4.6 Índices bióticos

4.6.1 Índice Shannon – Wiener

En la aplicación del índice de Shannon – Wiener se pudo verificar que en los puntos 1, 2, 3, 5, se encuentran en el rango de 1,6 – 3,4 diversidad media según la tabla 5, mientras que en el punto 4 se encuentra en un rango de 0 – 1,5 diversidad baja obteniendo (Figura 20).

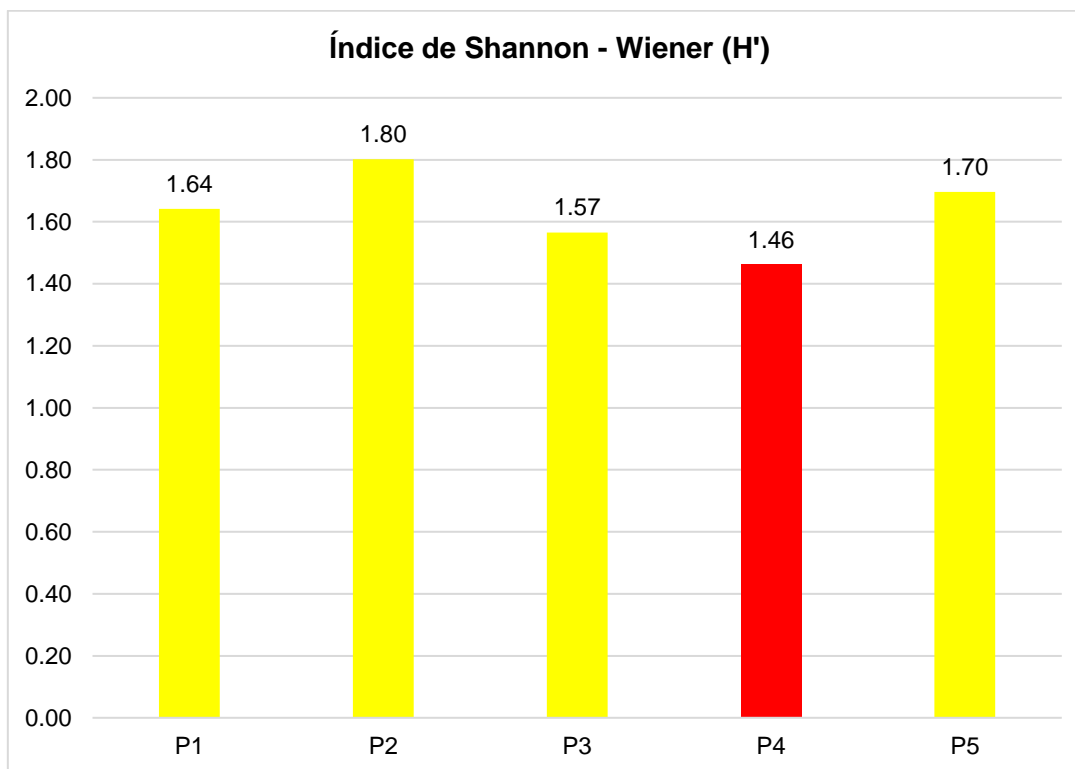


Figura 28. Determinación del índice de Shannon – Wiener (H')

En el río Tarqui se pudo observar que existe una presencia media y baja de diversidad de diatomeas. Además, en un estudio realizado en el macizo del Cajas sobre diatomeas encontraron que existe una diversidad de especies igual que en el río Tarqui en su parte media y baja (Sardi, 2018). Aunque, en un estudio realizado por Chasiqiza y Cola (2017), en el río Cutuchi, sector entrada al parque nacional Cotopaxi tienen una alta diversidad de diatomeas con un valor H' de 3,5; y en un estudio realizado en la microcuenca del río Chibunga, Chimborazo obtuvieron en sus dos puntos de muestreo una diversidad media de diatomeas, registrando valores de H' en el P1 de 2,42 y en el P2 un H' de 2,47 (Serrano, 2018).

4.6.2 Índice de polusensibilidad específica (IPS)

En la aplicación del índice de calidad IPS se verificó que en los 5 puntos de muestreo existe una mala calidad de agua encenrándose dentro del rango 1 – 4,9 según indica la tabla 6 (Figura 21).

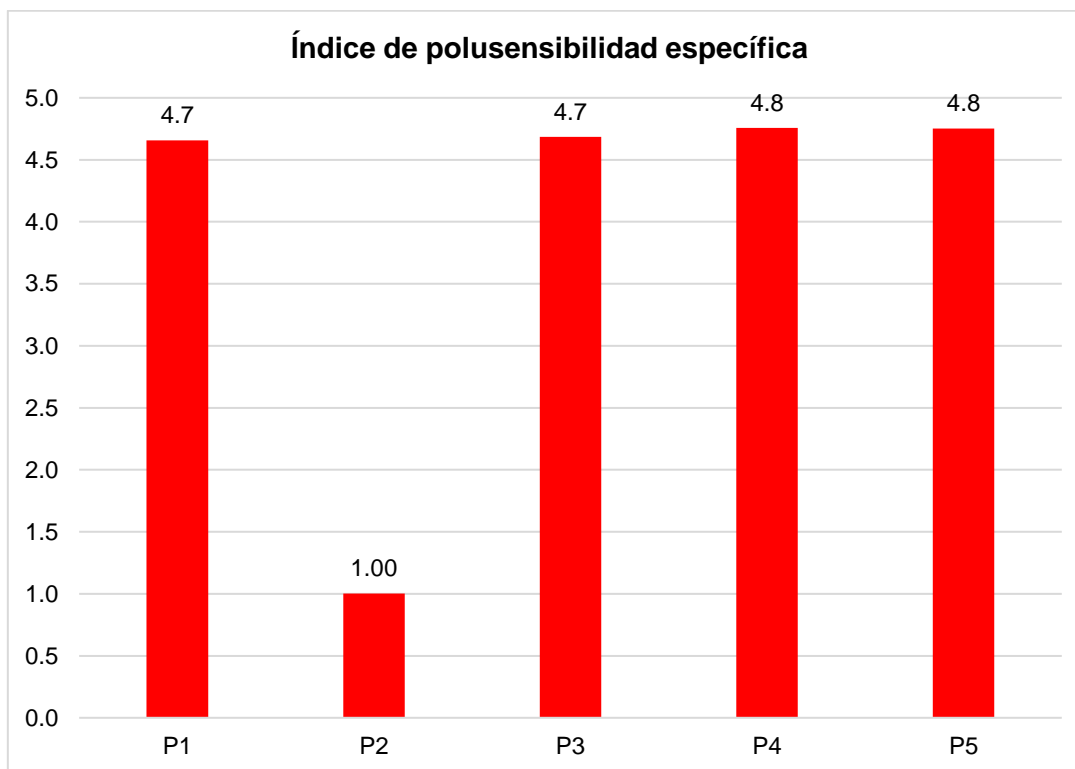


Figura 29. Determinación del índice IPS

Además en un estudio realizado en el río Blanco, en Morona Santiago, se han obtenido resultados del índice de polusensibilidad específica con un rango de 14 – 18 de buena y muy buena calidad de agua (Merino, 2018).

4.7 Análisis multivariado

4.7.1 Análisis de clúster

Se realizó el estudio en base a la ausencia y presencia de los organismos que se encontraron en los diferentes puntos de muestreo, en el que el 0 representó la ausencia y 1 la presencia de la especie, obteniendo como resultado en el programa PAST, que el P1 y P2 son sitios similares al igual que el P4 y P5, Además se observó en el diagrama que el P3 es un sitio que no comparte similaridad de especies con los demás sitios (Figura 22).

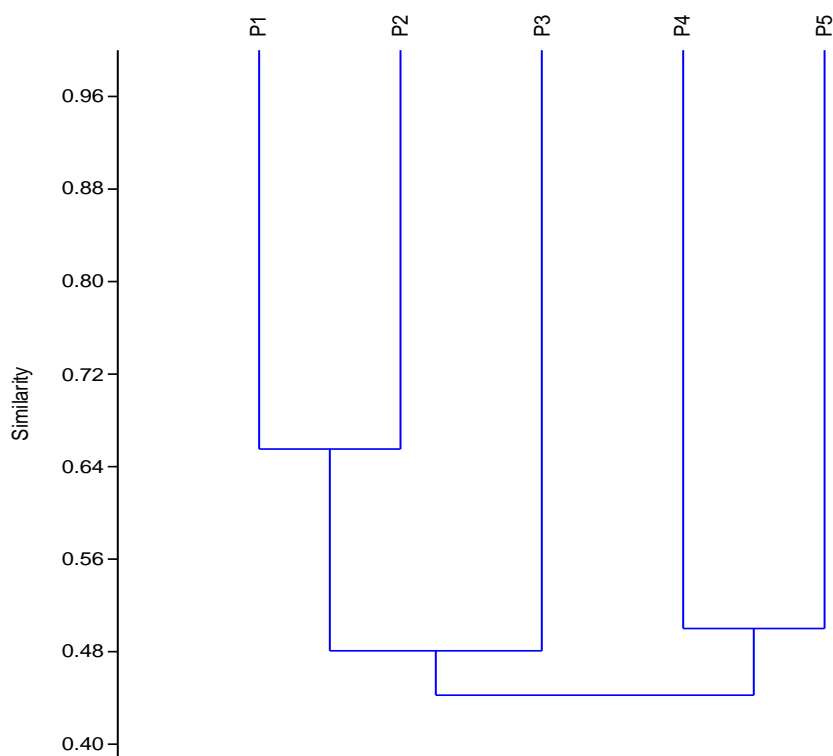


Figura 30. Diagrama de similitud taxonómica entre las diatomeas encontradas en los puntos muestreados en el lapso de julio, agosto y septiembre en el río Tarqui

Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Análisis de correspondencia canónica

El respectivo análisis de correspondencia canónica (CCA), se realizó para verificar la relación que existe entre las especies de diatomeas y las variables ambientales analizadas en 5 puntos de muestreo en los meses de julio, agosto y septiembre.

En el análisis se utilizaron las especies cuya abundancia relativa es mayor a 5 con la finalidad de evitar errores en el procesamiento de datos y las variables ambientales: Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, nitratos, fósforo reactivo, coliformes fecales y DBO₅. Además se observó que existe una variabilidad total en el eje 1 y eje 2 de 60,98%, obteniendo un gráfico con una confiabilidad buena (Figura 23).

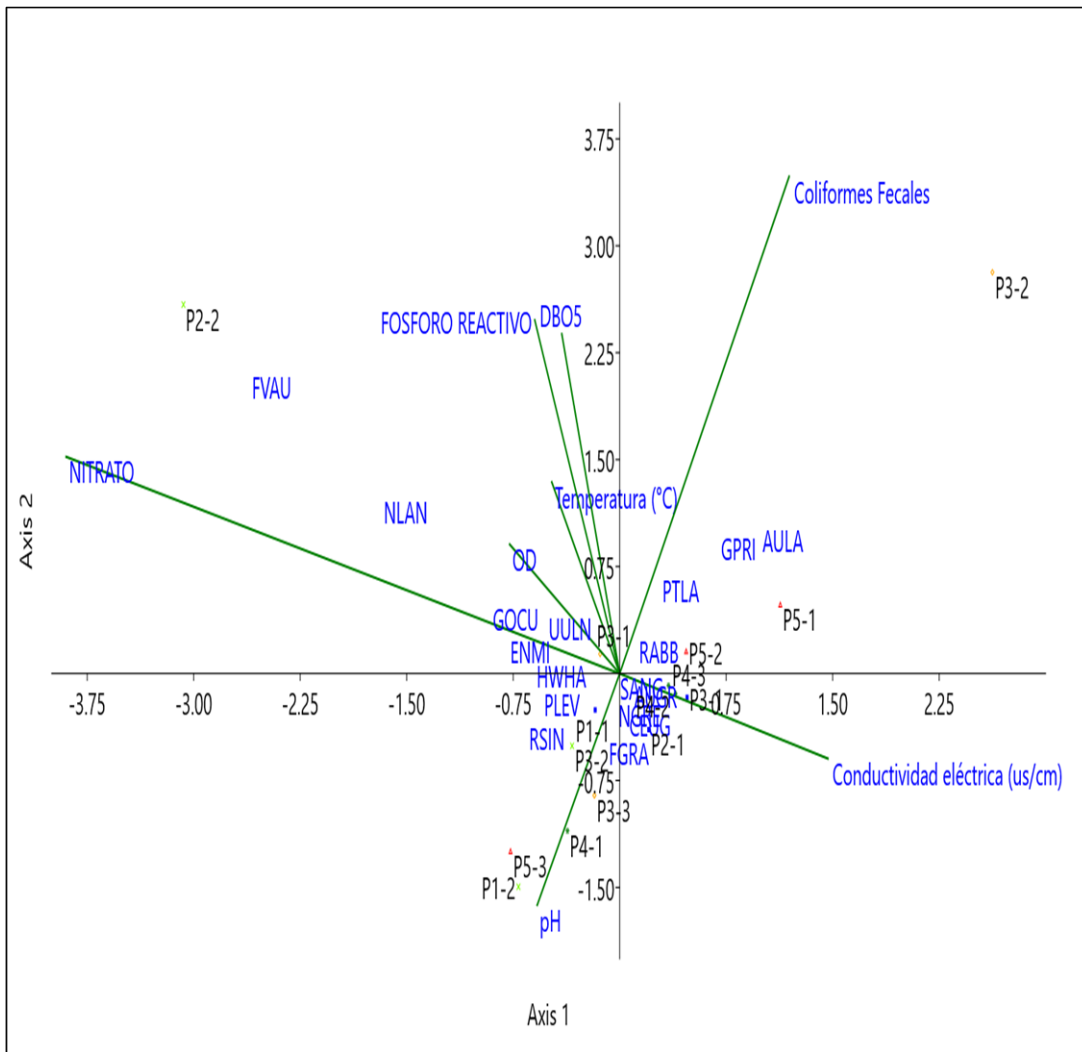


Figura 31. Correspondencia entre los parámetros físico químicos y especies de diatomeas mediante el CCA

Fuente: Elaboración propia

En (figura 23), se puede observar como los parámetros físico - químicos influyen sobre las diferentes especies de diatomeas encontradas en el río Tarqui como es el caso del nitrato que influye sobre la diatomea ENMI (*Encyonema minutum*), los coliformes fecales influyen en las especies PTLA (*Planothidium lanceolatum*) RABB (*Rhoicosphenia abbreviata*), GPRI (*Gomphonema pumilum var. Rigidum*), AULA (*Aulacoseira sp1*), el oxígeno disuelto influye sobre la UULN (*Ulnaria ulna*), el pH influye en las especies RSIN (*Reimeria sinuata*), PLEV (*Pleurosira laevis*) y la conductividad eléctrica influye en las especies SANG (*Surirella angusta*), CEUG (*Cocconeis euglypta*), AUGR (*Melosira varians*), NCRY (*Navicula cryptocephala*). Además, se puede observar que los parámetros: DBO₅, temperatura y fósforo reactivo, no influyen dentro de las diatomeas encontradas en el sistema hídrico.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES

- A partir del análisis realizado de uso y cobertura de suelo con el sistema de información geográfica (ArcGis), se pudo determinar que: la subcuenca del río Tarqui tiene el 18,93% de pastizales, con fines de alimentación para el ganado vacuno y animales menores como ovejas, el cual conlleva a la contaminación por las excretas producidas perjudicando la calidad del agua del río Tarqui.
- Se identificaron 35 especies de diatomeas, de las cuales 5 especies tuvieron una gran abundancia en el estudio, como fueron: *Pleurosira laevis*, *Melosira varians*, *Hydrosera whampoensis*, *Aulacoseira sp1* y la *Cocconeis euglypta* las cuales son destacadas por estar presentes en ecosistemas eutróficos y con alta conductividad, como el río estudiado.
- En el análisis de correspondencia canónica los parámetros: pH, conductividad eléctrica, nitratos, oxígeno disuelto y coliformes fecales, son los que mayor influyen dentro de las diatomeas identificadas.
- Se pudo determinar que existe en el río Tarqui un índice de calidad de bosque de ribera (QBR) pésimo y un índice de calidad de hábitat fluvial (IHF) regular.
- A través de análisis realizado por el índice de Shannon - Wiener se pudo determinar que en el río Tarqui existe en la temporada seca de julio, agosto y septiembre una diversidad media de diatomeas epílicas.
- A través del estudio de diatomeas, se pudo conocer que en el río Tarqui existe la presencia de una especie rara, con una buena abundancia y que solo se la ha podido encontrar en la costa como es el caso de la *Hydrosera whampoensis*.

CAPÍTULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Es importante que se realice un estudio de macroinvertebrados tomando como referencia los mismos puntos de muestreo para que se pueda realizar una comparación entre análisis físico – químicos y diatomeas para poder observar las diferencias que existen.
- Además es necesario profundizar el estudio ya que debemos de tomar en cuenta que el presente trabajo investigativo fue realizado es en una época seca y que se puede realizar en una época lluviosa.
- Realizar un estudio en la parte alta de la cuenca del río Tarqui y complementar con el estudio realizado en la parte media y baja del río.
- Realizar mayores estudios en el Azuay para comparar y verificar las especies que se encuentran presentes en cada una de las fuentes hídricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G., & Galarza, X. (2014). Protocolo de evaluación de la calidad biológica de los ríos de la región austral del Ecuador. *ETAPA EP, SENAGUA - DHS. Universidad de Cuenca. Programa PROMETEO de la SENESCYT, October*, 64.
- Agila, F. santiago C. (2019). *Asociación de la comunidad de anuros en tres niveles de conservación de la reserva privada “ El Madrigal ” en la Región Sur del Ecuador*.
- Altamirano, M. (2013). Estudio Hidroquímico de Calidad del Agua Superficial en la Cuenca del Río Mira [Universidad Central Ecuador]. En *Tesis* (Vol. 53, Número 9). [/citations?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fhl%3Dpt-BR%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1&citilm=1&citation_for_view=wS0xi2wA AAAJ:2osOgNQ5qMEC&hl=pt-BR&oi=p](#)
- Alvarado, E. (2017). Manual de Medición de Caudales. *Instituto Privado de Investigacion sobre cambio climatico*, 24. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medición-de-caudales-ICC.pdf>
- Astudillo, W. (2016). *Falta de control en la contaminación del agua provocado por los desechos tóxicos de las industrias al Río Machángara y la vulneración de los derechos ambientales* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8244/1/T-UCE-0013-Ab-428.pdf>
- Barahona, S., & Quezada, A. (2013). «Determinación de los Parámetros Físico, Químicos y Biológicos del Agua de Consumo Humano del Barrio Cuatro Esquinas Parroquia Eloy Alfaro Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi en el Periodo 2013» [Universidad Técnica de Cotopaxi]. En *Tesis* (Vol. 53, Número 9). [/citations?view_op=view_citation&continue=/scholar%3Fhl%3Dpt-BR%26as_sdt%3D0,5%26scilib%3D1&citilm=1&citation_for_view=wS0xi2wA AAAJ:2osOgNQ5qMEC&hl=pt-BR&oi=p](#)
- Blanco, S. (2015). *Diatomeas: Bioindicación en Aguas Dulces e Invasiones Biológicas*.
- Bravo, V. (2015). *Introducción a los impactos ambientales sobre los recursos naturales* (CONICET). Fundación Bariloche.

- Calizaya, J., Aventaño, M., & Delgado, I. (2013). *Evaluación de la Calidad del Agua Fluvial con Diatomeas (Bacillariophyceae), una Experiencia en Tacna, Perú*. www.rpmesp.com.
- Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). *Determinación Del Índice De Calidad De Agua Ica-Nsf De Los Ríos Mazar Y Pindilig* [Universidad de Cuenca]. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medición-de-caudales-ICC.pdf>
- Carvajal, J., & Olives, M. (2019). Determinación de Puntos de Muestreo para el Estudio de la calidad de Agua de la Acequia Pumamaqui. En *Tesis*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Castillo et al. (2007). Analisis de correlacion canonica (ACC) e investigacion cientifica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 405-422. http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/4.2/A9.pdf
- Cejudo, C. (2011). *Monitorización de los Ecosistemas Dulceacuícolas Mediante Métricas Basadas en Diatomeas*. Universidad de León.
- Chasiquiza, M., & Cola, G. (2017). *Determinación del Índice Trófico de la Calidad de Agua a Partir de la Presencia de Diatomeas Epilíticas en el Río Cutuchi Sector Parque Nacional Cotopaxi, Cantón Latacunga*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Cirujano et al., S. (2016). *Flora Acuática: Macrófitos*.
- COA. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983*, 1-92. http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/Transparencia/2017/07julio/A2/A NEXOS/PROCU_CODIGO_ORGANICO_ADMINISTRATIVO.pdf
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial, 20 de Octubre 2008*.
- Córdova, K. J. R. (2016). *Establecimiento de un índice biótico para determinar la calidad de aguas de los ríos andinos presentes en el Ecuador basado en poblaciones de diatomeas epilíticas*. Universidad Internacional SEK.
- Domínguez, G. A. M., & Rosero, C. A. R. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la Quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuquí, Provincia de Imbabura para*

el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí.

ETAPA EP. (2011). *Caudales del Río Tarqui.*

FAO. (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. En *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>

Fernández, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2), 70-73.

Flores et al. (2017). *Evaluación breve de la presencia de diatomeas y su relación con algunos parámetros físico-químicos en el río Pirro , parámetros físico-químicos en el río.* 31.

GAD Parroquial Tarqui, . (2015). *Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Tarqui Actualización 2015.* 4-442.

Gaspari et al., F. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas.* <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27877>

Giacomett, J., & Bersosa, F. (2006). *Macroinvertebrados Acuáticos y su Importancia como Bioindicadores de Calidad del Agua en el Río Alambi.* Appendix 1, 17-32.

Girón, J. A., & Gómez, C. (2004). Manual de manejo de cuencas. *San Salvador, SV*, 107.

Gómez, F. (2015). «*Evaluación del Estado de Eutrofización del Mar Alborán Mediante el Empleo Combinado De Imágenes de Satélite y de Muestras in Situ*» [Universidad de Málaga]. https://www.uma.es/media/files/TESIS_GOMEZ_JAKOBSEN_def.pdf

González, E. (2016). *Validación Parcial Del Método Espectrofotométrico Del Ácido Vanadomolibdofosfórico Para La Determinación Del Contenido De Fósforo Total En Productos De Fermentación De Microorganismos Eficientes* [Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas]. <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7291/GonzálezMartínezElizabet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Greenacre, M. (2008). Análisis de correspondencias canónico. *La práctica del análisis de correspondencias*, 1-11.

- Guartambel, C. P. (2008). Formulación de una propuesta de creación de un consejo de gestión de la microcuenca del río Tarqui, Cuenca-Ecuador. *Cell*, 151(4), 1-46. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.01.043>
- Guillén, A. (2010). *Banco de imágenes microscópicas Ibéricas*. <https://www.biodiversidadvirtual.org/micro/Melosira-varians-img297.html>
- Haro, A. (2019). *Evaluación De Dos Genes Como Código De Barras De Adn Para La Identificación De Diatomeas Epilíticas En Ecuador*. Universidad de las Americas.
- Hernández, S. (2016). *Diatomeas como indicadoras de calidad de agua en la Laguna Acahualinca (Managua, Nicaragua)*. 2(1), 10-18.
- Hooda et al. (2000). A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science of the Total Environment*, 250(1-3), 143-167. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00373-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00373-9)
- Idrovo, A., & Peñaherrera, D. (2011). *Aporte analítico e investigativo para la implementación del plan de manejo integrado de la microcuenca del río Zhululum en el cantón Gualaceo, Provincia del Azuay*.
- Jiménez, A. A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. 2(23).
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. *Registro Oficial*, 1-23.
- MAE. (2003). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. *Texto Unificado de Lesgislación Secundaria (TULSMA)*, 8-9.
- MAE. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, con Registro Oficial N° 387*. 1-184.
- Maiquiza, K., & Tonato, G. (2020). «Identificación de Diatomeas Epilíticas Asociadas a la calidad del Río Yanayacu, Sector San Juan, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, 2020» [Universidad Técnica de Cotopaxi]. En *Tesis* (Vol. 1). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Méndez, P. (2017). *Diversidad y Equidad Espacio - Temporal de la Comunidad de Diatomeas Epilíticas en la Microcuenca del Río Cebadas Provincia de Chimborazo*. Universidad Internacional SEK.
- Menéndez, A. (2015). *Actividades de la unidad de producción del hato bovino*

ESPAM MFL y la calidad ambiental del entorno.
<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/541/1/TMA108.pdf>

- Merino, K. (2018). «Determinación de la calidad de Agua Mediante el Uso de Diatomeas Bentónicas en el Tramo Padre Carollo - Paus, del Río Blanco. Parroqui Río Blanco, Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago». En *Tesis*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Minaya, R. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, Para Determinar La Calidad Del Agua En La Laguna Moronacocha, Época De Transición Creciente-Vacante. Iquitos. Peru. 2016. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*, 87.
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4690>
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1
- Miranda, S. K. R. (2016). *Evaluación del Estado Ecológico de los Ríos Perejil, Chuyuhual y Caballo Moro, en Base a Diatomeas Bentónicas*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Moacyr. (2012). Calidad De Agua En Embalses. *Calidad de Agua en Embalses*, 148.
https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/75/4/Unidade_2.pdf
- Montiu et al. (2014). Integrating membrane technologies and blending options in water production and distribution systems to improve organoleptic properties. The case of the Barcelona Metropolitan Area. *Journal of Cleaner Production*, 69, 250-259. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.032>
- Moreno et al. (2010). Metodos para identificar , diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS* 78, 25-33.
- Nieto et al, D. (2012). Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina para la Agricultura Familiar. En *Estudios ab*. <http://www.fao.org/3/i3055s/i3055s.pdf>
- Nugra, F. (2014). *Caracterización de la Ictiofauna dentro de la Sub cuenca del río Llaviuco* [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6677/1/UPS-CT003324.pdf>
- Oña, J., & Tonato, C. (2017). *Determinación Del Estado Trófico De Las Lagunas De Mojanda a Través De La Cuantificación De Clorofila "a"*. 36-56.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13140/1/T-UCE-0012-38.pdf>

- Ordóñez, J. (2010). LIMNOLOGÍA DEL EMBALSE DE SAU Relaciones del zooplancton , la clorofila y los sólidos en suspensión con el clima lumínico del agua zooplancton , la clorofila y los sólidos en suspensión con el clima lumínico del agua. *PhD Thesis*, 272 pp.
- Ortega et al., L. M. R. (2010). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, 13(3), 87-98.
- Ortega, F., Paracuellos, M., & Guerrero, F. (2004). *Corología de macrófitos acuáticos en Andalucía oriental*. 179-185.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., Vivas, S., Bonada, N., Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Moyà, G., Prat, N., Robles, S., Suárez, M. L., Toro, M., & Vidal-Abarca, M. R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4), 115-133.
- Pastuña, B. (2019). Modelación Matemática para Estimar Oxígeno Disuelto en el Agua, en Función de las Características Físicas del Cauce del Río San Pablo, Cantón la Maná Provincia de Cotopaxi, Durante el Periodo Octubre 2018 - Agosto 2019 [Universidad Técnica de Cotopaxi]. En *Tesis* (Vol. 11, Número 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SYSTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Perea, J. (2016). Analisis Multivariante Para Investigacion en Sistemas Agropecuarios (Analisis cluster). En *Articulo*.
- Pérez, G. R. (2016). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua : cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. 40(155), 254-274.
- Quelal, L. (2012). Documentación del procedimiento de laboratorio para la DBO5 en el laboratorio de control de calidad de la empresa de acueducto y alcantarillado de Pereira S.A.E.S.P. *Universidad Tecnológica De Pereira*, 1-25. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2854>
- Quezada, M. (2019). *Variación de la comunidad de macroinvertebrados y la relación con las características ambientales en riachuelos en el páramo del Macizo del Cajas*. Universidad del Azuay.

- Quintuña, J., & Samaniego, M. (2016). *Evaluación Físicoquímica Y Microbiológica Del Agua Potable De La Planta Potabilizadora Del Cantón Chordeleg* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24847/1/TESIS.PDF>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. 106(22), 6751-6755. <https://doi.org/10.1021/ja00334a047>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategías de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Conceptos y Experiencias* (p. 326).
- Roa, D. C. (2009). *Desarrollo de un índice de diatomeas perifíticas para evaluar el estado de los humedales de Bogotá*. April, 1-104.
- Rodriguez, C. H. (2007). Determinación de nitratos en aguas por espectrofotometría UV. *Quality*, 1-8. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Nitrato+en+agua+por+Espectrofotometría+UV.pdf/ee058d7c-98fd-4d6c-924c-b4e5864c2d32>
- San Martin, C., Ramirez, C., & Alvarez, M. (2003). *Macrófitos como bioindicadores: una propuesta metodológica para caracterizar ambientes dulciacuícolas*. 34(January 2003), 243-253.
- Sánchez, C. (2019). *Análisis Espacio Temporal de los Parámetros Físicoquímicos de la Quebrada las Delicias, Cerros Orientales Bogotá* (Vol. 11, Número 1) [Universidad Cooperativa de Colombia]. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Sánchez, D. (2010). *Calidad de las aguas Calidad del agua y su control*.
- Santana, J. M. L., & Zepeda, A. F. M. (2014). *Evaluación de la concentración de los grupos de fitoplancton: Diatomeas, Cianofitas, Clorofitas y Dinoflagelados y su relación con los parámetros físicoquímicos, en las aguas del río Estero Real, período junio-noviembre 2013*.
- Sardi, C. (2018). *La diversidad de algas diatomeas como herramientas de monitoreo para la gestión de la calidad de recursos hídricos, en los páramos del macizo del Cajas*. Universidad del Azuay.

- Schwarz, D. (1891). *Diatoms of North America*.
https://diatoms.org/species/hydrosera_whampoensis
- Segura, L. (2007). Estudio de Antecedentes Sobre la Contaminación Hídrica en Colombia. En *Tesis* (Vol. 3, Número September). Escuela Superior de Administración Pública.
- Serrano, P. (2018). «Diversidad y Riqueza de Especies de Diatomeas Epilíticas de la Microcuenca del Río Chibunga, Chimborazo». En *Facultad de ciencias naturales y ambientales*. Universidad Internacional SEK.
- Sierra, C. (2017). Calidad del agua. En *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula* (Vol. 4, Número 7). <https://doi.org/10.29057/esat.v4i7.2202>
- Silva et al., G. V. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60, 41-48.
<http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>
- Teixeira et al. (2013). Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna. *Revista Facultad de Ingeniería*, 67, 172-182.
- Toro et al. (2003). Diagnostico de la calidad del agua en sistemas loticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile). *Sociedad Chilena De Ingeniería Hidráulica Xvi Congreso Chileno De Ingeniería Hidráulica*, 11.
https://www.academia.edu/36322750/SOCIEDAD_CHILENA_DE_INGENIERÍA_A_HIDRÁULICA_XVI_CONGRESO_CHILENO_DE_INGENIERÍA_HIDRÁULICA_DIAGNOSTICO_DE_LA_CALIDAD_DEL_AGUA_EN_SISTEMAS_LOTICOS_UTILIZANDO_DIATOMEAS_Y_MACROINVERTEBRADOS_BENTONICOS_COMO_BIOINDICADORES_RIO_M
- Toro et al. (2009). *Aguas Continentales Corrientes. Ecosistemas Lóticos*.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. 8(15), 79-94.
- Valqui, B. K. G., & Tafur, D. L. (2015). *Uso de diatomeas (Bacillariophyceae) como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas- Perú, 2014-2015*.

WU, B. Y. Z. (2009). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica [Universidad Estatal a Distancia]. En *Orton.Catie.Ac.Cr.* <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2242E/A2242E.PDF>

ANEXOS

Anexo 1. Protocolo empleado para la determinación del Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR)

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA RIBERA EN LA REGION AUSTRAL DEL ECUADOR: ECOSISTEMAS DE BOSQUES DE RIBERA		
Apartados	Puntuación	
1. Grado de cubierta de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	Orilla Izq.	Orilla Der.
> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	12,5	12,5
50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	5	5
10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	2,5	2,5
< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	0	0
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	5	5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es > 50%	2,5	2,5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25 - 50%	-2,5	-2,5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25%	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
2. Estructura de la cubierta de la zona de ribera	Orilla Izq.	Orilla Der.
Recubrimiento de árboles es > 75 %	12,5	12,5
Recubrimiento de árboles es entre 50 -75 %	5	5
Recubrimiento de árboles es < 50 %	2,5	2,5
Sin árboles, arbustos por debajo del 10 % o sólo vegetación herbácea	0	0
Gradiente de estratificación evidente y conectado: Dosel de árboles, sotobosque arbustivo y vegetación herbácea	5	5
Concentración de arbustos es > 50 %	5	5
Concentración de arbustos es entre 25 -50 %	2,5	2,5
Concentración de arbustos es < 25 %	1	1
Presencia de epífitas (p. ej. Bromelias)	2,5	2,5
Árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin continuidad	-2,5	-2,5
Existe una distribución regular (linealidad) en los árboles	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		

	Orilla Izq.	Orilla Der.
3. Calidad de la cubierta de la zona de ribera		
Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	12,5	12,5
Como máximo un 25% de la cobertura es de árboles introducidos Pinus,(Eucalyptus y Salix)	5	5
26 - 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	2,5	2,5
Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	0	0
Presencia de cultivos, pastizales o actividad ganadera	-5	-5
Presencia de construcciones (p. ej. casas, industrias)	-5	-5
Presencia de senderos o caminos	-2,5	-2,5
Presencia de vías asfaltada	-5	-5
Presencia de otras actividades que modifiquen las riberas (p. ej. dragados, minería informal)	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		
4. Grado de naturalidad del canal fluvial		
El canal del río no ha sido modificado		25
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		10
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		5
Presencia de alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		-15
Presencia de alguna estructura sólida dentro del lecho del río (p. ej. columnas de puentes)		-10
Presencia de pequeños vertidos		-5
Presencia de grandes vertidos		-15
Presencia de pequeñas derivaciones del flujo normal del agua		-5
Presencia de grandes derivaciones del flujo normal del agua		-15
Presencia de basuras de forma puntual pero abundantes		-5
Presencia de un basurero permanente en el tramo estudiado		-10
Presencia de lavanderías informales de ropa		-5
TOTAL		
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)		

Anexo 2. Protocolo empleado para la determinación de índice de calidad de hábitat fluvial (IHF)

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL HABITAT FLUVIAL EN LA REGION AUSTRAL DEL ECUADOR		
Apartados		Puntuación
1. Inclusión y limitación de sustrato		
	Piedras y cantos no fijados por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10
	Piedras y cantos poco fijados por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5

	Piedras y cantos medianamente fijados por sedimentos finos. Inclusión >60%.	3		
	Sólo substrato fino (arena y/o limo).	1		
	Sólo grandes bloques.	0		
TOTAL (escoger una categoría)				
2. Frecuencia de rápidos				
	Alta frecuencia de rápidos.	10		
	Escasa frecuencia de rápidos.	8		
	Ocurrencia ocasional de rápidos.	6		
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros.	4		
TOTAL (escoger una categoría)				
3. Composición del substrato				
	Bloques y Piedras	Cantos y Gravas	Arena	Arcilla y Limo
Unid. Muest. 1				
Unid. Muest. 2				
Unid. Muest. 3				
Unid. Muest. 4				
Unid. Muest. 5				
Unid. Muest. 6				
Unid. Muest. 7				
Unid. Muest. 8				
Total Observ.				
	% Bloques y piedras	2 Observaciones	2	
		> 2 Observaciones	5	
	% Cantos y gravas	2 Observaciones	2	
		> 2 Observaciones	5	

	% Arena	2 Observaciones	2
		> 2 Observaciones	5
	% Arcilla y Limo	2 Observaciones	2
		> 2 Observaciones	5
TOTAL (escoger una categoría)			
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
somero:< 0.5 m	4 categorías: lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10
	Sólo 3 de las 4 categorías		8
lento:< 0.3 m/s	Sólo 2 de las 4 categorías		6
	Sólo 1 de las cuatro categorías		4
TOTAL (escoger una categoría)			
5. Sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas		10
	Totalmente en sombra		7
	Grandes claros		5
	Expuesto		3
TOTAL (escoger una categoría)			
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de alguna categoría, el valor de ser 0 puntos)			
	Hojarasca	10 - 75%	4
		< 10% o > 75%	2
	Presencia de troncos y ramas		2
	Raíces expuestas		2
	Diques naturales		2
	TOTAL (escoger una categoría)		
7. Cobertura de vegetación acuática (si hay ausencia de alguna categoría, el valor de ser 0 puntos)			

	Plocon + briófitos	10 - 50%	10
		< 10% o >50%	5
	Pecton	10 - 50%	10
		< 10% o >50%	5
	Fanerógamas	10 - 50%	10
		< 10% o >50%	5
TOTAL (escoger una categoría)			
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)			

Anexo 3. Especies encontradas en el P1 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)

Fuente: Omnidia

ESPECIES	CÓDIGO	V	S
<i>Pleurosira laevis</i>	PLEV	3	2
<i>Melosira varians</i>	AUGR	1	4
<i>Aulacoseira sp1</i>	AULA	1,4	3,8
<i>Hydrosera whampoensis</i>	HWHA	3	2
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGRA	1	4,8
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN	1	3
<i>Eunotia monodon</i>	EMON	2	5
<i>Cocconeis euglypta</i>	CEUG	1	3,6
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PTLA	1	4,6
<i>Planothidium minutissimum</i>	PMNT	1	4
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	1	3,8
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	1	3,4
<i>Frustulia vulgaris</i>	FVUL	3	4

<i>Pinularia viridis</i>	PVIR	2	4
<i>Pinnularia microstauron</i>	PMIC	3	2,5
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	1	2
<i>Gomphonema occultum</i>	GOCU	1	5
<i>Gomphonema saprophilum</i>	GSPP	1	2
<i>Gomphonema pumilum</i> <i>var. rigidum</i>	GPRI	1	3,5
<i>Gomphonema sp1.</i>	GOMP	1,9	3,6
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	1	4
<i>Encyonema minutum</i>	ENMI	2	4
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN	1	4,8
<i>Cymbella tumida</i>	CTUM	3	3
<i>Epithemia turgida</i>	ETUR	2	5

Anexo 4. Especies encontradas en el P2 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)

Fuente: Omnidia

ESPECIES	CÓDIGO	V	S
<i>Pleurosira laevis</i>	PLEV	3	2
<i>Melosira varians</i>	AUGR	1	4
<i>Aulacoseira sp1</i>	AULA	1,4	3,8
<i>Hydrosera whampoensis</i>	HWHA	3	2
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGRA	1	4,8
<i>Eunotia monodon</i>	EMON	2	5

<i>Cocconeis euglypta</i>	CEUG	1	3,6
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PTLA	1	4,6
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	1	3,8
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	1	3,4
<i>Navicula sp1</i>	NAVI	1,9	3,4
<i>Pinnularia patagonensis</i>	PPTG	2,3	4,7
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	1	2
<i>Gomphonema occultum</i>	GOCU	1	5
<i>Gomphonema saprophilum</i>	GSPP	1	2
<i>Gomphonema pumilum</i> <i>var. rigidum</i>	GPRI	1	3,5
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	1	4
<i>Encyonema minutum</i>	ENMI	2	4
<i>Encyonema gracile</i>	ENGR	2	5
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN	1	4,8
<i>Cymbella tumida</i>	CTUM	3	3
<i>Epithemia adnata</i>	EADN	3	4
<i>Epithemia turgida</i>	ETUR	2	5

Anexo 5. Especies encontradas en el P3 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)

Fuente: Omnidia

ESPECIES	CÓDIGO	V	S
<i>Pleurosira laevis</i>	PLEV	3	2

<i>Melosira varians</i>	AUGR	1	4
<i>Aulacoseira sp1</i>	AULA	1,4	3,8
<i>Hydrosera whampoensis</i>	HWAH	3	2
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGRA	1	4,8
<i>Cocconeis euglypta</i>	CEUG	1	3,6
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PTLA	1	4,6
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	1	3,8
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	1	3,4
<i>Surirella sp1</i>	SURI	2,2	3,6
<i>Gomphonema pumilum</i> <i>var. rigidum</i>	GPRI	1	3,5
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	1	4
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN	1	4,8

Anexo 6. Especies encontradas en el P4 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)

Fuente: Omnidia

ESPECIES	CÓDIGO	V	S
<i>Pleurosira laevis</i>	PLEV	3	2
<i>Melosira varians</i>	AUGR	1	4
<i>Hydrosera whampoensis</i>	HWAH	3	2
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGRA	1	4,8
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN	1	3
<i>Eunotia monodon</i>	EMON	2	5
<i>Cocconeis euglypta</i>	CEUG	1	3,6

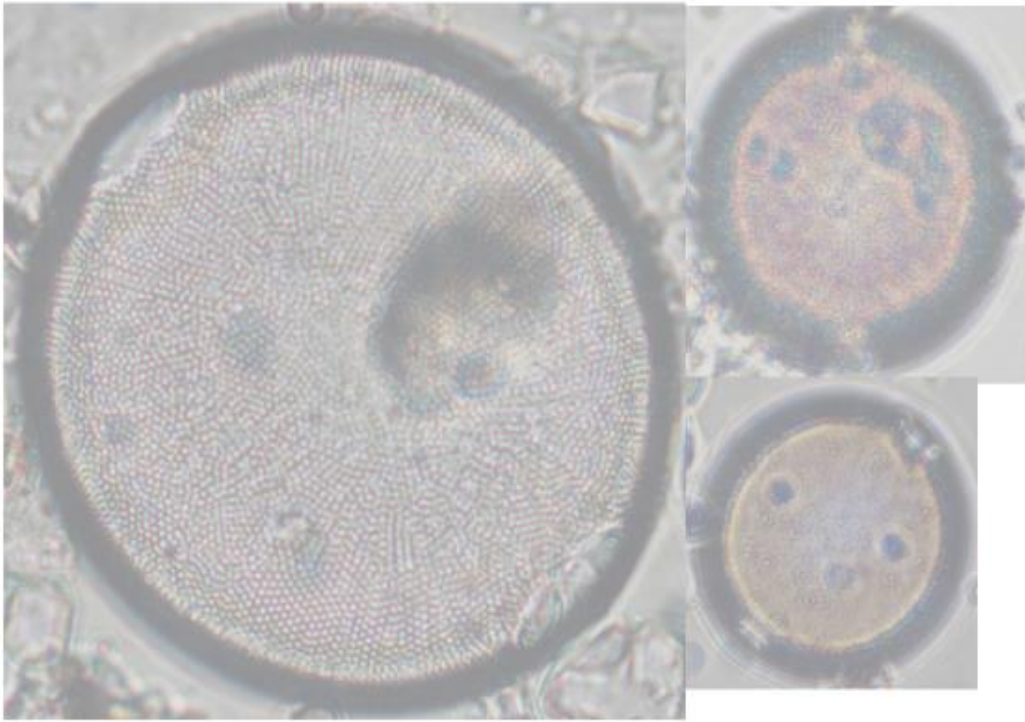
<i>Navicula cryptocephala</i>	NCRY	2	3,5
<i>Navicula gregaria</i>	NGRE	1	3,4
<i>Surirella angusta</i>	SANG	1	4
<i>Gomphonema occultum</i>	GOCU	1	5
<i>Gomphonema pumilum</i> <i>var. rigidum</i>	GPRI	1	3,5
<i>Rhoicosphenia</i> <i>abbreviata</i>	RABB	1	4
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN	1	4,8

Anexo 7. Especies encontradas en el P5 de muestreo del río Tarqui con su respectivo valor de tolerancia a la contaminación (V) y su valor de sensibilidad a la contaminación (S)

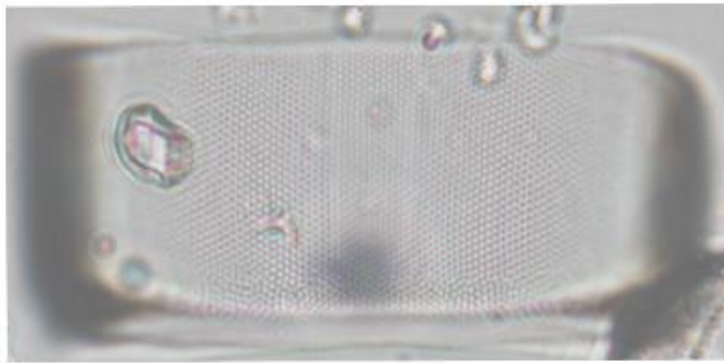
Fuente: Omnidia

ESPECIES	CÓDIGO	V OMNIDIA	S
<i>Pleurosira laevis</i>	PLEV	3	2
<i>Melosira varians</i>	AUGR	1	4
<i>Aulacoseira sp1</i>	AULA	1,4	3,8
<i>Hydrosera whampoensis</i>	HWHA	3	2
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	FVAU	1	3,4
<i>Fragilaria gracilis</i>	FGRA	1	4,8
<i>Ulnaria ulna</i>	UULN	1	3
<i>Eunotia monodon</i>	EMON	2	5
<i>Cocconeis euglypta</i>	CEUG	1	3,6
<i>Planothidium lanceolatum</i>	PTLA	1	4,6
<i>Navicula lanceolata</i>	NLAN	1	3,8
<i>Navicula rostellata</i>	NROS	3	3

<i>Navicula cryptocephala</i>	NCRY	2	3,5
<i>Frustulia vulgaris</i>	FVUL	3	4
<i>Pinularia viridis</i>	PVIR	2	4
<i>Surirella angusta</i>	SANG	1	4
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAP	1	2
<i>Gomphonema occultum</i>	GOCU	1	5
<i>Gomphonema saprophilum</i>	GSPP	1	2
<i>Gomphonema sp1.</i>	GOMP	1,9	3,6
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	RABB	1	4
<i>Encyonema minutum</i>	ENMI	2	4
<i>Encyonema sp1.</i>	ENCY	2,4	4,9
<i>Encyonema gracile</i>	ENGR	2	5
<i>Reimeria sinuata</i>	RSIN	1	4,8

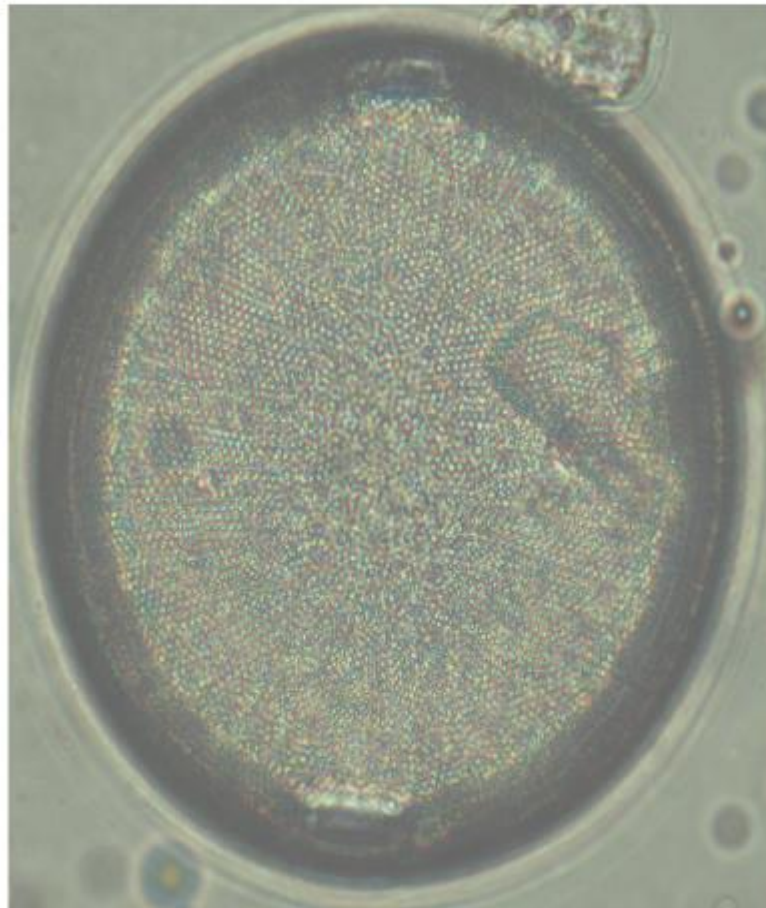


1-3



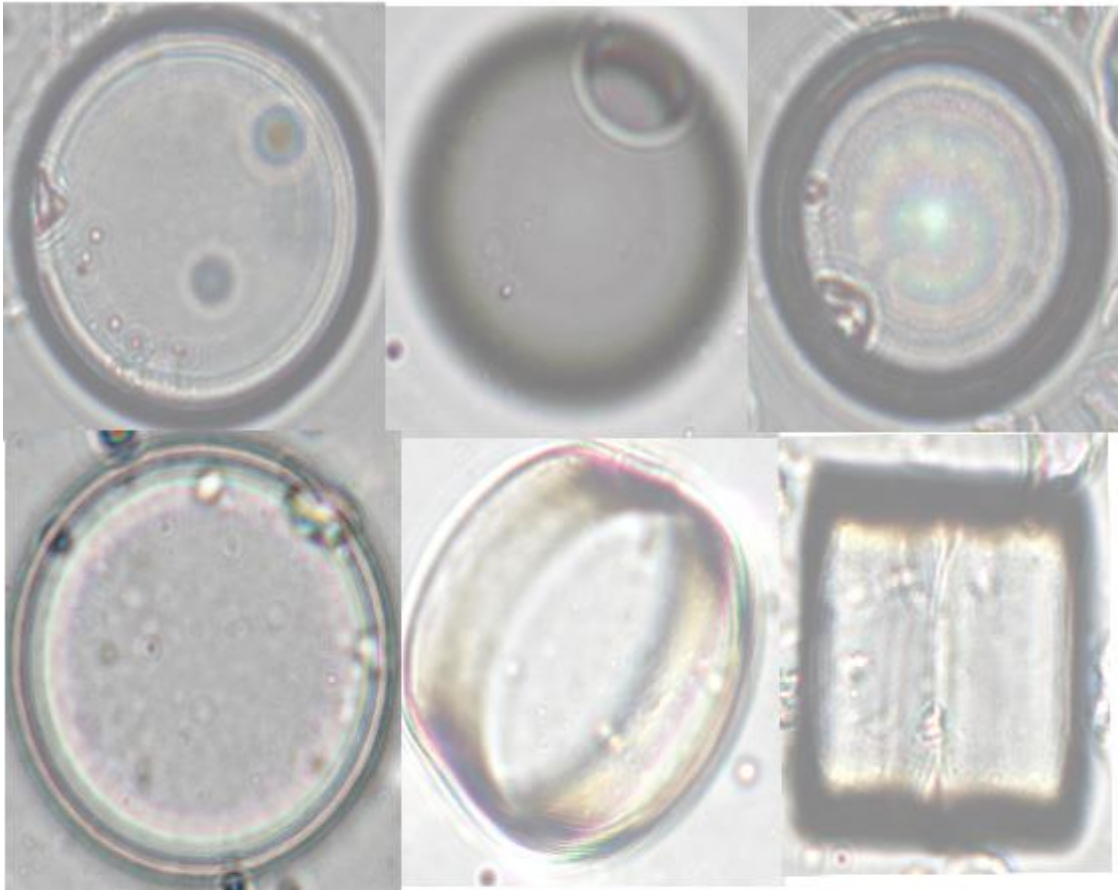
4

, 1 - 3 *Pleurosira laevis*, 4 *Pleurosira laevis* vista pleural .



1

1 *Pleurosira laevis*.



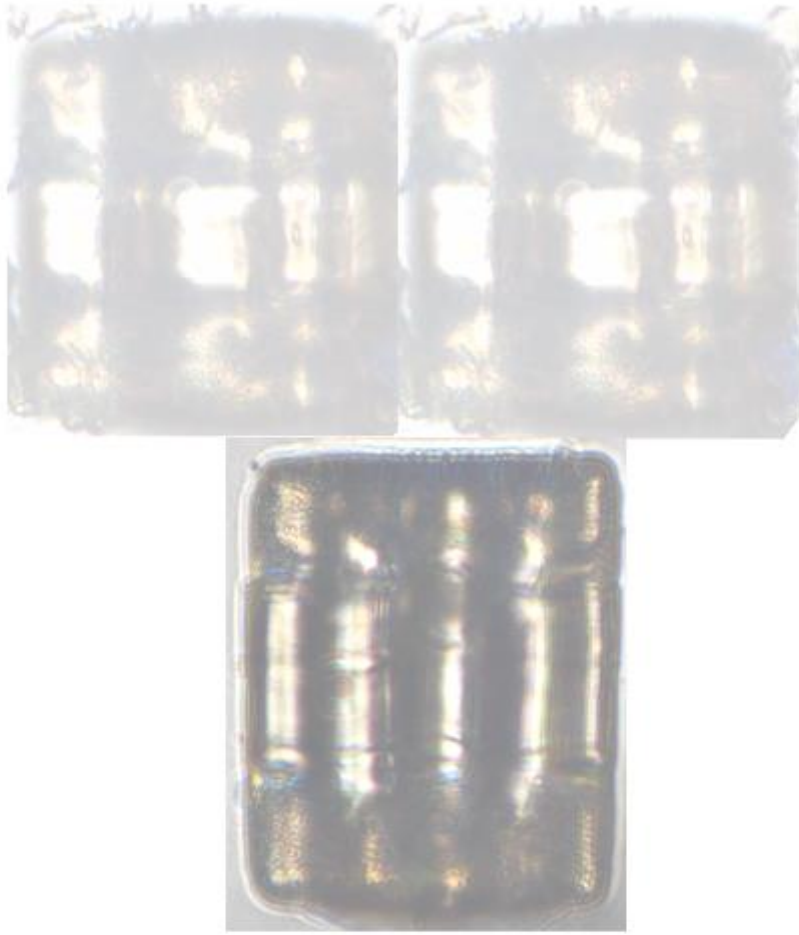
1-6



7

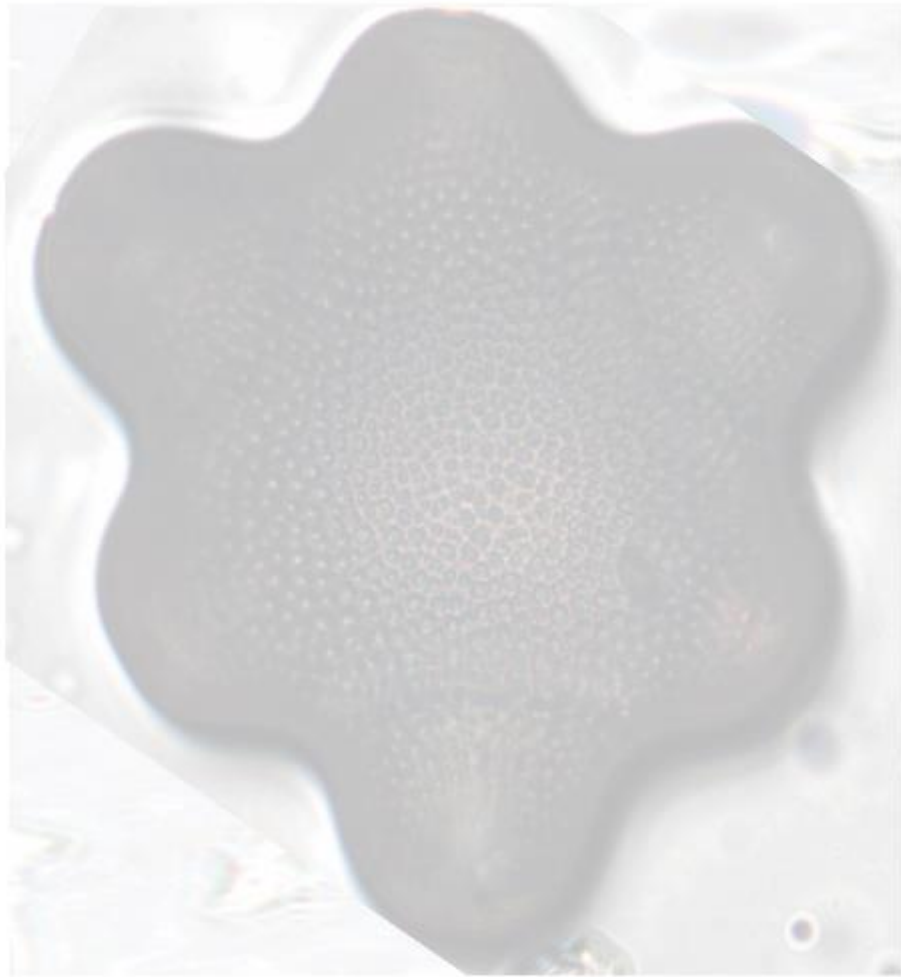


1 - 6 *Melosira varians*, 7 *Aulacoseira* sp.



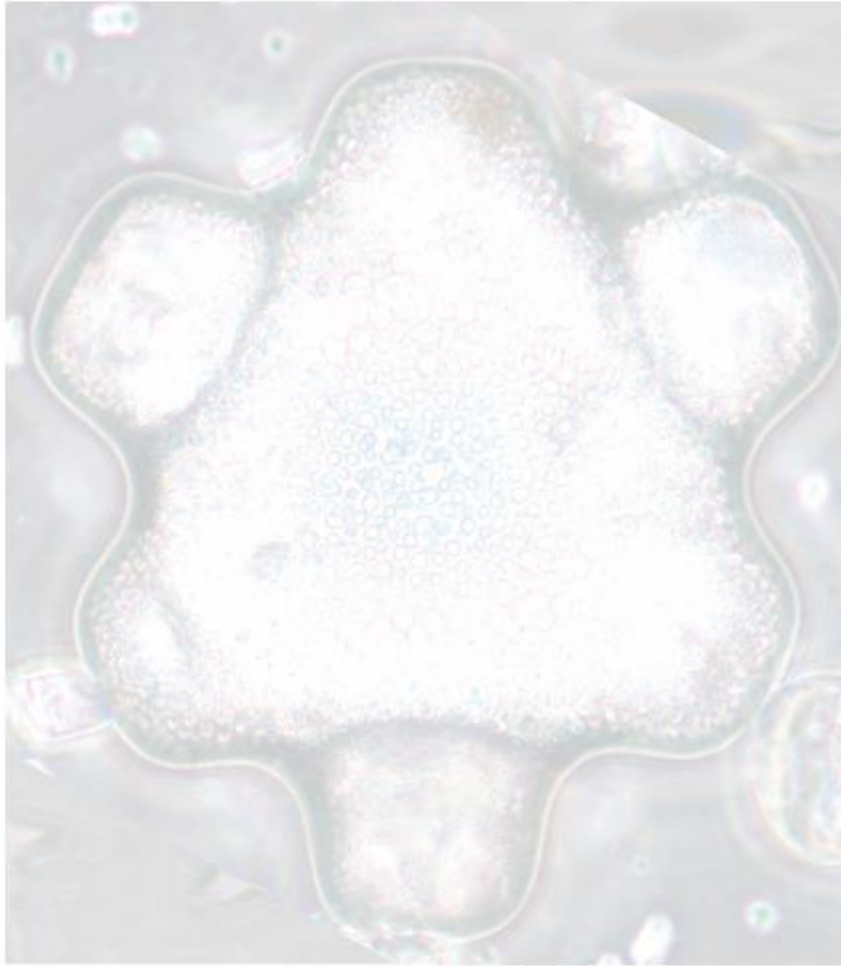
1-3

1-3. *Hydrosara whampoensis* vista pleural.



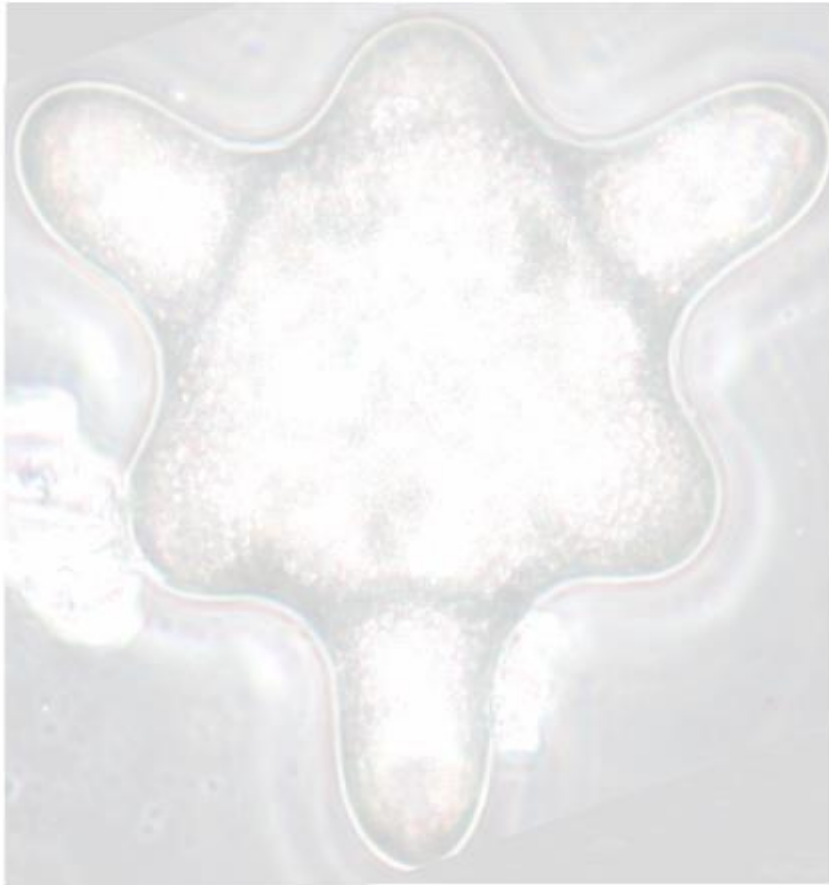
1

1 *Hydrasera whempocensis*.



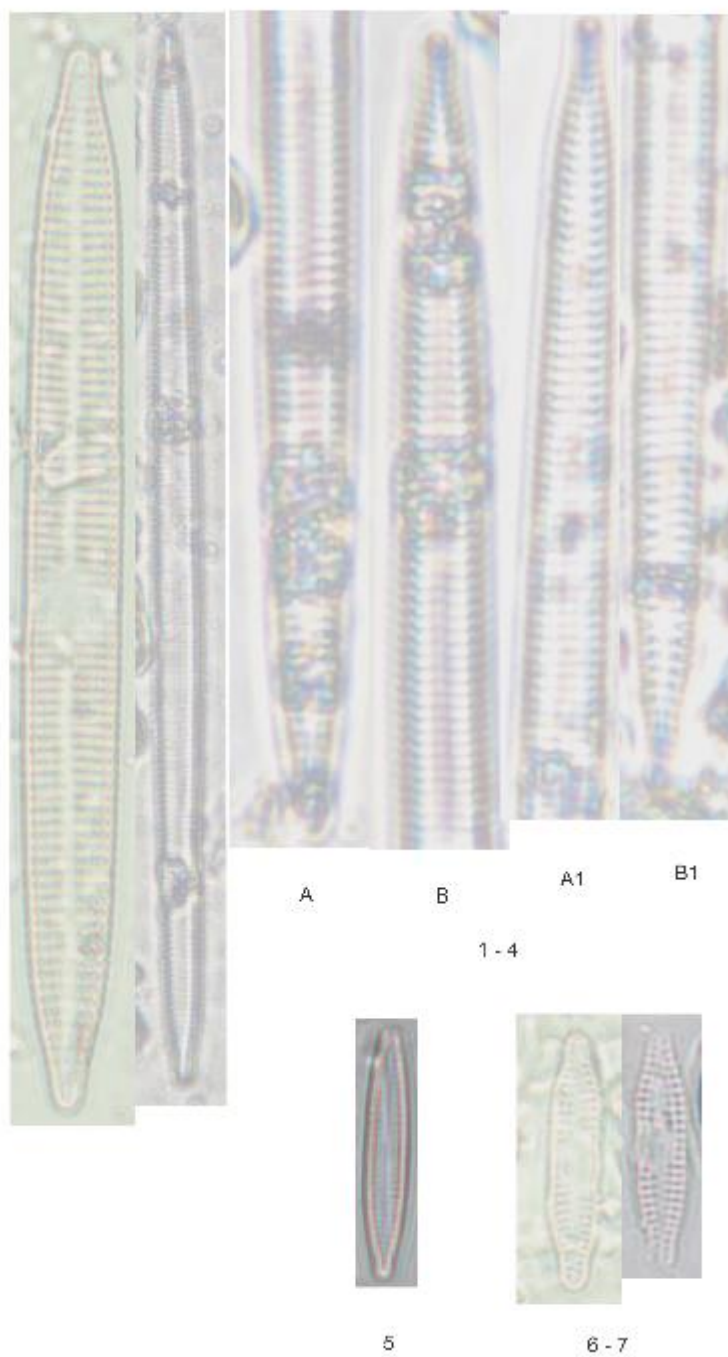
1

, 1 *Hydrosira whampoensis*.

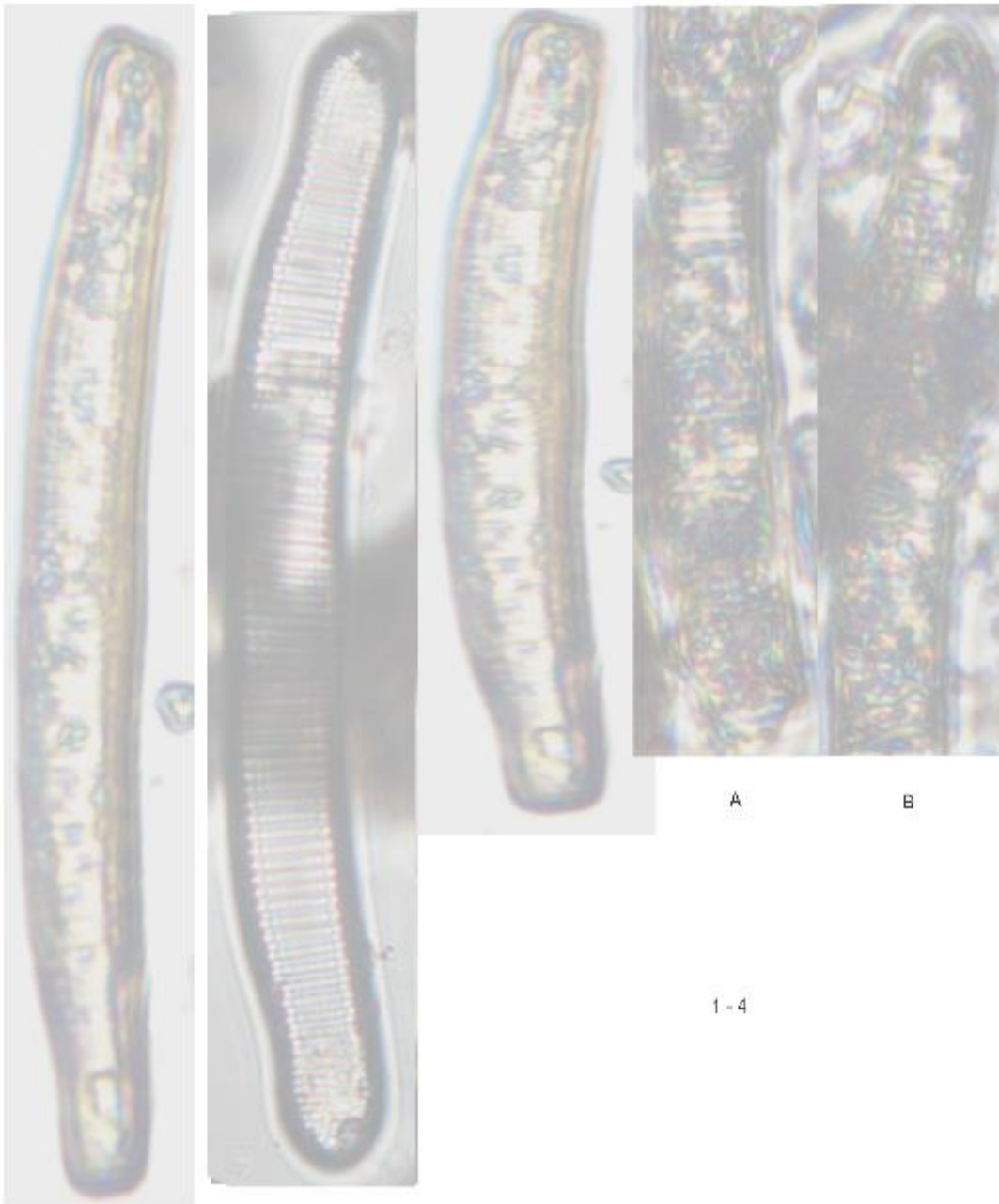


1

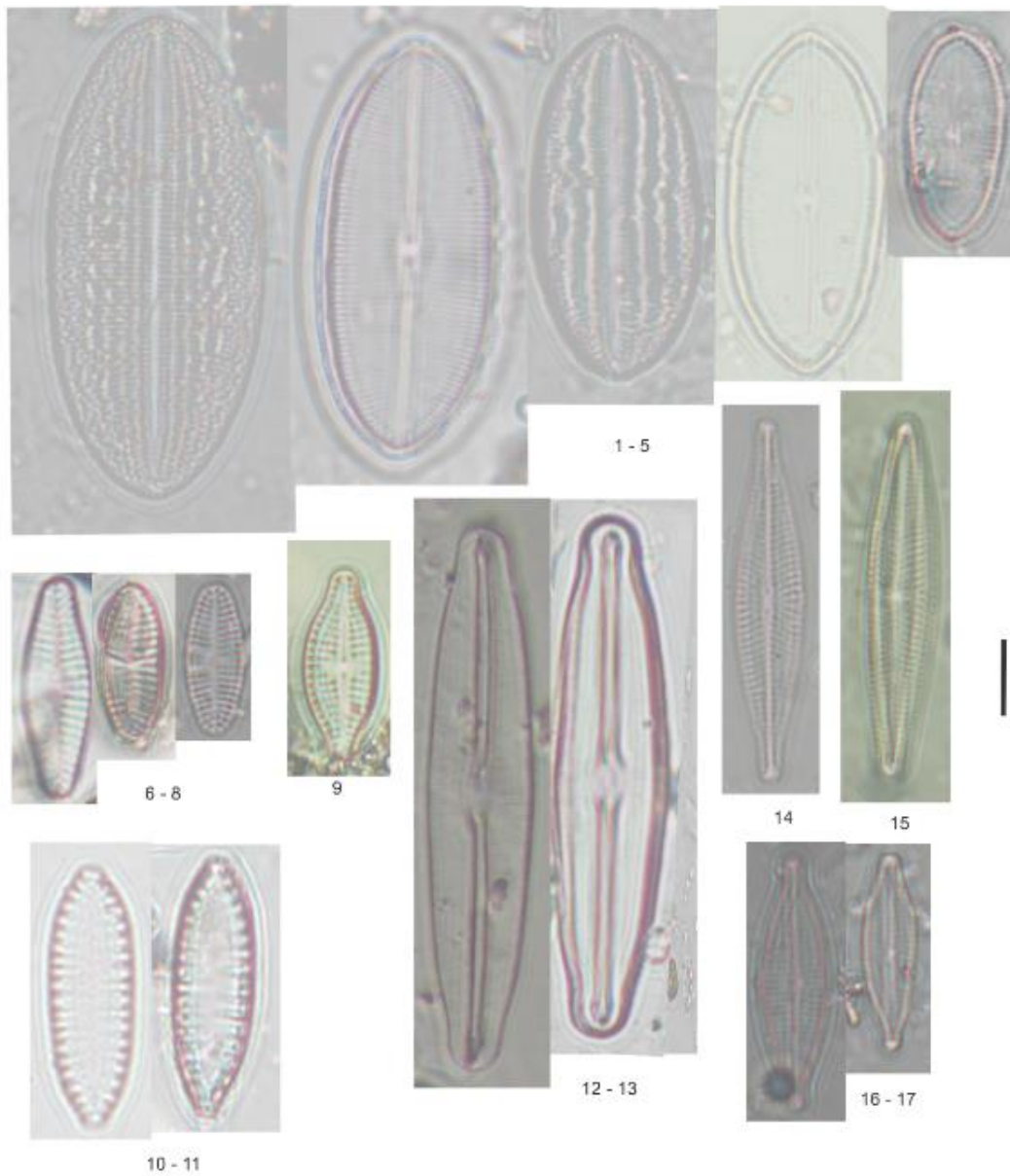
, 1 *Hydrosera whampoensis*.



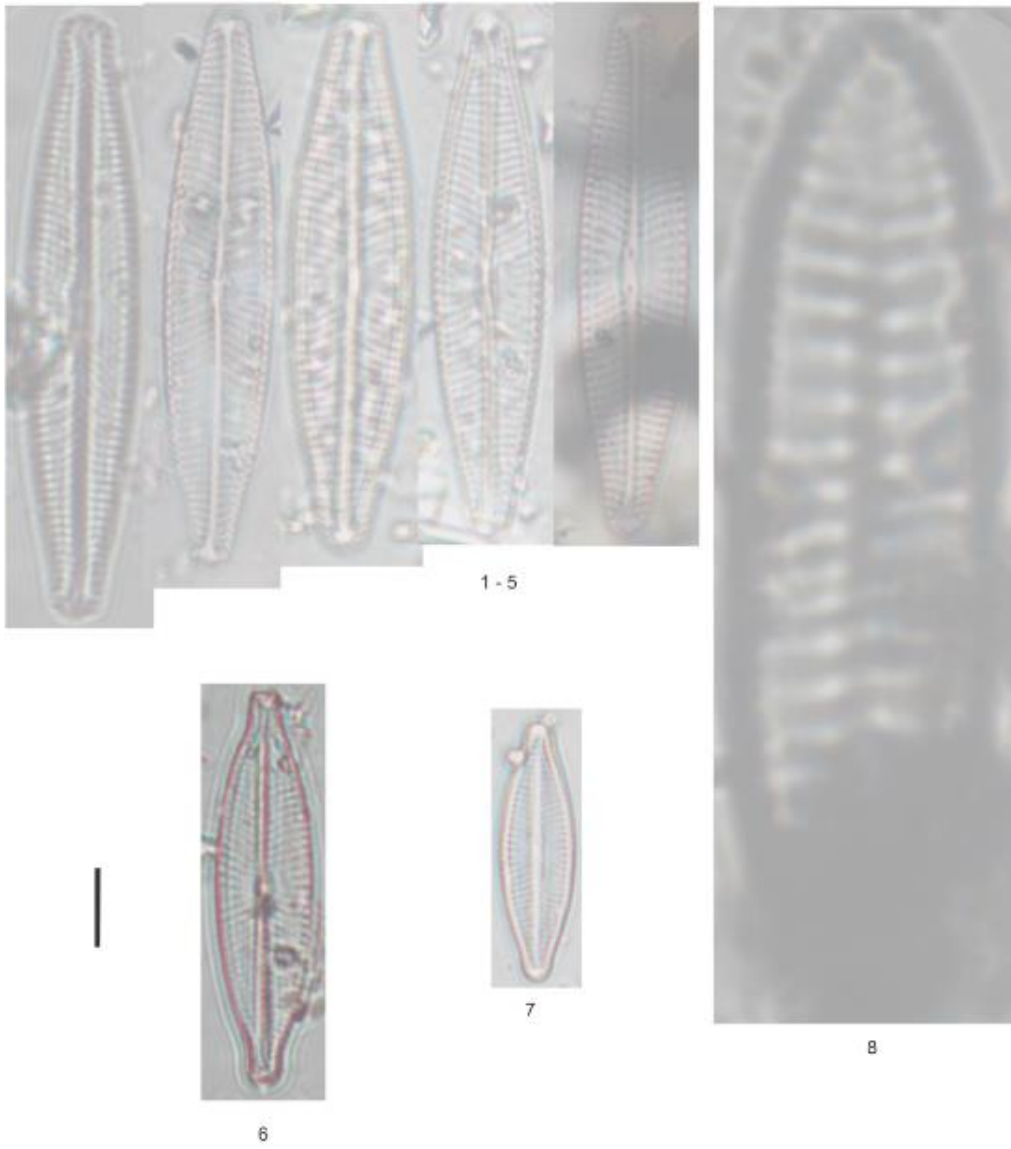
,1 - 4 *Ulnaria ulna*, 5 *Fragilaria gracilis*, 6 - 7 *Fragilaria vaucheriae*.



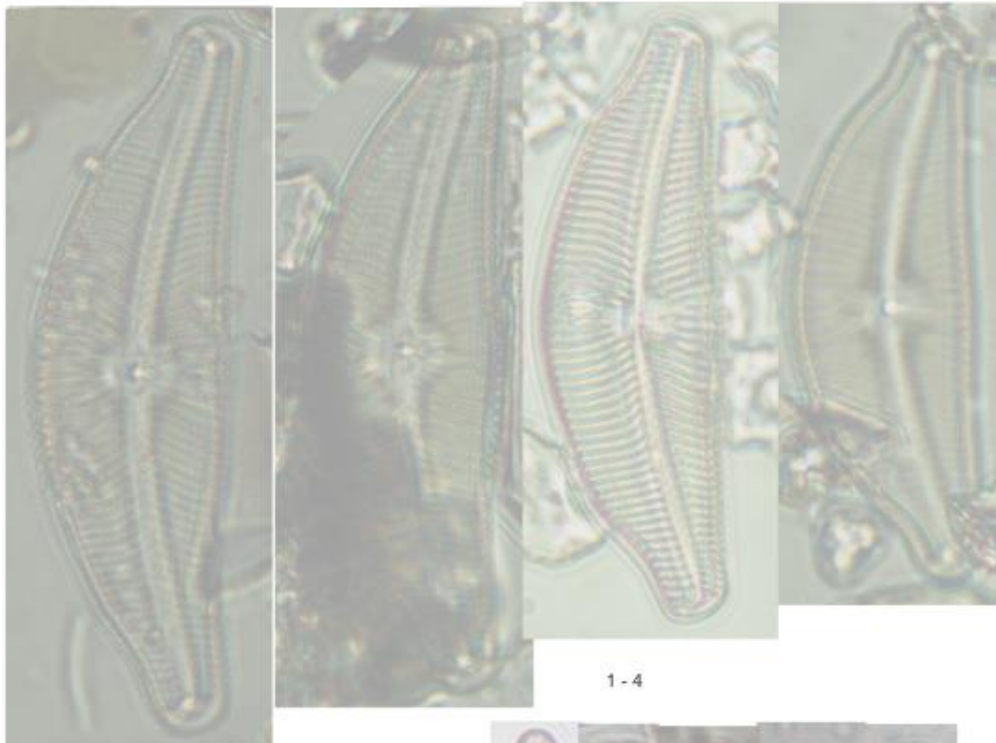
1-4 *Eunotia monodon*.



1-5 *Cocconeis euclipta*, 6-8 *Planothidium lanceolatum*, 9 *Planothidium minutissimum*, 10-11 *Sunirella angusta*, 12-13 *Frustulia vulgaris*, 14 *Navicula cryptocephala*, 15 *Navicula* sp1., 16-17 *Navicula gregaria*.



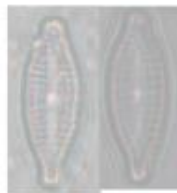
1 - 5 *Navicula lanceolata*, 6 *Navicula rostellata*, 7 *Navicula cryptocephala*, 8 *Surirella sp1*.



1 - 4



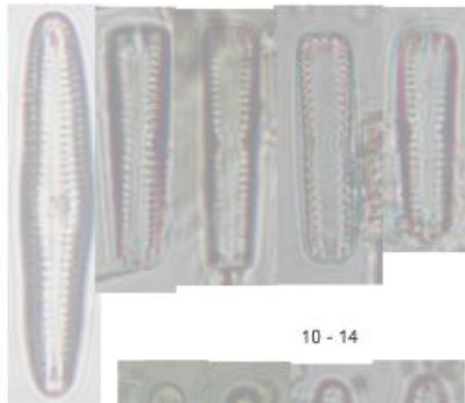
5



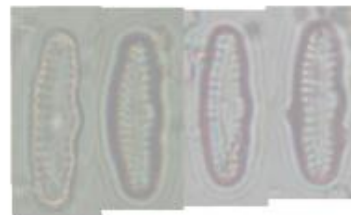
6 - 7



8 - 9

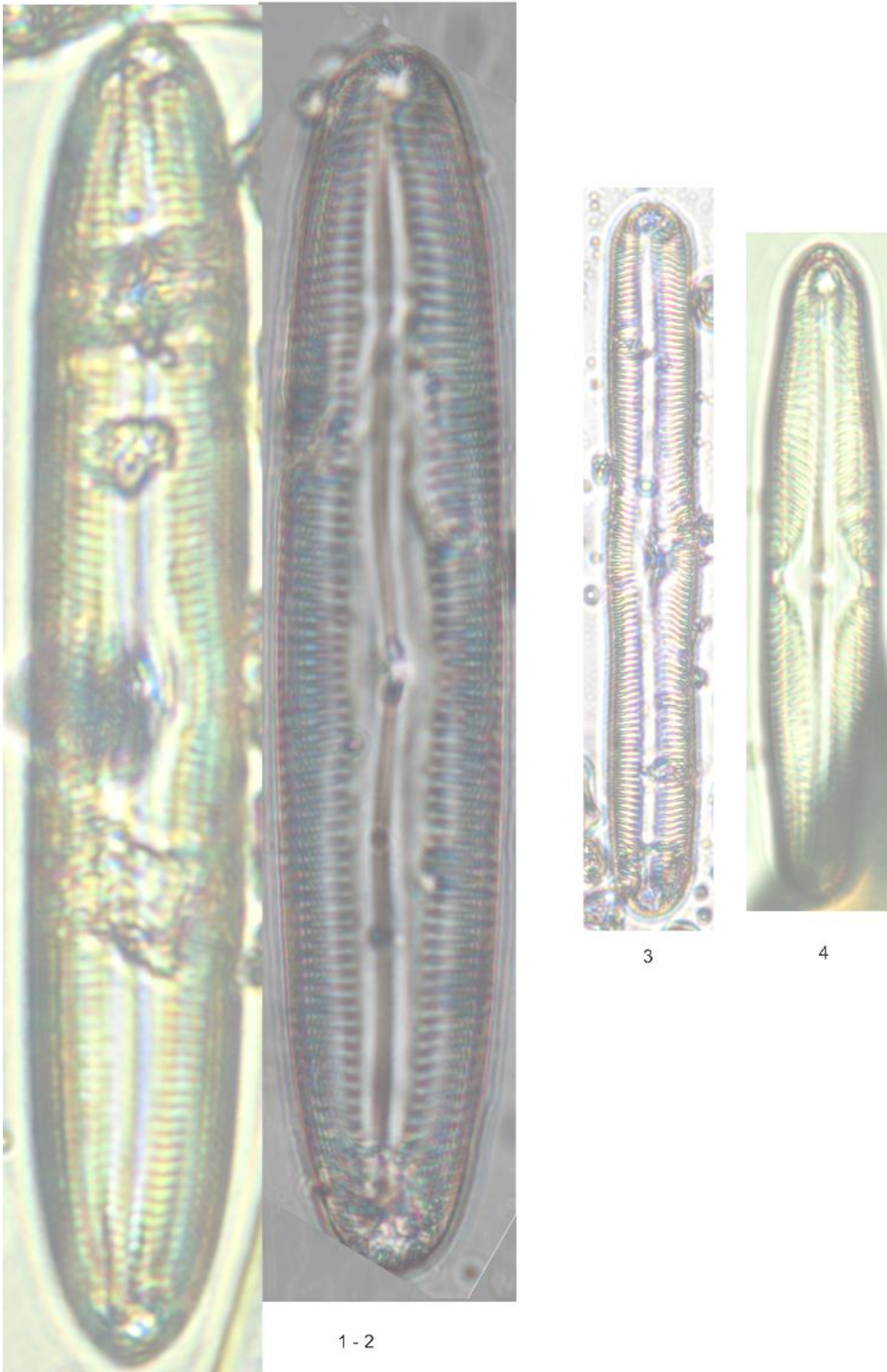


10 - 14

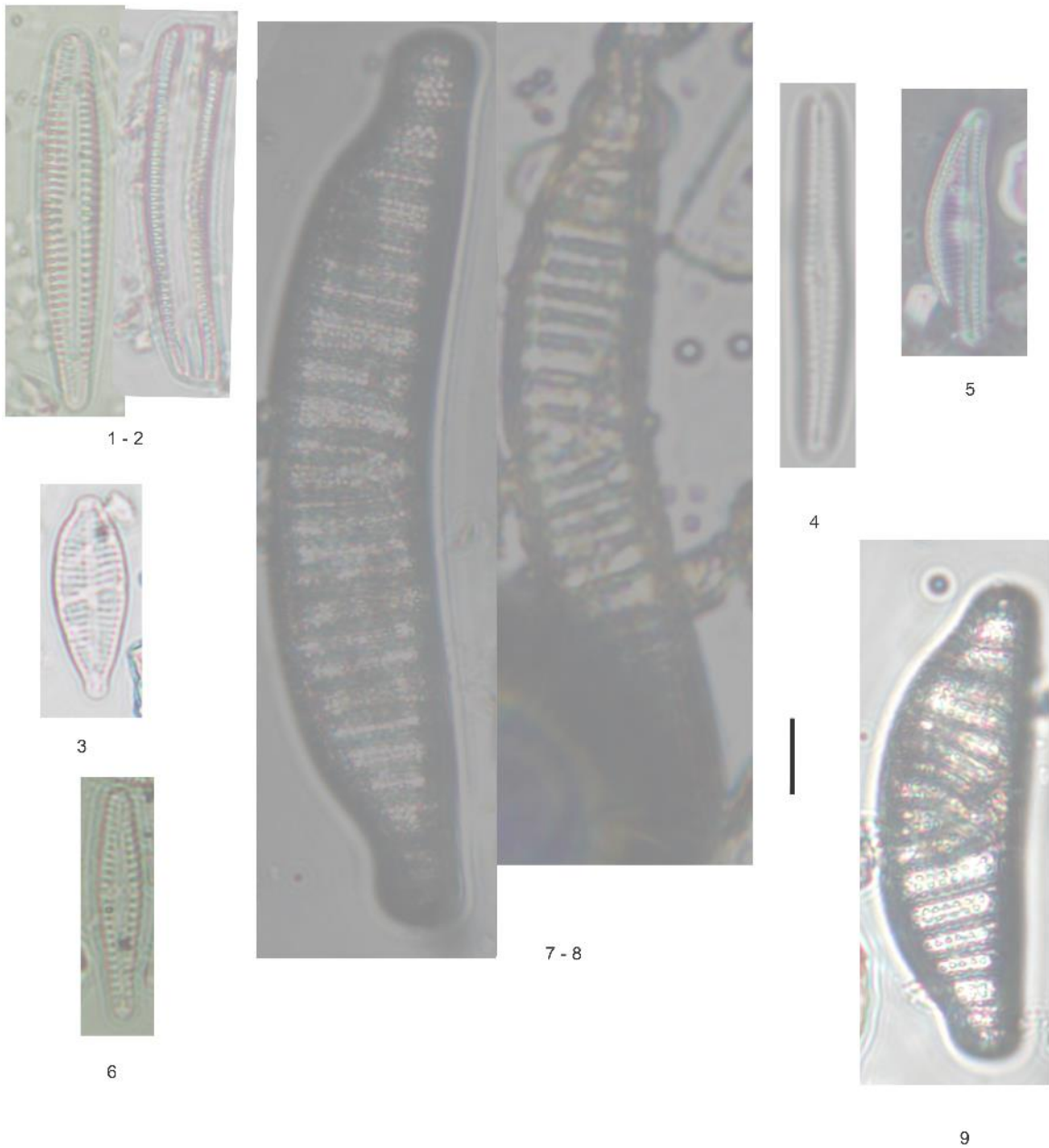


15 - 18

1 - 4 *Cymbella tumida*, 5 *Cymbella* sp1., 6 - 7 *Gomphonema parvulum*, 8 - 9 *Encyonema minutum*, 10 - 14 *Rhoicospenia abbreviata* *Gomphonema pumilum* var. *rigidum*, 15 - 18 *Reimeria sinuata*.



,1 - 2 *Pinnularia viridis*, 3 *Pinnularia patagonensis*, 4 *Pinnularia microstauron*.



,1 - 2 *Rhoicospenia abbreviata* 3 *Gomphonema saprophilum*, 4 *Gomphonema sp1.*, 5 *Encyonema sp1.*, 6 *Gomphonema occultum*, 7 - 8 *Epithemia adnata*, 9 *Epithemia turgida*.

Anexo 9. Fotografías del sitio de estudio para la determinación del (QBR – IHF)



Anexo 10. Fotografías de la toma de muestras y análisis de los parámetros físico – químicos *in situ*




Anexo 11. Obtención de muestras de diatomeas del río Tarqui



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Kevin Fernando Morales Castro** portadora de la cédula de ciudadanía N° 0704699024. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarqui”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de marzo de 2021



Kevin Fernando Morales Castro

C.I. 0704699024