



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA
MEDIANTE DIATOMEAS EPILÍTICAS DURANTE LA
ÉPOCA LLUVIOSA EN EL RÍO TARQUI.**

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

AUTOR: TATIANA CESIBEL CALLE CHUQUI

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

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 INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE
DIATOMEAS EPILÍTICAS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN
EL RÍO TARQUI.**

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

AUTOR: TATIANA CESIBEL CALLE CHUQUI

DIRECTOR: BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

CUENCA – ECUADOR

2021

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

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Calle Chuqui Tatiana Cesibel portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º 0303003081. Declaro ser el autor de la obra: “Establecimiento de la calidad de agua mediante diatomeas epilíticas durante la época lluviosa en el río Tarqui”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 12 de agosto de 2021



F:

Tatiana Cesibel Calle Chuqui

0303003081

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Tatiana Cesibel Calle Chuqui, bajo mi supervisión.



Blga. Paula Milena Cordero Cueva

DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y cuidarme en todo momento, a mis padres Mariana y Jorge quienes, con su amor, paciencia y mucho sacrificio me han permitido alcanzar hoy un sueño más. A mi tía Bella por su apoyo incondicional en todo momento y por estar siempre presente en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por esta bendición, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y de manera muy especial quiero agradecer a mi directora de tesis Bióloga Paula Cordero por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos, a la Universidad Internacional SEK y a los miembros del Centro de Innovación, Investigación y Transferencia Tecnológica (CIITT) por haber compartido sus conocimientos y sus instalaciones para el desarrollo de mi trabajo de titulación.

RESUMEN

Las actividades como la agricultura y ganadería traen consigo fuertes efectos de contaminación al recurso hídrico, provocando su alteración. El presente estudio pretende determinar el estado actual de la calidad de agua del río Tarqui en época lluviosa. Para ello se determinaron 5 puntos de muestreo, se colectaron diatomeas epilíticas con el método de raspado de piedras en cada punto para luego realizar el tratamiento de todas las muestras. Además, se determinó el índice de calidad de ribera (QBR) y el índice de hábitat fluvial (IHF) para establecer el estado ecológico del río y también, se realizó análisis físicos y químicos in situ y en el laboratorio para hacer las comparaciones pertinentes.

Para evaluar la biodiversidad de especies de diatomeas de cada punto se implementó el índice de Shannon. Se determinó la abundancia de cada punto teniendo como las especies más presentes en la época lluviosa la *Rhoicospenia abbreviata*, *Gomphonema pumilum var rigidum*, *Cocconeis euglypta* y *Pleurosira laevis* que son indicadoras de contaminación moderada. También se realizó el índice de polusensibilidad específica, en el que se obtuvo que la calidad de acuerdo a este índice es moderada en el punto 5 y buena en los puntos 1, 2, 3 y 4. Por último se realizó el análisis de correspondencia canónica, en el cual se halló que la conductividad, nitratos, oxígeno disuelto, coliformes fecales y DBO₅ inciden de manera directa en la presencia de las especies de diatomeas.

Palabras claves: diatomeas epilíticas, río Tarqui, calidad de agua, estado ecológico

ABSTRACT

Activities such as agriculture and cattle ranching bring with them strong effects of contamination to the water resource, causing its alteration. This study aims to determine the current state of the water quality of the Tarqui River during the rainy season. To this end, 5 sampling points were determined, epilithic diatoms were collected using the stone scraping method at each point, and then all the samples were treated. In addition, the Riverbank Quality Index (RQI) and the River Habitat Index (RHI) were determined to establish the ecological status of the river and also, physical and chemical analyses were performed in situ and in the laboratory to make the pertinent comparisons. The Shannon index was implemented to evaluate the biodiversity of diatom species at each point. The abundance of each point was determined, with *Rhoicospenia abbreviata*, *Gomphonema pumilum var rigidum*, *Cocconeis euglypta*, and *Pleurosira laevis* as the species most present in the rainy season, which are indicators of moderate contamination. The specific polo-sensitivity index was also performed, which showed that the quality according to this index is moderate in point 5 and good in points 1, 2, 3, and 4. Lastly, the canonical correspondence analysis was performed, in which it was found that conductivity, nitrates, dissolved oxygen, fecal coliforms, and BOD5 have a direct influence on the presence of diatom species.

Keywords: epilithic diatoms, Tarqui river, water quality, ecological status

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE ANEXOS	XV
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 ECOSISTEMAS FLUVIALES.	4
2.1.1 <i>Subcuenca</i>	4
2.1.2 <i>Caudal</i>	4
2.2 CALIDAD DE AGUA.....	4
2.2.1 <i>Contaminación de los sistemas fluviales</i>	4
2.3 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	5
2.3.1 <i>Parámetros físicos</i>	5
2.3.2 <i>Parámetros químicos</i>	6
2.3.3 <i>Parámetros microbiológicos</i>	6
2.4 ESTADO ECOLÓGICO DEL RÍO	7
2.4.1 <i>Calidad de ribera</i>	7

2.4.2	<i>Índice de hábitat fluvial (IHF)</i>	8
2.5	BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA.....	9
2.5.1	<i>Diatomeas epilíticas</i>	9
2.6	ÍNDICE DIATOMOLÓGICO.....	10
2.7	ABUNDANCIA.....	10
2.8	RIQUEZA.....	10
2.9	ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	10
2.9.1	<i>Índice de Shannon</i>	10
2.10	GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	10
2.11	ANÁLISIS CANÓNICO.....	10
2.12	ANÁLISIS CLÚSTER (AC).....	11
2.13	ESTADO DEL ARTE.....	11
2.14	FUNDAMENTO LEGAL.....	12
2.14.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	12
2.14.2	<i>Tratado Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (T.U.L.S.M.A)</i>	13
2.14.3	<i>Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua</i>	13
2.14.4	<i>Código Orgánico Del Ambiente</i>	15
CAPÍTULO III	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	18
3.2	PERIODO DE MUESTREO.....	19
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	19
3.4	HIPÓTESIS.....	19
3.5	TRABAJO DE CAMPO.....	19
3.5.1	<i>Definición de puntos de muestreo</i>	19
3.5.2	<i>Recolección de diatomeas epilíticas</i>	20
3.5.3	<i>Parámetros físico-químicos</i>	21
3.5.4	<i>Procedimiento para la toma de muestras de agua</i>	22
3.5.5	<i>Determinación del estado ecológico</i>	22
3.6	TRABAJO DE LABORATORIO.....	25
3.6.1	<i>Tratamiento de las muestras de diatomeas</i>	25
3.6.2	<i>Microscopía óptica para la identificación de diatomeas</i>	27
3.6.3	<i>Identificación de muestras</i>	28
3.6.4	<i>Análisis de parámetros físicoquímicos (FQ)</i>	28
3.6.5	<i>Análisis de parámetros microbiológicos de las aguas</i>	29

3.7	TRATAMIENTO DE DATOS	31
3.7.1	<i>Cálculo de la abundancia de especies</i>	31
3.7.2	<i>Índice diatomológico</i>	31
3.7.3	<i>Análisis de correspondencia canónico CCA</i>	32
3.7.4	<i>Análisis Clúster AC</i>	32
CAPÍTULO IV		33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	ÍNDICE DE CALIDAD DE RIBERA (QBR).....	33
4.2	ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF).....	34
4.3	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS - IN SITU.....	35
4.3.1	<i>Temperatura</i>	36
4.3.2	<i>Potencial de hidrógeno</i>	37
4.3.3	<i>Oxígeno disuelto</i>	38
4.3.4	<i>Conductividad</i>	39
4.4	PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS - LABORATORIO.....	39
4.4.1	<i>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)</i>	40
4.4.2	<i>Nitratos</i>	41
4.4.3	<i>Fósforo total</i>	42
4.4.4	<i>Coliformes fecales</i>	43
4.5	CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA DE LAS DIATOMEAS EPILÍTICAS ENCONTRADAS EN EL RÍO TARQUI EN LA ÉPOCA LLUVIOSA.....	44
4.5.1	<i>Especies de diatomeas encontradas en el punto 1</i>	44
4.5.2	<i>Especies de diatomeas encontradas en el punto 2</i>	45
4.5.3	<i>Especies de diatomeas encontradas en el punto 3</i>	45
4.5.4	<i>Especies de diatomeas encontradas en el punto 4</i>	46
4.5.5	<i>Especies de diatomeas encontradas en el punto 5</i>	47
4.6	ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD.....	48
4.6.1	<i>Índice de Shannon</i>	48
4.7	ÍNDICE DIATOMOLÓGICO.....	48
4.8	ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICO (CCA).....	49
4.9	ANÁLISIS CLÚSTER (AC).....	52
	52
CAPÍTULO V		54
5.	CONCLUSIONES	54
CAPÍTULO VI.....		55

6. RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del río Tarqui.....	18
Figura 2: Promedio de lluvias diarias en el río Tarqui.....	19
Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo.....	20
Figura 4: Recolección de diatomeas.....	21
Figura 5: Medición de parámetros fisicoquímicos in situ.....	22
Figura 7: Colocación de peróxido en las muestras.....	26
Figura 8: Incorporación de ácido clorhídrico en las muestras.....	26
Figura 9: Adición dicromato de potasio.....	26
Figura 10: Secado de muestras.....	27
Figura 11: Preparación de placas.....	27
Figura 12: Observación en el microscopio.....	28
Figura 13: Preparación de las diluciones para los coliformes.....	29
Figura 15: Índice de calidad de ribera.....	34
Figura 16: Índice de hábitat fluvial del río Tarqui.....	35
Figura 17: Variaciones de la temperatura del río Tarqui.....	36
Figura 18: Variación del pH en el río Tarqui.....	37
Figura 19: Variación de oxígeno disuelto en el río Tarqui.....	38
Figura 20: Variación de conductividad del río Tarqui.....	39
Figura 21: Variación de la demanda bioquímica de oxígeno del río Tarqui.....	40
Figura 22: Variación de nitratos del río Tarqui.....	41
Figura 23: Variación de fósforo total del río Tarqui.....	42
Figura 24: Variación de coliformes fecales del río Tarqui.....	43
Figura 25: Diatomeas encontradas en el punto 1 de la época lluviosa.....	44
Figura 26: Diatomeas encontradas en el punto 2 de la época lluviosa.....	45
Figura 27: Diatomeas encontradas en el punto 3 de la época lluviosa.....	45
Figura 28: Diatomeas encontradas en el punto 4 de la época lluviosa.....	46
Figura 29: Diatomeas encontradas en el punto 5 de la época lluviosa.....	47
Figura 30: Índice de Shannon de los cinco puntos de muestreo de los meses marzo, abril y mayo del río Tarqui en la época lluviosa.....	48
Figura 31: Índice de polusensibilidad específica de la época lluviosa del río Tarqui ..	49
Figura 32: Análisis correspondencia canónica de los parámetros físicos, químicos y biológicos con las especies de diatomeas del río Tarqui.....	50
Figura 33: Análisis de conglomerados de presencia y ausencia clúster de las especies de diatomeas de la época lluviosa del río Tarqui.....	52
Figura 34: Estado ecológico del punto 1.....	86

Figura 35: Estado ecológico del punto 2.....	86
Figura 36: Estado ecológico del punto 3.....	87
Figura 37: Estado ecológico del punto 4.....	87
Figura 38: Estado ecológico del punto 5.....	88
Figura 39: Contaminación por ganadería	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de calidad (QBR).....	8
Tabla 2: Rangos de calidad según índice de hábitat fluvial (IHF).	8
Tabla 3: Estado del arte.....	11
Tabla 4: Coordenadas de los puntos de muestreo	20
Tabla 5: Límites máximos permisibles de parámetros analizados	30
Tabla 6: Rangos del índice de Shannon.	31
Tabla 7: Rangos del índice que establecen la calidad del agua	32
Tabla 8: Calidad de ribera del río Tarqui.....	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.....	66
Anexo 2: Tabla 2: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marinas y de estuario.	69
Anexo 3: Tabla 5: Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.....	70
Anexo 4: Hoja de campo del Índice de calidad de rivera (QBR).....	71
Anexo 5: Hoja de campo del índice de hábitat fluvial.....	72
Anexo 6: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de marzo en los cinco puntos de muestreo.	73
Anexo 7: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de abril en los cinco puntos de muestreo.	74
Anexo 8: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de mayo en los cinco puntos de muestreo.	75
Anexo 9: Imágenes de Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en la época seca.	76
Anexo 10: Informes de los parámetros físicos, químicos y biológicos realizados en el laboratorio CIITT de los meses de monitoreo.....	80
Anexo 11: Fotografías del estado ecológico del río Tarqui en la época lluviosa.....	86

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación analiza y caracteriza especies de diatomeas epilíticas en la época lluviosa, para ayudar a determinar la calidad de agua del río Tarqui en Cuenca, Azuay, Ecuador. Las cuales se consideran excelentes indicadores biológicos de contaminación y eutrofización de los sistemas acuáticos, éstas se localizan pegadas a sustratos rocosos manteniéndolas fijas, por lo que se las puede monitorear en todos los sistemas hídricos, en cualquier época del año, para seguidamente identificarlas y relacionarlas con el estado actual de contaminación que presenta el río (Rosero, 2016).

Las microalgas existen en gran cantidad en todos los ecosistemas acuáticos lóticos, por ello son ampliamente utilizadas como bioindicadores porque ayudan a establecer la calidad del agua ya que son resistentes a altos niveles de contaminación. Son organismos muy perceptivos a las condiciones ambientales, además, se desarrollan rápidamente en periodos cortos, pueden reaccionar rápidamente a factores químicos, físicos y biológicos. Por lo tanto, el análisis de la composición de su comunidad proporciona una forma de descubrir los cambios ambientales causados naturalmente o provocadas por el hombre (Rosero, 2016).

Por este motivo los programas de biomonitoreo son de gran importancia ya que, permiten perfeccionar los errores que se cometen en los monitoreos usuales. El hallazgo de determinadas especies constituye un indicador biológico dado que la identificación individual establece de manera eficaz los contaminantes (Ospina y Peña, 2004).

Recientemente la determinación del estado de los recursos hídricos mediante diatomeas epilíticas ha tomado fuerza y gran interés por parte de los investigadores debido a que estos microorganismos se encuentran en todos los sistemas hídricos y con una gran diversidad de especies.

La contaminación de los sistemas lóticos requiere de una gestión correcta del sistema que garantice el bienestar de la población. En estos tiempos se pretende determinar mediante bioindicadores de fácil obtención y manejo, el diagnóstico de la polución en las fuentes hídricas y uno de ellos es el uso de composición florística de diatomeas epilíticas, para de esta manera incidir sobre las políticas provinciales del manejo del recurso.

La zona con mayor altitud del río Tarqui está cubierta de bosques y arbustos nativos, incluido el Sunsun Yanasacha que es un bosque protector (Beltrán et al., 2013). A pesar de esto, la subcuenca en su gran mayoría está destinada a la ganadería especialmente en

las parroquias Victoria del Portete y Tarqui, que ocasiona impactos adversos importantes como el desplazamiento de desechos biológicos de los animales y contaminación por productos químicos, esto puede provocar cambios en las comunidades de especies de microalgas y su entorno de crecimiento, causando la muerte de algunas especies que dependen de otras y la sobrevivencia y multiplicación de especies tolerantes a la contaminación (Sardi, 2018).

La contaminación presente en el río Tarqui es provocada por diferentes actividades antropogénicas: viviendas aledañas, restaurantes, camales clandestinos, turismo, fábricas industriales y la ganadería. Por ende, se encuentra amenazada la biodiversidad que aún es desconocida y habita en el río Tarqui (Beltrán et al., 2013).

Por ello el siguiente estudio tiene por objeto analizar la calidad fluvial del río Tarqui usando diatomeas epilíticas, para demostrar si existen diferencias de acuerdo a la estacionalidad (época seca y época de lluvias), debido a que esto ayudará a determinar el grado de eutrofización de este sistema lótico provocado principalmente por la ganadería que existe en la zona. El muestreo se realizó en cada una de las estaciones tomadas en 5 puntos distintos en los tres meses.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Reconocer los grupos de diatomeas epilíticas para determinar la calidad del agua del río Tarqui en la época lluviosa del año 2021.

1.1.2 Objetivos específicos

- Establecer el estado ecológico del río Tarqui mediante el índice de calidad de ribera (QBR) y del hábitat fluvial (IHF).
- Evaluar la calidad físico química y microbiológica del agua del río Tarqui.
- Realizar una caracterización taxonómica de diatomeas epilíticas en el río Tarqui en la época lluviosa
- Hacer una comparación entre los resultados de los parámetros fisicoquímicos y los bioindicadores del río Tarqui.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ecosistemas fluviales.

Son los sistemas de aguas continentales de las tierras altas y, a diferencia de otros sistemas acuáticos, tienen un flujo unidireccional y movimiento constante. Estos sistemas forman una red hidrológica que capta el agua por afluentes y los concentran en el canal principal. Por lo tanto, conectan múltiples partes del paisaje, incluyendo el suelo y las aguas subterráneas con la atmósfera y el océano (Bojorge y Cantoral, 2016).

2.1.1 Subcuenca.

Es la superficie de la tierra, cuya escorrentía fluye mediante arroyos hasta cierto punto en la vía fluvial generalmente un lago o la confluencia de un río (España, 2007).

2.1.2 Caudal.

Es la proporción de agua que fluye por cierto lugar en un determinado tiempo (Bello y Pino, 2000).

2.2 Calidad de agua.

El agua al estar en contacto con diferentes agentes del medio recibe distintos compuestos contaminantes. La composición química natural del agua también se puede cambiar a través de actividades antropogénicas teniendo consecuencias no favorables, tales como: destrucción de fuentes hídricas, daños en la salud, alteración de los medios acuáticos y alto costo de tratamiento de aguas (González, 2018).

2.2.1 Contaminación de los sistemas fluviales.

Es cualquier alteración en el agua que pueden provocar un impacto negativo (Rosero, 2016).

- **Contaminación antrópica.**

El detrimento de los ríos se atribuye a distintas labores realizadas por el hombre, tales como: vertido de aguas residuales y pluviales a aguas superficiales, vertido de aguas residuales industriales no tratadas, procedentes de pesticidas, fertilizantes, estiércol orgánico de ganado y otras sustancias.

Las actividades agrícolas, industriales y domésticas tienen un gran impacto en la contaminación del agua, además los microorganismos patógenos de las heces humanas son contaminantes biológicos (Carbone et al., 2012).

- **Contaminación ganadera.**

Desde hace muchos años la ganadería es un tema de preocupación ambiental, principalmente por su afección a las fuentes hídricas, pero en los últimos años ha pasado a ser un tema crítico ya que, ha hecho que los animales ocupen una gran cantidad de espacio físico aumentando la cantidad de contaminantes no solo por sus residuos, sino que también por el uso de medicamentos veterinarios. Según datos existentes todas las fuentes hídricas cercanas a sectores ganaderos suelen estar contaminadas por diferentes agentes patógenos que afectan al entorno y que puede llegar a ser un problema de salud para la sociedad que se beneficia de estas aguas (Luzardo et al., 2014).

2.3 Parámetros de calidad de agua.

Los parámetros para determinar la calidad del agua brindan amplia información sobre la naturaleza química y propiedades físicas, pero no sobre su impacto en los organismos acuático por ello es recomendable utilizar ambos en la evaluación de los recursos hídricos (Orozco et al., 2003). A diferencia de los bioindicadores los métodos fisicoquímicos son más rápido, se puede monitorear con mayor frecuencia y se pueden evaluar diferentes tipos de uso (Samboni et al., 2007).

2.3.1 Parámetros físicos.

Son variables que indican el estado del agua por sus componentes integrales:

- **Temperatura.**

Su unidad de medida más común son los grados Celsius °C, es importante para el desarrollo de cada organismo vivo. Para medirla en el río se debe colocar el instrumento dentro del agua hasta que su medida no cambie (Hernandez et al., 2016).

- **Conductividad.**

Es la capacidad que tiene el río para transportar la energía eléctrica. Sirve para medir la cantidad de iones disueltos en el cauce y su unidad de medida es $\mu\text{S}/\text{m}$ (Severiche et al., 2013).

- ***Turbidez.***

Mide la transparencia del agua del río que se observa afectada por materia suspendida como: arcilla, plancton, microorganismos y todas aquellas sustancias orgánicas e inorgánicas que pueden estar dispersas a lo largo de canal fluvial (Hernandez et al., 2016).

- ***pH.***

Es un parámetro muy importante que se mide en una escala de 0 a 14, es ácido para cero y alcalino para 14, y el valor neutro es 7, el agua natural fluctúa entre 4 y 9, por la existencia de bicarbonato y carbonato de metales alcalinos y alcalinotérreos, en la mayoría de los casos es alcalina (Mancera, 2017).

2.3.2 Parámetros químicos.

Son los principales factores a la hora de caracterizar el agua ya que, por sus concentraciones pueden llegar a ser muy tóxicos y contaminar seriamente las fuentes hídricas.

- ***Demanda biológica de oxígeno.***

Es un proceso aerobio que revela cuanta materia orgánica se encuentra en el río y se mide durante 5 días a una temperatura de 20 °C (Chávez, 2015).

- ***Oxígeno disuelto.***

Es un indicador de los contaminantes oxidables. Mientras más oxígeno disuelto exista el cuerpo receptor tendrá una mayor capacidad de auto depurarse, esto a su vez es esencial para los organismos que habitan en él (Chávez, 2015).

- ***Nitratos.***

Es una sustancia salina producto de la mezcla del ácido nítrico con una base que sirve como elemento nutricional para organismos autótrofos fotosintéticos (Hernandez et al., 2016).

- ***Fósforo total.***

Es un nutriente que permite el desarrollo de algas en las aguas y es muy implementado en procesos biológicos y químicos para el análisis de calidad de ríos (Hernandez et al., 2016).

2.3.3 Parámetros microbiológicos.

Para establecer la contaminación microbiana, se procede a la búsqueda de microorganismos indicadores (Amarilla et al., 2018). Estos parámetros en altas concentraciones pueden representar una amenaza para la salud humana.

- **Coliformes fecales.**

Evidencian la contaminación por excremento humano y de animales (Sierra, 2011). Púes, se trata de bacterias patógenas que viven en el intestino de los mamíferos.

- **Coliformes totales.**

El grupo de bacterias llamadas coliformes están presentes en varios ambientes, agua, suelo, alimentos. No todas ellas son de origen intestinal y algunas son de vida libre, por eso en cuanto a determinación de calidad del agua se las distingue de las fecales que si son patógenas y están únicamente en las heces (Aurazo, 2004).

2.4 Estado ecológico del río

Son cambios que se producen en los sistemas acuáticos ya sea biológicos, físicos, químicos etc. Que brindan información del estado actual de un río para determinar si es de buena o mala calidad (Acosta et al., 2008).

2.4.1 Calidad de ribera.






La ribera del río es un ecosistema con características propias. Los bosques ribereños en las regiones tropicales son muy diversos y heterogéneos, y están compuestos por árboles distribuidos de manera desigual, lo que da como resultado diferentes comunidades vegetales a lo largo del río. Su función depende del uso que se le quiera dar al ecosistema. En este sentido, los bosques ribereños son una de las áreas de actividades humanas más cambiadas (Gamarra et al., 2018).

- **Índice de calidad de ribera (QBR).**

Se aplica de forma sencilla y ágil, en él se integran aspectos tanto biológicos como morfológicos del río. Se lo realiza mediante el análisis de distintos atributos distribuidos en cuatro apartados: “grado de cobertura de la cubierta vegetal, estructura de la vegetación, calidad de la cubierta vegetal y grado de naturalidad de canal fluvial” (Rau et al., 2009).

El QBR presenta 5 rangos de calidad, como se observa en la (Tabla 1).

Tabla 1: Rangos de calidad (QBR).

Interpretación	Puntuación	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	Mayor a 95	
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75 - 90	
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55 - 70	
Alteración fuerte, mala calidad	30 - 50	
Degradación extrema, calidad pésima	Menor a 25	

Fuente: (Suárez et al., 2002)




2.4.2 Índice de hábitat fluvial (IHF).

Busca evaluar la capacidad de los hábitats naturales para ser refugios de animales específicos. Mientras más diversa sea la comunidad biológica más homogéneo y diverso será el hábitat (Pardo et al., 2002).

La diversificación de los hábitats fluviales es una de las causas más trascendentales que perturban a la vida acuática (Voelz y Mcarthur, 2000).

El (IHF), considera siete parámetros: “Inclusión de rápidos/pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra del cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática, los rangos oscilan de 0 a 100 indicando óptima el valor más alto y mala calidad el valor más bajo” (Acosta et al., 2008)

Tabla 2: Rangos de calidad según índice de hábitat fluvial (IHF).

Interpretación	Puntuación	Color
Optima	70 – 100	
Regular	40 – 60	
Mala	0 - 30	

Fuente: (Pardo et al., 2002).

2.5 Bioindicadores de calidad de agua.

Los indicadores biológicos se implementan como herramientas de medición porque brindan información sobre la calidad ambiental, especialmente sobre el estado actual de organismos o ecosistemas (Bealey et al., 2008).

Estos estímulos pueden indicar la alteración de las características del ambiente por un contaminante determinado y causar distintas respuestas en las comunidades (García et al., 2017).

2.5.1 Diatomeas epilíticas.

Son algas unicelulares microscópicas muy comunes, una característica especial de este tipo de fitoplancton “es el hecho de hallarse rodeadas por una pared celular de sílice gruesa de alta refracción bajo el microscopio de luz, dando a la célula una forma bien definida” (González, 2018).

Son la principal base energética del sistema fluvial, además, por su respuesta inmediata a los cambios ambientales del medio y su distribución, son de gran interés entre los ecólogos. Las diatomeas son importantes indicadores del cambio hidrológico, climático, acidificación de aguas superficiales, eutrofización de lagos y exploración de hidrocarburos (Harding et al., 2005).

Se utilizan con mayor frecuencia en la investigación de la calidad del agua porque pueden proporcionar información sobre la integridad biológica de los sistemas acuáticos debido a su respuesta rápida (Hernández, 2012).

Son capaces de depurar el medio en el que habitan ya que, realizan el proceso de fotosíntesis y esto ayuda a introducir oxígeno disuelto y mejorar el bienestar de todos los microorganismos que forman parte de las algas (Fabricius, 2000).

- ***Diatomeas epilíticas como indicadores ecológicos.***

Las diatomeas responden eficaz y velozmente al aumento o disminución de nutrientes del entorno en el que viven. Esto facilita la construcción de métodos para el estudio de las comunidades de diatomeas que nos permitan detectar los cambios que sufren los sistemas fluviales provocados por distintos tipos de contaminación principalmente de origen antrópico.

Las diatomeas son microorganismos muy diversos y abundantes que se distribuyen en prácticamente todos los entornos acuáticos del mundo ya sean dulces o salados, y por su

característica de ser muy sensibles a los contaminantes las hacen ser unos excelentes indicadores del estado en el que se encuentra el ecosistema estudiado (Blanco, 2007).

2.6 Índice diatomológico.

Es un parámetro que mediante indicadores biológicos permite saber cuál es la calidad del medio de acuerdo al grado de tolerancia que tiene cada organismo a las condiciones que se encuentra sometido. Los valores obtenidos arrojan información del estado ecológico actual de la zona de estudio (Rodríguez, 2014).

2.7 Abundancia.

Es la cantidad de individuos que posee una determinada especie (Morlans, 2004).

2.8 Riqueza.

Es el número de especies diferentes en una comunidad en particular (Martella et al., 2012).

2.9 Índices de diversidad.

Son aquellos que describen lo diverso que puede ser un determinado lugar y establecen un valor específico en cuanto a cantidad, considerando la riqueza y la abundancia. Para este proyecto se van a utilizar el índice de Shannon.

2.9.1 Índice de Shannon.

Este índice muestrea al azar una población pero cada uno de sus individuos están representados en la muestra, lo que se busca con la aplicación del mismo es medir que tan diversas son las especies (Martella et al., 2012).

2.10 Gestión integrada de los recursos hídricos.

Método mediante el cual se fomenta la administración de todas las fuentes en donde se toma en cuenta la participación de la ciudadanía por medio de políticas públicas para obtener un desarrollo económico, social y ambiental (Martínez y Villalejo, 2018).

2.11 Análisis canónico.

Es un método de análisis estadístico lineal multivariante desarrollado por Harold Hotelling en el año 1935, mediante el cual se busca relacionar dos grupos diferentes de variables y validarlas (Castillo et al., 2007).

2.12 Análisis clúster (AC)

El AC se basa en la formación de clústeres formado por grupos de iguales características (Peña, 2002). Los grupos se conforman por objetos similares a los que están dentro del clúster en relación a los criterios de selección predeterminados (Ramachandra y Srinivas, 2005). Los criterios de agrupación del AC se clasifican en dos: clúster jerárquico que es aquel que incluye clústeres de nivel bajo en clústeres de niveles más altos, y clúster no jerárquico que crea grupos diferentes que no dependen uno de otro. Mediante este análisis se logran clasificaciones clústeres que se fundamentan en el criterio o la distancia. Es una técnica perfecta para extraer datos en forma de modelos estadísticos (Fernández, 1991).

2.13 Estado del arte

En el Ecuador se han realizado pocos estudios sobre el cambio de la diversidad de la comunidad de microorganismos con respecto a la calidad del medio dulceacuícola. Estos estudios se detallan a continuación:

Tabla 3. Estado del arte

N°	TEMA
1	"Caracterización de diatomeas como herramienta para el estudio de la calidad del agua del río Teaone" (Ortiz, 2015).
2	"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" (Rosero, 2016).
3	"Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas de la reserva biológica de Limoncocha usando diatomeas como bioindicadores" (Sánchez, 2020).
4	"Evaluación de la calidad de agua en ríos de alta montaña de la reserva ecológica Antisana utilizando diatomeas epilíticas como bioindicadores" (Gutierrez, 2018).
5	"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" (Chasiquiza y Cola, 2017).

6	“Diatomeas epilíticas como bioindicadoras de eutrofización en la microcuenca del río guano, provincia de Chimborazo” (Arévalo, 2018).
7	“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” (Sardi, 2018).
8	“Determinación de la calidad de agua mediante el uso de diatomeas bentónicas en el tramo padre Carollo-paus, del río blanco. Parroquia río blanco, cantón morona, provincia de Morona Santiago” (Merino, 2018).
9	“Determinación del índice trófico de la calidad del agua a partir de la presencia de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi, sector baño azul, cantón Latacunga” (Fonseca y Silva, 2017).
10	“Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarqui” (Morales, 2021).
11	“Uso de diatomeas epilíticas como bioindicadoras de calidad de agua de la cuenca media-baja del río Yanuncay en época lluviosa (Ayala, 2021)”

2.14 Fundamento legal.

2.14.1 Constitución de la República del Ecuador

Artículo 12: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitución de la República del Ecuador, 2008,).

Artículo 14: “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

“Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo 411: “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Artículo 412: “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.14.2 Tratado Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (T.U.L.S.M.A)

A continuación, se detallan los artículos considerados del TULSMA para la preservación de la vida acuática en los ríos:

5.1.2.1 “Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura” (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2015).

5.1.4 “Criterios de calidad para aguas de uso pecuario Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes” (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2015).

2.14.3 Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua.

Artículo 1. “Naturaleza jurídica.- Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, 2014).

“El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y

fundamental para garantizar la soberanía alimentaria” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, 2014).

Artículo 3: “Objeto de la Ley. - El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua., 2014).

Artículo 4: “Principios de la Ley. - Esta Ley se fundamenta en los siguientes principios:

- a) La integración de todas las aguas, sean estas, superficiales, subterráneas o atmosféricas, ¡en el ciclo hidrológico con los ecosistemas;
- b) El agua, como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, ¡que garantice su permanencia y calidad;
- c) El agua, como bien de dominio público, ¡es inalienable, imprescriptible e inembargable;
- d) El agua es patrimonio nacional y estratégico al servicio de las necesidades de las y los ciudadanos y elemento esencial para la soberanía alimentaria; en consecuencia, está prohibido cualquier tipo de propiedad privada sobre el agua;
- e) El acceso al agua es un derecho humano;
- f) El Estado garantiza el acceso equitativo al agua;
- g) El Estado garantiza la gestión integral, integrada y participativa del agua; y,
- h) La gestión del agua es pública o comunitaria” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua., 2014).

Artículo 76: Capítulo VI. Sección 1. Caudal ecológico y áreas de protección hídrica. Art. 76.- “Caudal ecológico. Para los efectos de esta Ley, caudal ecológico es la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad de agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de

salud en el ecosistema” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua., 2014).

“La Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y las características de los cuerpos de agua, que serán considerados dentro de la planificación hídrica nacional” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua., 2014).

“Toda resolución de la Autoridad Única del Agua por la que se otorgue autorización para uso o aprovechamiento productivo del agua deberá establecer y considerar el caudal ecológico que fue determinado para ello, conforme con los criterios de la planificación hídrica nacional” (Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua., 2014).

2.14.4 Código Orgánico Del Ambiente

Artículo 191: “Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción” (Código Orgánico Del Ambiente, 2017).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de trabajo

Corresponde al río Tarqui ubicado en el cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. Este río comprende un área de 476 km² y una longitud de 30 kilómetros, se encuentra a una altura de 3920 msnm – 2520 msnm y tiene un caudal promedio de 3,21 m³/s (Vallejo, 2014). Este río se incorpora con el río Yanuncay, luego este se une con el río Tomebamba y este a su vez con el río Machángara para formar el río Cuenca, tributario del río Paute, que luego desembocará en la gran cuenca del Amazonas (Pauta et al., 2019).

Alrededor del río Tarqui se encuentran zonas ganaderas y cuando pasa por la ciudad se lo emplea para la descarga de agua residuales de los asentamientos humanos cercanos al río, en la zona poblada de Victoria del Portete se descargan aguas contaminadas directamente al cause hídrico (Beltrán et al., 2013).

UBICACIÓN DEL RÍO TARQUI

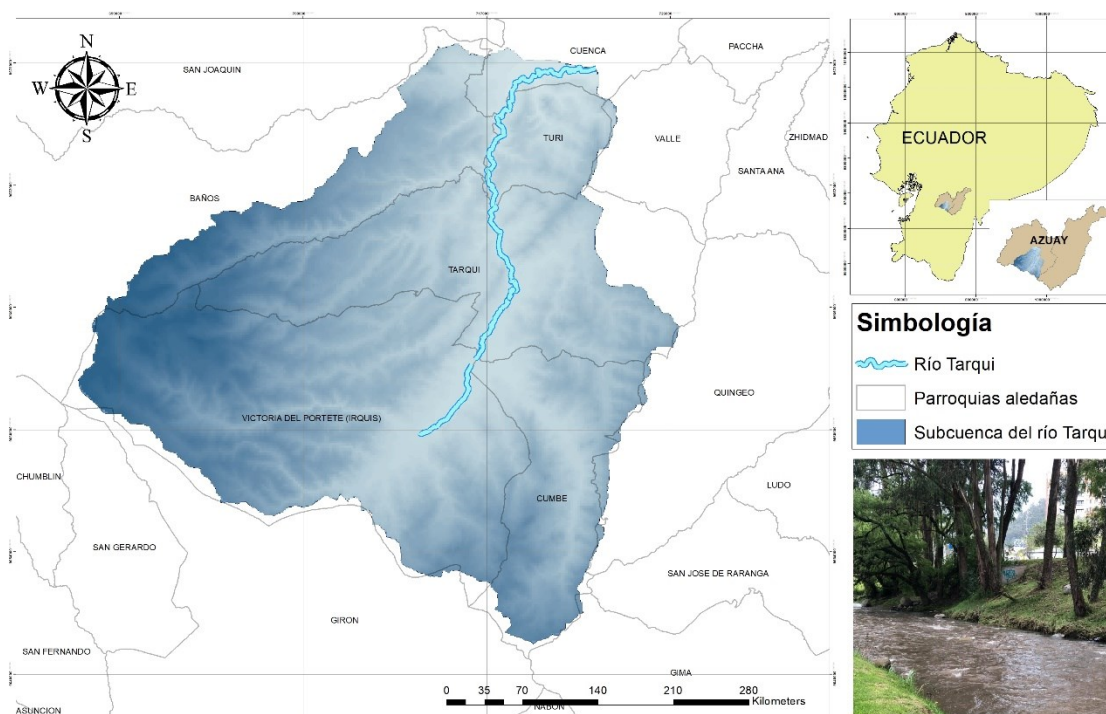


Figura 1: Ubicación del río Tarqui

3.2 Periodo de muestreo.

Para establecer los meses con mayor presencia de lluvias se ocuparon datos históricos de las estaciones de monitoreo de ETAPA EP del año 2011 al 2016 como se observa en la (figura 2).

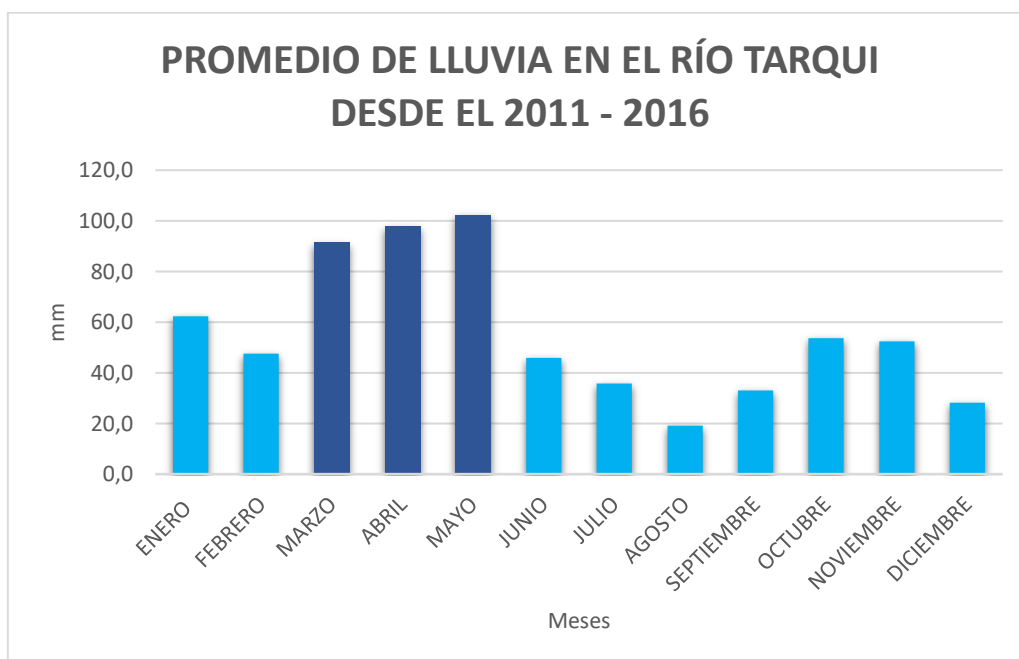


Figura 2: Promedio de lluvias diarias en el río Tarqui

Fuente: ETAPA EP

3.3 Población y muestra

Se considera como población a todas las diatomeas encontradas en el río Tarqui en la época lluviosa y la muestra está determinada por cada una de las submuestras tomadas en los 5 puntos distintos de muestreo en 3 ocasiones diferentes.

3.4 Hipótesis

Existe una variación en las especies de diatomeas epilíticas de acuerdo a la estacionalidad (época seca y época de lluvias).

3.5 Trabajo de campo

3.5.1 Definición de puntos de muestreo.

Para realizar el muestreo, primero se hicieron visitas in situ para determinar las zonas ideales de recolección de las muestras y monitoreo. Luego se fijaron 5 puntos, en el cual se colectaron 3 muestras diferenciadas de diatomeas epilíticas y se tomaron muestras

de agua para establecer sus parámetros físico – químicos, además se utilizó un multiparamétrico portátil (Lobo et al., 2014).

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de muestreo

Puntos	Coordenadas X	Coordenadas Y
P1	713362	9659378
P2	715699	9661246
P3	716491	9663724
P4	717144	9669602
P5	719534	9677208

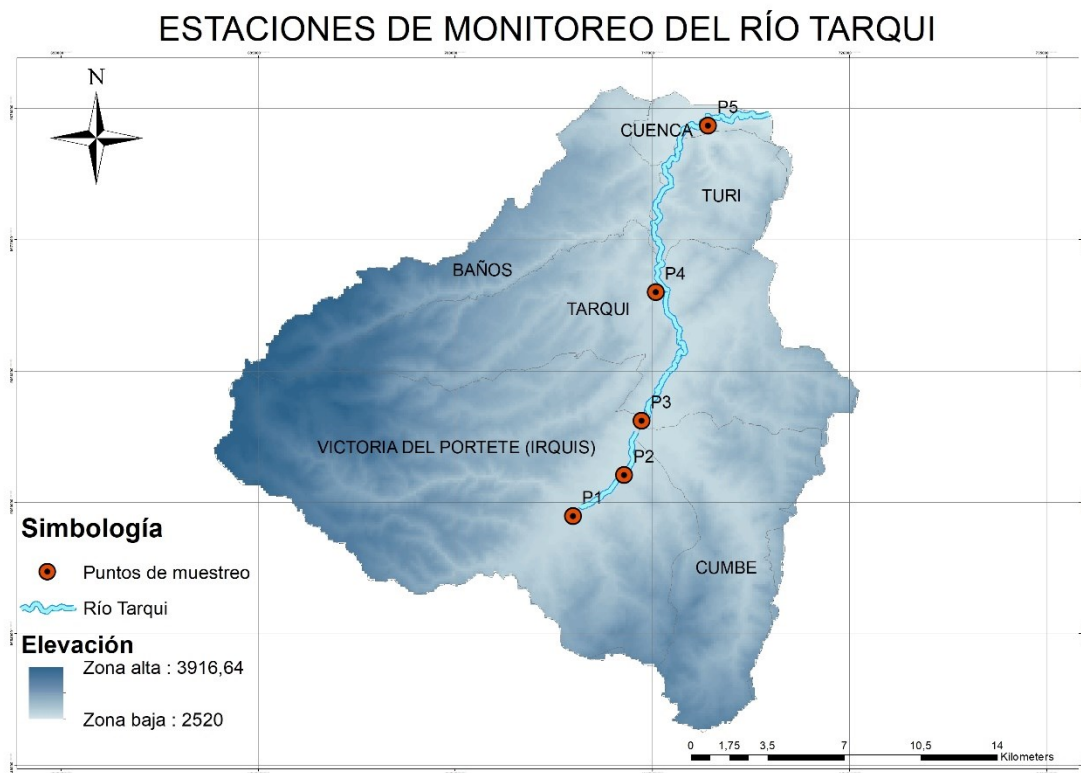


Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo

3.5.2 Recolección de diatomeas epilíticas.

Las muestras de diatomeas epilíticas que fueron recolectadas de los 5 puntos establecidos desde marzo del 2021 hasta mayo del 2021 en época lluviosa, se obtuvieron de rocas que se encuentran dentro del río a unos 30 cm de profundidad, las rocas tienen aproximadamente de 20 a 30 cm de diámetro, en sitios con presencia de la luz solar y con un color pardusco, que indica una aglomeración de las diatomeas en el sustrato. Para retirar las algas de las rocas fueron raspadas con un cepillo de dientes,

luego se lavaron las piedras con agua destilada y se recogió el líquido en una bandeja de plástico para luego pasarlas a un recipiente de 250 ml, con una solución transeau que contiene 600 ml de agua destilada, 300 ml de etanol y 100 ml de formol al 40%. Se colocó 125 ml de esta mezcla en cada uno de los frascos con diatomeas y se cubrió el frasco con papel aluminio para conservar las muestras.

Finalmente se colocaron etiquetas en los frascos con las muestras para identificar el punto de muestreo y se almacenaron en una caja de enfriamiento con hielo seco para llevarlas hasta el laboratorio (Lobo et al., 2014).



Figura 4: Recolección de diatomeas

3.5.3 Parámetros físico-químicos

La toma de parámetros in situ se realizó con el siguiente procedimiento:

- Con la ayuda de un multiparamétrico portátil que se conecta con sondas que reconocen automáticamente el parámetro que se quiere obtener, se midió: pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura.



Figura 5: Medición de parámetros fisicoquímicos in situ

3.5.4 Procedimiento para la toma de muestras de agua.

Se recolectaron tres muestras de agua en cada punto en envases diferentes, en un recipiente de plástico con capacidad de 500 ml para nitratos y fósforo total, en un recipiente de vidrio ámbar de 500 ml para DBO₅ y en frascos de muestras clínicas de 150 ml para coliformes siguiendo la metodología del (INEN, 2013). Se etiquetaron las muestras y se colocaron en la caja de enfriamiento para luego ser llevadas al Laboratorio de Centro de Innovación, Investigación y Transferencia Tecnológica (CIITT).

3.5.5 Determinación del estado ecológico

- ***Índice de calidad de ribera (QBR).***

En los 5 puntos de muestreo de la subcuenca del río Tarqui, se realizó un levantamiento de parámetros in situ para determinar el estado de ribera (anexo 4) y se adaptó a las metodología de (Acosta et al., 2014; Prat et al., 2012) que consta de 4 bloques.

Grado de cobertura riparia.

- Se observó la vegetación de las riberas para estimar el porcentaje de cobertura para los márgenes del río, a excepción de las plantas de crecimiento anual.
- Luego se determinó una calificación diferente para cada orilla.

Estructura de la cubierta de la zona de ribera.

- Identificar las especies que forman la cobertura ribereña.
- La puntuación se basó en el porcentaje forestal en cada lado del río, la cual puede mejorar si existe una mayor presencia de arbustos y bromelias.

- Por otra parte, si se observa una linealidad de árboles (indicativo de prácticas de reforestación) o si la distribución de todas las especies arbóreas y arbustivas es en manchas inconexas, estas se penalizan, restando puntos al valor final de este apartado.

Calidad de la cubierta de ribera.

- Se evaluó si los árboles que forman parte de los márgenes de los ríos son especies nativas o introducidas.
- Luego se estimó negativamente diferentes tipos de actividades antrópicas que alteran la ribera, tales como: ganadería, agricultura, construcciones, senderos y carreteras.

Grado de naturalidad del canal fluvial.

- En este apartado se obtiene un solo valor para los dos márgenes
- Se evaluó si el cauce del río ha sido alterado o si se conserva en estado natural.
- Luego se penalizan distintos impactos antrópicos que son muy habituales en los canales de los ríos de la región: descarga de aguas residuales, basura, puentes, etc.

- ***Índice del hábitat fluvial (IHF).***

Se determinó el IHF (anexo 5) con los siguientes pasos de acuerdo a las metodología de (Acosta et al., 2014; Prat et al., 2012) que contiene siete apartados:

Inclusión y limitación de sustrato.

La manera en la se evaluó es por medio del grado de esfuerzo que se observa en el momento de remover las piedras durante el monitoreo.

- Si son fáciles de remover diremos que la inclusión es baja (0-30%) y por lo ende tendrá el puntaje más alto.
- El caso extremo de restricción del sustrato ocurre cuando el lecho del río se forma a partir de bloques grandes o solo roca madre o hay incrustación del sustrato.
- Así mismos cauces en los que el lecho del río sólo está cubierto por material fino (arena, por ejemplo) es otra situación de fuerte limitación de hábitat por la inestabilidad física que representa este tipo de sustrato.

Frecuencia de rápidos.

Estas zonas son hábitats adecuados para colonización de bioindicadores. Por lo tanto, mientras más frecuentes sean estos en el tramo del río evaluado, más alto puntaje

poseerá en este apartado. Por el contrario, la presencia sólo de rápidos someros o flujo laminar (velocidad constante a lo largo del tramo) establecerá una mayor limitación y por lo tanto menor puntaje.

Composición del sustrato.

La existencia de diferentes sustratos proporciona una mayor variedad de especies de microorganismos. En este apartado se toma en cuenta ocho unidades de muestra que serán las mismas donde serán evaluados los microorganismos. Se obtendrán puntuaciones parciales en función de la representatividad del tipo de sustrato mineral de la muestra.

Regímenes de velocidad-profundidad.

- Se evaluó la velocidad y profundidad de los caudales en todo el tramo del río.
- Se consideraron entornos superficiales si la profundidad del agua no supera los 0.5 m y flujos lentos que son aquellos que muestran velocidades menores a 0.3 m/s o para fines prácticos aquellos que sean pozas o flujo laminar.
- Se eligió una de las opciones de acuerdo como se presentan las cuatro, tres, dos o una de las combinaciones de la velocidad-profundidad.
- Trayectos de ríos con presencia de cuatro combinaciones tuvieron el mayor puntaje.

Porcentaje de sombra en el lecho.

Se determinó visualmente el sombrero provocado por la vegetación aledaña en todo el tramo de estudio. El rango de calificación es de 3 a 10.

Elementos de heterogeneidad.

- La existencia de ciertos elementos que aumentan la presencia de microorganismos en el lecho del río es valiosa porque definen un hábitat físicamente más complejo y por tanto crean nuevos nichos ecológicos que pueden ser colonizados. Estos factores contienen basura, raíces, troncos de árboles desnudos, etc.
- Se estimó el porcentaje de cada elemento en todo el trayecto de muestreo. Dado a que todas las categorías se pueden mostrar en una sección, el puntaje parcial de esta sección se obtiene de su suma. Si no se muestra ninguno de estos elementos, la puntuación para la categoría correspondiente será 0.

Cobertura de vegetación acuática.

- Plocon y briofitos: Son algas que presentan formas filamentosas y se adhieren a sustratos. Los briofitos son musgos y hepáticas que puedan estar inmersos en el agua y sirven de hábitat a la fauna.
- Pecton: Diferente al plocon y briofitos, estas no presentan formas filamentosas. Tienen apariencia redonda, en forma de capas o planas, usualmente forman una capa lisa sobre un sustrato duro.
- Fanerógamas y Charales: Son plantas muy visibles que germinan a través de semillas. Los charales son algas de aguas continentales.
- La puntuación varía de 0 a 30.

3.6 Trabajo de laboratorio

3.6.1 Tratamiento de las muestras de diatomeas

En el laboratorio se deja reposar hasta el siguiente día en el refrigerador. Para la oxidación de las muestras se siguió la metodología de (Lobo et al., 2016).

1. Primero se homogenizaron todas las muestras, se hicieron cinco repeticiones por cada punto colocando un volumen de 50 ml aproximadamente. Las muestras fueron colocadas en los tubos de ensayo con la ayuda de una pipeta.
2. Las muestras se dejaron reposando por 24 horas para que se asienten los sedimentos, y poder retirar el agua sobrante.
3. Se realizó el lavado de las muestras durante 3 días colocando agua destilada hasta que el sobrenadante sea totalmente transparente.



Figura 6: Limpieza de muestras de diatomeas

4. Se utilizó peróxido de hidrógeno al 35% en todas las muestras para suspender frústulos y valvas. Luego se calentó en una placa calefactora con arena de gato a una temperatura de 150 °C, hasta la oxidación de toda la materia orgánica.

Luego de este procedimiento se realiza el lavado de las muestras con agua destilada durante 3 días para evitar la mezcla de químicos.



Figura 7: Colocación de peróxido en las muestras

5. Después se retiró de la placa calefactora y se colocó ácido clorhídrico al 37% hasta tener toda la muestra cubierta y se dejó en inactividad por 12 horas.



Figura 8: Incorporación de ácido clorhídrico en las muestras

6. Para eliminar la materia orgánica sobrante se agregó 0,5 gramos de dicromato de potasio en las muestras, Luego de este procedimiento se retiró el sobrenadante y se agrega agua destilada para limpiar la muestra, este proceso realizó durante 3 a 5 veces hasta que las muestras estén totalmente lavadas.



Figura 9: Adición dicromato de potasio

7. Se cuantificó el pH de todas las muestras y tiene que ser un valor cercano a neutro.
8. Por último, se homogenizó las muestras y se traspasó a envases ya esterilizados añadiendo transeau en proporción de 1:1 para preservar las muestras.
9. Para preparar las placas que se observaron en el microscopio empleando una pipeta pasteur se colocó una gota de la muestra en un cubreobjetos y se dejó evaporar la muestra a temperatura ambiente.

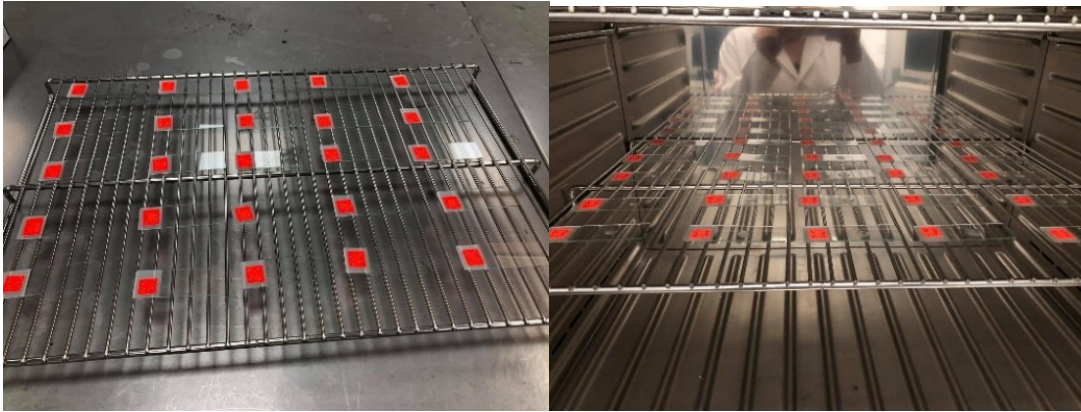


Figura 10: Secado de muestras

10. Luego se colocó una gota de Naphrax en el cubreobjetos del lado que contiene las diatomeas, para posteriormente colocarlas sobre el portaobjetos. Se calienta la placa con un mechero de bunsen, una vez fijada la placa se etiqueta para la observación.



Figura 11: Preparación de placas.

3.6.2 Microscopía óptica para la identificación de diatomeas.

Para examinar las placas permanentes se utilizó el microscopio óptico Nikon Elipse E200, equipado con objetivo de inmersión (100X). Se debe contar con 400 individuos por cada punto muestreado como mínimo (Donagh et al., 2016).

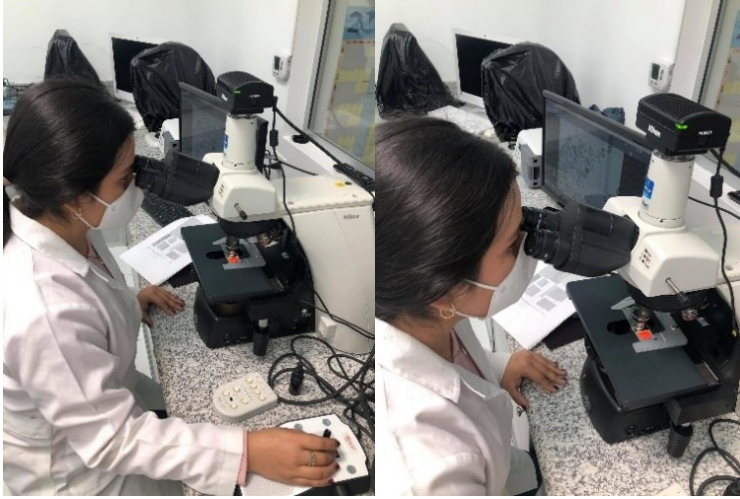


Figura 12: Observación en el microscopio.

3.6.3 Identificación de muestras.

Para la caracterización taxonómica de las microalgas (diatomeas epilíticas) se usaron referencias taxonómicas bibliográficas, como: "Development of the Trophic Water Quality Index TWQI for subtropical temperate Brazilian lotic systems" (Lobo et al., 2014); "An illustrated guide to common stream diatom species from temperate Australia" (Sonneman et al., 2000); "Epilithic diatoms (*Bacillariophyta*) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America II: A preliminary report on the diatoms from Sorata" (Morales et al., 2007); "Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia" (Sala et al., 2015); "Guía ilustrado para sistemas lóticos subtropicales e temperados brasileiros" (Lobo et al., 2016); "Guías de diatomeas de la cuenca del Duero" (Blanco et al., 2011); "Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarqui" (Morales, 2021).

3.6.4 Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ).

Los parámetros: DBO_5 , nitratos y fósforo total se realizaron en el laboratorio CITT de la siguiente manera:

- **DBO_5 .**
 - Se colocó un agitador magnético para crear un campo magnético rotatorio.
 - Luego se puso 460 ml de la muestra. En el recipiente de caucho se añadieron 2 pastillas del hidróxido de sodio y se colocó sobre la boca de la botella.
 - Se tapa la botella con uno de los sensores de presión, se activa el sensor y se indica los parámetros necesarios para la prueba.

- Después se deposita la botella en incubación a temperatura controlada de 20 °C en constante agitación.
- Finalmente, después de los 5 días se observó cuanto oxígeno perdió la muestra (APHA, 2004).

- **Nitratos.**

Debido al uso de fertilizantes, estos pueden estar en los afluentes. A través del método de espectroscopia, se utilizó una bolsa de polvo de reactivo de nitrato NitraVer®5, se mezcló y se midió la absorbancia a 220 y 275 nm (APHA, 2012).

- **Fósforo total.**

Son las emisiones que contienen detergentes. Se implementó el método de espectroscopia, que consiste en colocar una bolsa de polvo reactivo de fosfato PhosVer®3 (APHA, 2013).

3.6.5 Análisis de parámetros microbiológicos de las aguas.

Para medir el número de coliformes totales y fecales de la zona de muestreo se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Esterilizar la zona donde se va a trabajar con un mechero bunsen para evitar la contaminación de las muestras.
2. Con la ayuda de una aza de siembra procedemos a sembrar las bacterias en el medio de cultivo, Lauril sulfato para coliformes totales y E.C para coliformes fecales.
3. Para medir los coliformes totales en el medio de cultivo de Lauril sulfato se deja en incubación a 36,5 °C durante 48 horas.
4. Para cuantificar el número de coliformes fecales en el medio de cultivo E.C se mantiene en incubación a 44,5 °C durante 24 horas (APHA, 2014).

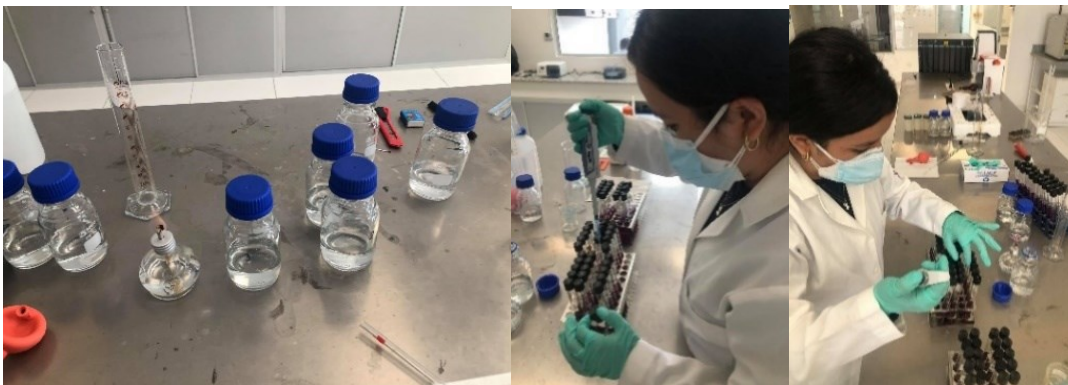


Figura 13: Preparación de las diluciones para los coliformes

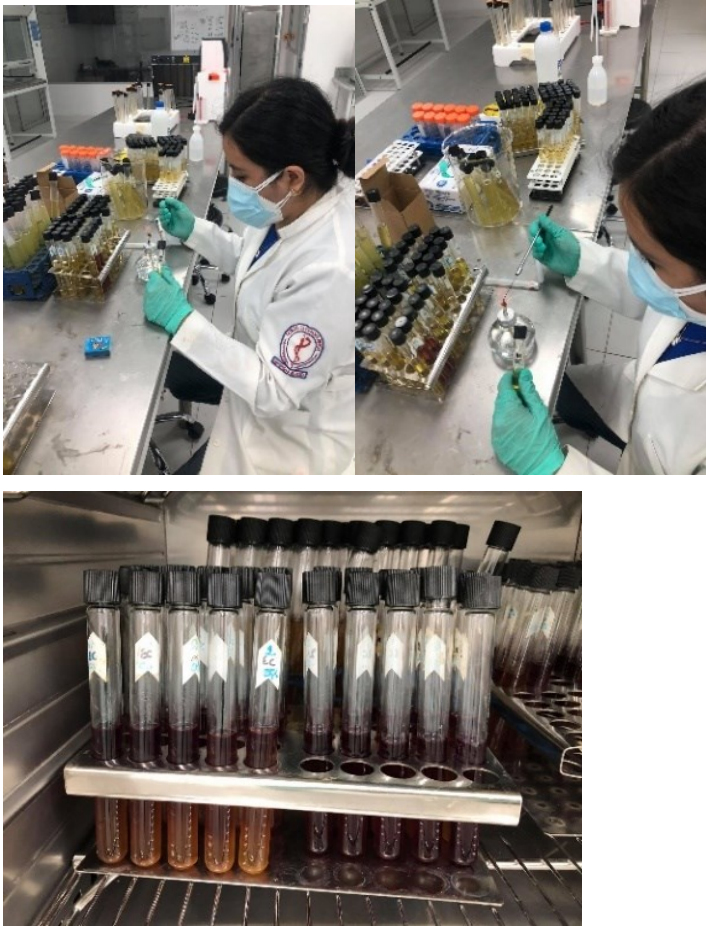


Figura 14: Siembra de coliformes en los medios de cultivo

Tabla 5: Límites máximos permisibles de parámetros analizados

Parámetros		Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Laboratorio	Temperatura	°C	°C	20
	Potencial de hidrogeno.	pH		5-9
	Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l
Campo	DBO5	DBO5	mg/l	20
	Nitratos	NO3	mg/l	13
	Coliformes fecales	nmp/100 ml		200

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

3.7 Tratamiento de datos

3.7.1 Cálculo de la abundancia de especies.

Para el cálculo de la diversidad que existe en la zona de monitoreo se utilizó el siguiente índice.

- **Índice de Shannon & Weaver.**

Se obtiene con de la siguiente fórmula:

$$H = - \sum (P_i * \ln P_i) \quad (1)$$

Donde:

“ $P_i = n_i/N$ (valor de importancia)

N = Total de todas las especies.

n_i = abundancia para las especies.

$\ln P_i$ = Logaritmo natural de P_i ” (Martella et al., 2012)

Tabla 6: Rangos del índice de Shannon.

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

Fuente: (Martella et al., 2012)

3.7.2 Índice diatomológico.

Una vez obtenida la diversidad de especies y la abundancia de cada una se procede a calcular el índice diatomológico de Polusensibilidad Específica (IPS) con el programa OMNIDIA. El IPS se considera un índice de referencia que toma en cuenta todos los taxones existentes en cada muestra. El resultado que se obtiene es un dato numérico estandarizado que se encuentra en un rango de 1 a 20 y que indica el estado de calidad ecológico mínimo y máximo respectivamente (Blanco et al., 2007). Los valores que se obtienen mediante el índice se dividen en cinco clases de calidad como se observa en la (tabla 6).

El IPS se calcula con la siguiente formula:

$$IPS = 4,75 * \frac{\sum A * S * V}{\sum A * V} - 3,75 \quad (4)$$

Donde:

S = Valor de sensibilidad de la especie.

V = Valor de tolerancia de la especie.

A = Abundancia relativa de cada especie.

Tabla 7: Rangos del índice que establecen la calidad del agua

Rango	Calidad de agua	Color
17 – 20	Muy buena	Blue
13 – 16,9	Buena	Green
9 – 12,9	Moderada	Yellow
5 – 8,9	Deficiente	Orange
0 – 4,9	Mala	Red

Fuente: (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2013)

3.7.3 Análisis de correspondencia canónico CCA.

Se asemeja a distintos métodos de dependencia similares a una regresión lineal, su objetivo es cuantificar que tan valedera es la correlación entre las variables dependientes e independientes en el caso de estudio, pudiendo obtener varias funciones canónicas. Para facilitar el desarrollo de análisis de correspondencia canónico se han creado software como es el caso de Past (Paleontological Statistics) que maneja los datos para realizar análisis estadísticos (Castillo et al., 2007).

3.7.4 Análisis Clúster AC.

El AC se determina de acuerdo a los siguientes pasos: "Elección de las variables, medida de asociación y técnica clúster" (Fernández, 1991). Es una técnica perfecta para extraer datos en forma de modelos estadísticos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los monitoreos se realizaron en los mismos puntos de (Morales, 2021) para verificar la variación de las diatomeas epilíticas en la época lluviosa y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos medidos in situ y en el laboratorio.

4.1 Índice de calidad de ribera (QBR).

Siguiendo la metodología del “PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS DE LA REGIÓN AUSTRAL DEL ECUADOR” (Acosta et al., 2008). Se obtuvieron las siguientes puntuaciones de la calidad de ribera del río Tarqui (Tabla 7) y se dio una ponderación de acuerdo a los rangos de QBR (Tabla 1).

Tabla 8: Calidad de ribera del río Tarqui

Evaluación de la calidad de ribera en la región austral del Ecuador. Ecosistemas de bosque de ribera					
Monitoreo Marzo - mayo 2021					
Apartados	Puntos de muestreo				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
1. Grado de cubierta de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	15	15	7,5	25	15
2. Estructura de la cubierta de la zona de ribera	-5	-5	2	0	0
3. Calidad de la cubierta de la zona de ribera	0	-10	-2,5	-10	-25
4. Grado de naturalidad del canal fluvial	10	20	0	-5	15
Total	20	20	7	10	5

Fuente: Modificado de (Acosta et al., 2008)

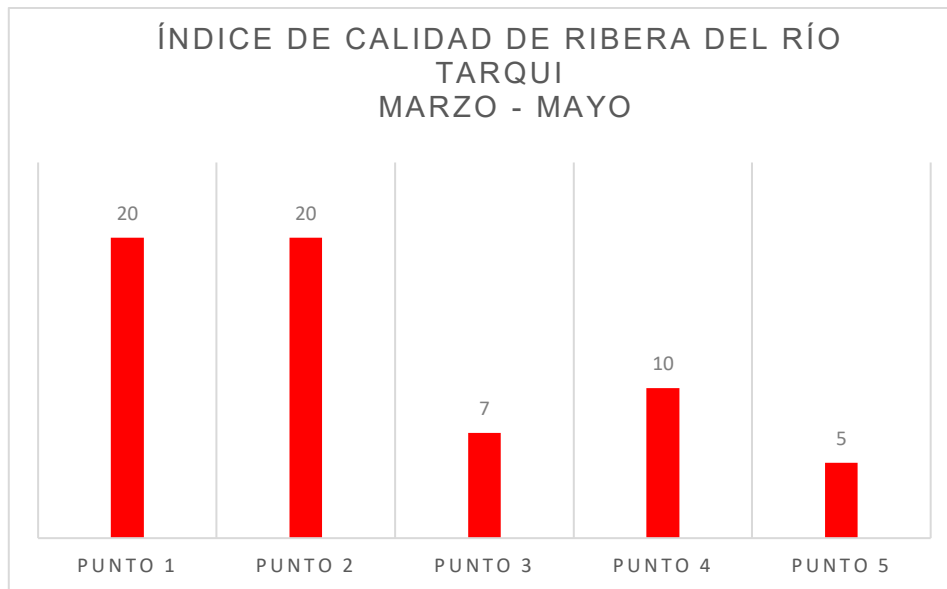


Figura 15: Índice de calidad de ribera.

Los valores obtenidos de la calidad de ribera en todos los puntos son menores a 25 por lo que su ponderación es degradación extrema, calidad pésima, esto se da por la contaminación antrópica y la presencia abundante de ganadería lo cual deteriora la zona ribereña (Anexo 11)

En el estudio realizado anteriormente por (Morales, 2021) en el río Tarqui en la época seca obtuvo que la calidad de ribera es pésima en todos los puntos, similares resultados a los que se han obtenido en la época lluviosa ya que la calidad sigue siendo pésima en cada uno de los puntos. Además en un estudio realizado por (Amón y López, 2020) en el río Tomebamba cantón Cuenca, obtuvieron valores de muy mala calidad de ribera en los puntos 4,7 y 9.

4.2 Índice de hábitat fluvial (IHF).

En los tres monitoreos realizados en los distintos puntos y meses en el río Tarqui se obtuvieron datos del hábitat fluvial y de acuerdo a la (Tabla 2) se fueron dando ponderaciones como se observan en la (Figura 16).

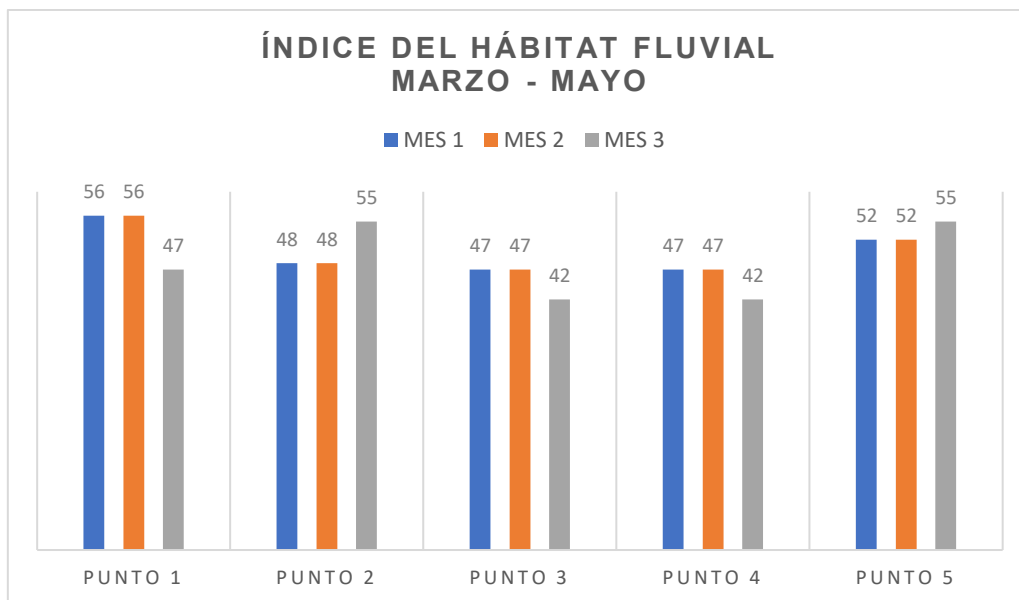


Figura 16: Índice de hábitat fluvial del río Tarqui.

Conforme a la valoración de cada punto no se obtuvieron diferenciaciones en los tres meses y se puede determinar que el IHF en el río Tarqui es de calidad regular ya que, sus valores están dentro del rango de 40 – 60 (Anexo 11, 12, 13,14 y 15).

Es decir, en el estudio realizado en el río Tarqui en la época seca por (Morales, 2021) no se encuentra variación alguna ya que, los resultados obtenidos del IHF también fueron de calidad regular. Por otro lado, (Quezada, 2019) en un análisis realizado en los riachuelos del Macizo del Cajas obtuvo resultados de calidad regular en los ríos Quinoas, Cañar y Machángara.

4.3 Análisis de los parámetros físico químicos - In situ.

Los parámetros físico químicos fueron tomados en campo y recolectados para análisis de laboratorio, en los cinco puntos de muestreo en los tres meses y se los representó en las siguientes figuras:

4.3.1 Temperatura

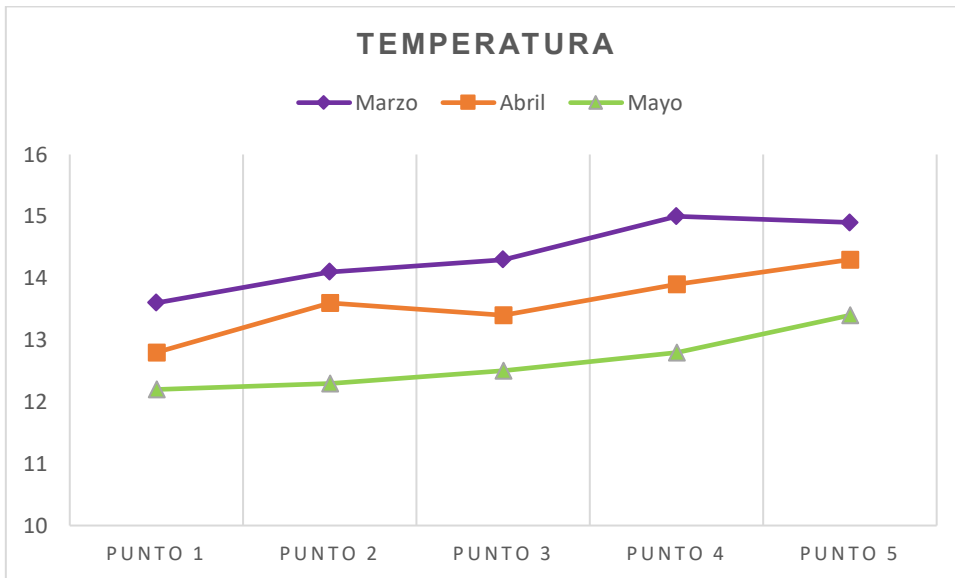


Figura 17: Variaciones de la temperatura del río Tarqui

En la (figura 17), se observa que la mayor temperatura se alcanzó en el mes de marzo en el punto 4 con 15 °C, y la menor en el mes de mayo en el punto 1 con 12,2 °C. El mes de mayo tubo un cambio de temperatura ascendente empezando por 12,2 °C en el punto 1 y terminando en 13,4 °C en el punto 5, mientras que el mes de marzo fue el que mayor fluctuación presentó en cada uno de los puntos. Según el TULSMA tabla 3 (Anexo 1) la temperatura en cada uno de los puntos cumple con el límite que es 20 °C. Este parámetro es importante ya que si aumenta ampliamente afecta de forma directa al oxígeno disuelto provocando que se diluya y poniendo en amenaza la vida de los microorganismos (Sánchez, 2020).

Según (ETAPA, 2019) la temperatura monitoreada en la época lluviosa tiene registros de hasta 15 °C similares a las obtenidas en la época lluviosa en el año 2021.

4.3.2 Potencial de hidrógeno

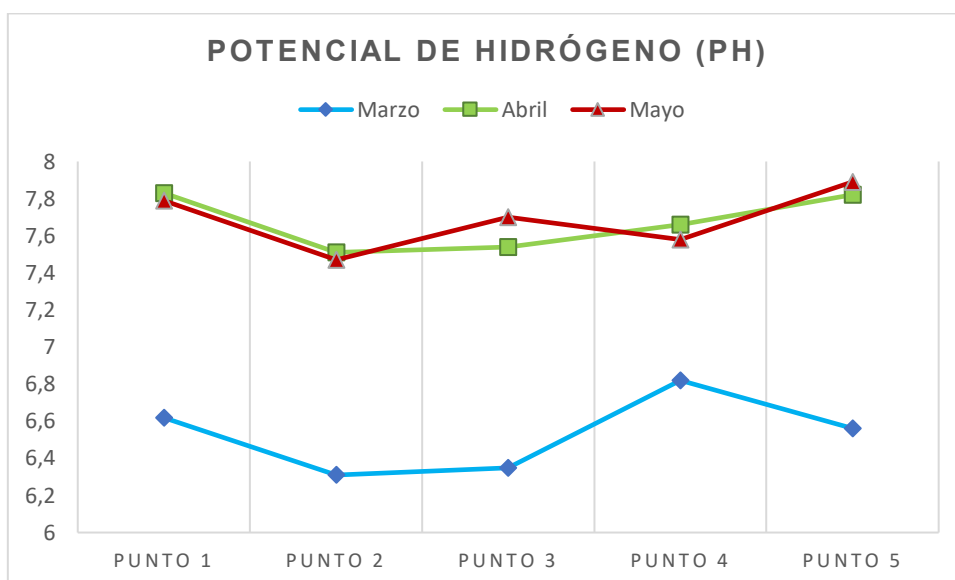


Figura 18: Variación del pH en el río Tarqui

Según (Mancera, 2017) un pH neutro se encuentra en rango de 6,5 a 7,5, los valores menores a 6,5 se consideran ácidos y los superiores a 7,5 alcalinos. En la (figura 18) se observan todos los valores obtenidos en cada uno de los puntos de los 3 meses muestreados en los que se puede determinar que el mes de marzo se obtuvo un pH ligeramente ácido en los puntos 2 y 3, mientras que los puntos 1,4 y 5 se encuentran dentro del rango neutro, para los meses de abril y mayo los valores de pH obtenidos son ligeramente alcalinos a excepción del punto 2 del mes de mayo que es ligeramente alcalino. De acuerdo al (TULSMA) todos los puntos muestreados en cada uno de los meses se encuentran dentro del rango de los límites permisibles que es de 5 – 9.

Según (ETAPA, 2019) el pH fue ligeramente alcalino en la época lluviosa ya que su promedio se encuentra en 7,63. Similares a la mayoría de los puntos muestreados de este estudio. Por otra parte en el estudio realizado por (Morales, 2021) en la época seca difieren ya que tiene valores que se encuentran en el límite e incluso en un punto sobrepasa el máximo permitido. El pH es afectado por la lluvia acida producto de la contaminación ganadera, transporte y vertidos de agua residual, en la época seca estos contaminantes tienen mayor concentración por los bajos caudales (Rodríguez y Silva, 2015).

4.3.3 Oxígeno disuelto

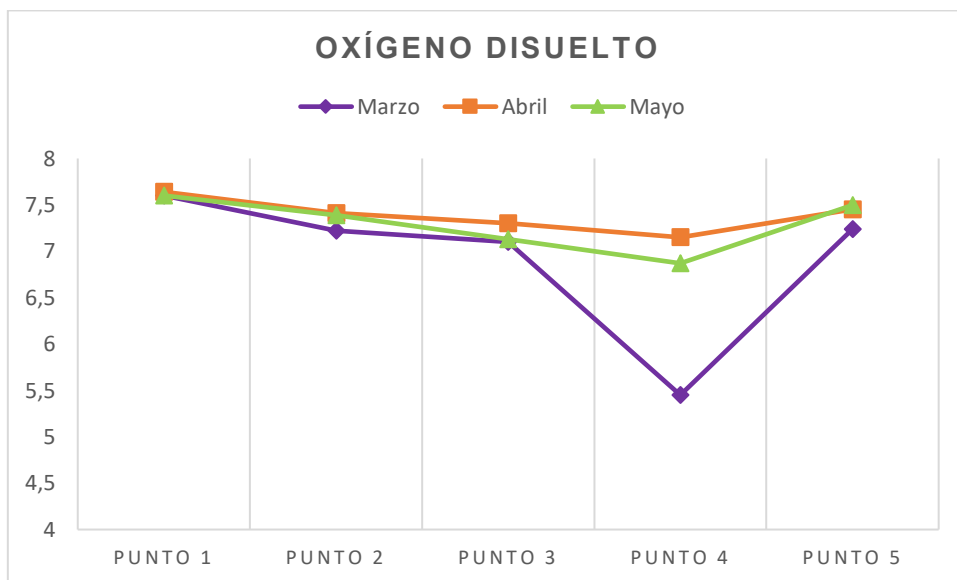


Figura 19: Variación de oxígeno disuelto en el río Tarqui

Durante los periodos de muestreo in situ se obtuvieron valores de oxígeno disuelto que se encuentran en un rango de 5,45 mg/l a 7,64 mg/l de los cuales solamente el valor obtenido en el mes de marzo en el punto 4 no se encuentra en el rango permitido por el (TULSMA) ya que el oxígeno disuelto tiene que ser mayor a 6 mg/l. Mientras mayor presencia de materia orgánica exista el oxígeno disuelto disminuye, esto perjudica a las especies acuáticas alterando su normal desarrollo (Hernández et al., 2012).

En los monitoreos realizados por (ETAPA, 2019) en la época lluviosa obtuvieron valores de oxígeno disuelto de 7,2 mg/l lo que sustenta las mediciones realizadas en la época lluviosa del año 2021 a excepción del punto 4 del mes de marzo que no se encuentra dentro de los límites permisibles que indica que tiene que ser mayor a 6 mg/l.

4.3.4 Conductividad

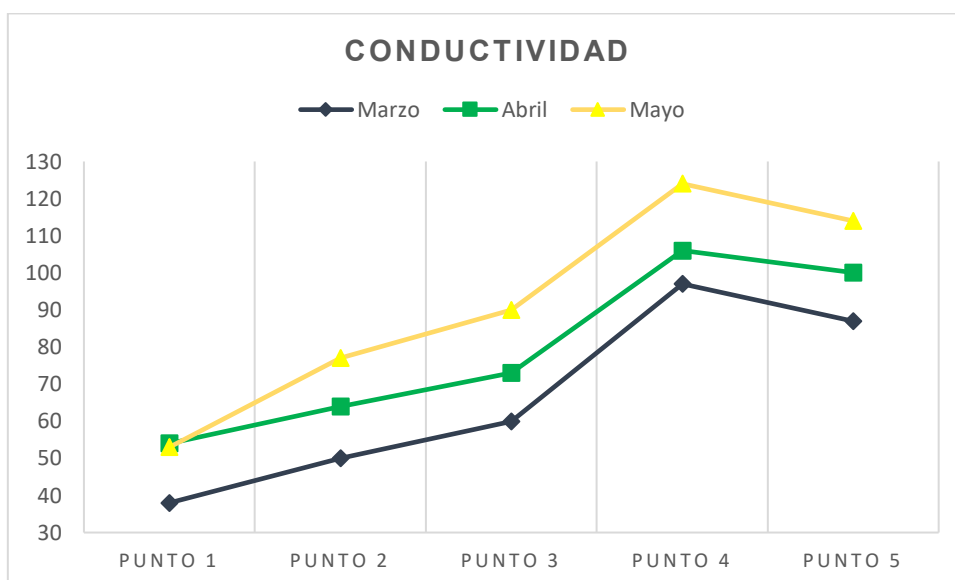


Figura 20: Variación de conductividad del río Tarqui

Este parámetro se tomó en cada punto del río de los meses muestreados en los que el valor más alto se obtuvo en el punto 4 del mes de mayo con 124 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el menor en el punto 1 del mes de marzo con 38 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los resultados obtenidos sustentan a los datos medidos por (ETAPA, 2019) en los que en la época lluviosa alcanzaron hasta 123 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en la época seca realizada por (Morales, 2021) el máximo fue de 101,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ligeramente inferior al medido en la época lluviosa en el año 2021. Esto se debe a que en la época lluviosa existe una mayor mezcla de las corrientes del agua en el río lo que provoca un aumento en la conductividad (Gil et al., 2018).

4.4 Parámetros físico químicos - laboratorio.

Las muestras recolectadas en marzo, abril y mayo fueron analizadas en el CIITT.

4.4.1 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

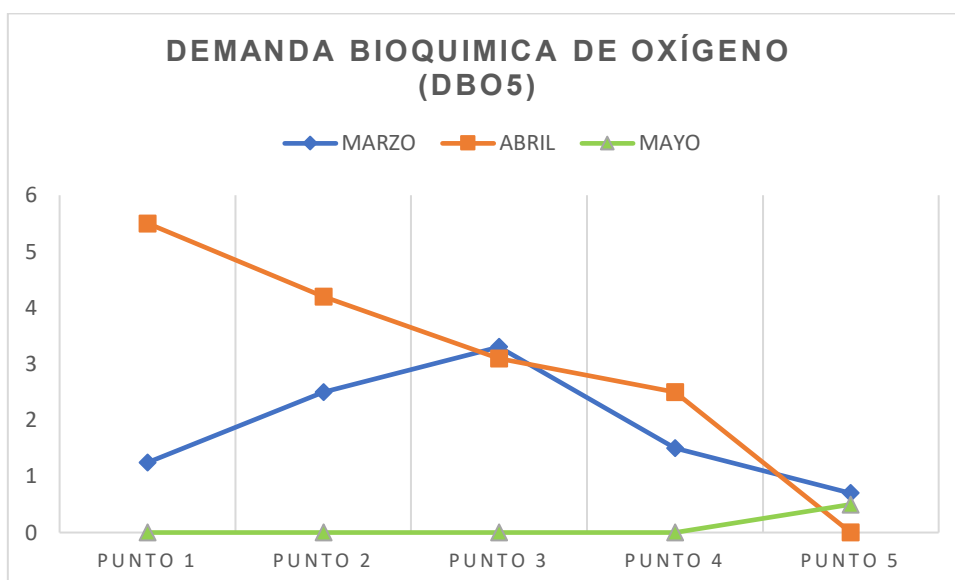


Figura 21: Variación de la demanda bioquímica de oxígeno del río Tarqui

En todos los puntos muestreados de cada mes se obtuvieron datos que van desde – 1,4 mg/l hasta 5,5 mg/l lo cual indica que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles conforme al (TULSMA), el mismo que establece que el límite máximo para DBO₅ es 20 mg/l. En los puntos 1,2,3,4 del mes de mayo y el punto 5 del mes de abril se encontraron valores negativos que representan ausencia de DBO₅ por lo tanto el valor corresponde a 0 mg/l, esto se debe a que el equipo de mide un mínimo de 3 mg/l por lo que los valores inferiores a esa cantidad no son detectados a momento de la medición.

En el estudio realizado en el rio Tarqui en la época seca por (Morales, 2021) obtuvo valores que cumple con el (TULSMA), a excepción de los puntos 2 y 3 de los meses de agosto y septiembre lo cuales sobrepasaron el límite permitido. Los valores bajos de DBO₅ indican una menor presencia de materia orgánica que permiten el desarrollo de la vida acuática de gran riqueza y abundancia (Cocha, 2009).

4.4.2 Nitratos

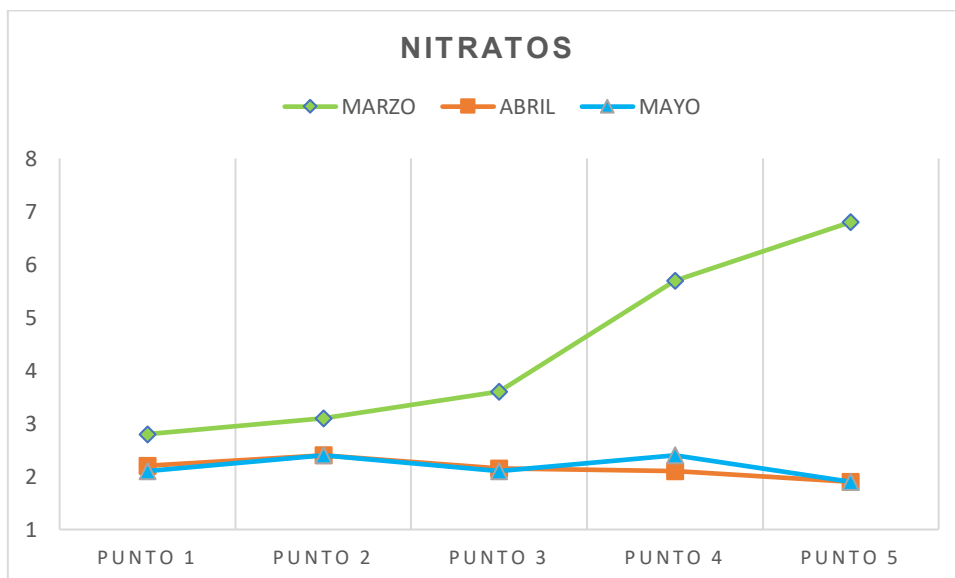


Figura 22: Variación de nitratos del río Tarqui

La presencia de nitratos se altera por la existencia de materia orgánica en el agua causando el deterioro de la calidad del sistema hídrico, esto se da por los fertilizantes y por la descarga de aguas servidas directamente al río (Carrillo y Urgilés, 2016). Los valores de nitratos encontrados en el río Tarqui en la época lluviosa están dentro del límite máximo permisible conforme al (TULSMA) en el que indica que el límite máximo permisible es de 13 mg/l. La máxima valoración de nitrato se obtuvo en el punto 5 del tercer mes con 6,8 mg/l, mientras que, el valor más bajo fue en el punto 5 del mes de abril y mayo con una medición de 1,9 mg/l.

Los resultados obtenidos de nitratos en la época lluviosa sustentan el estudio realizado por (Morales, 2021) en la época seca del río Tarqui, ya que, sus valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, pese a que sí se encontraron variaciones en cada una de las mediciones. Además en el estudio realizado por (Cocha, 2009) se obtuvieron valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible en todos sus puntos.

4.4.3 Fósforo total

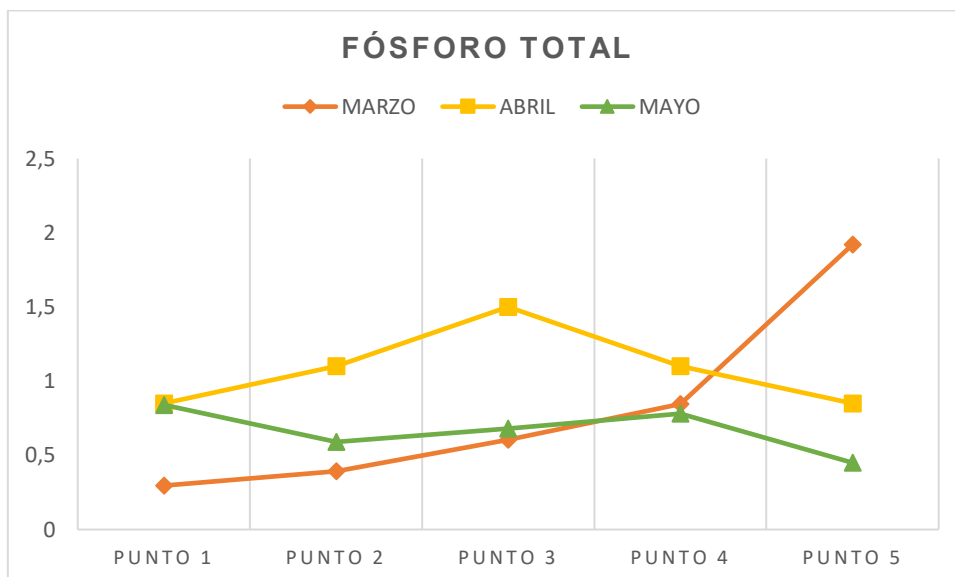


Figura 23: Variación de fósforo total del río Tarqui

El fósforo es un parámetro de gran relevancia para la vida acuática, aparece por la materia orgánica, pesticidas, aguas servidas y residuos producto de la ganadería (Cocha, 2009). El rango de valores en este parámetro fue de 0,29 mg/l a 1,92 mg/l, pese a que en el Ecuador no se regula la presencia de fósforo, estos resultados no han provocado la eutrofización completa del río, pero si es un principio de contaminación que puede llegar a ser grave para la flora y fauna acuática. Según el límite máximo permisible de (CONAGUA, 1997) de México, indica que para la existencia de vida acuática en los ríos el límite permisible es 10 mg/l lo que quiere decir que los valores obtenidos en la época lluviosa del río Tarqui se encuentran dentro de este límite.

Los resultados obtenidos por (Morales, 2021) en el río Tarqui época seca variaron mínimamente ya que están en un rango de 0,1 a 0,65 mg/l y no representan un peligro para los microorganismos presentes en el río. Mientras que (ETAPA, 2019) obtuvo un promedio de 0,26 mg/l en la época de invierno, cercano a los valores obtenidos en este estudio.

4.4.4 Coliformes fecales

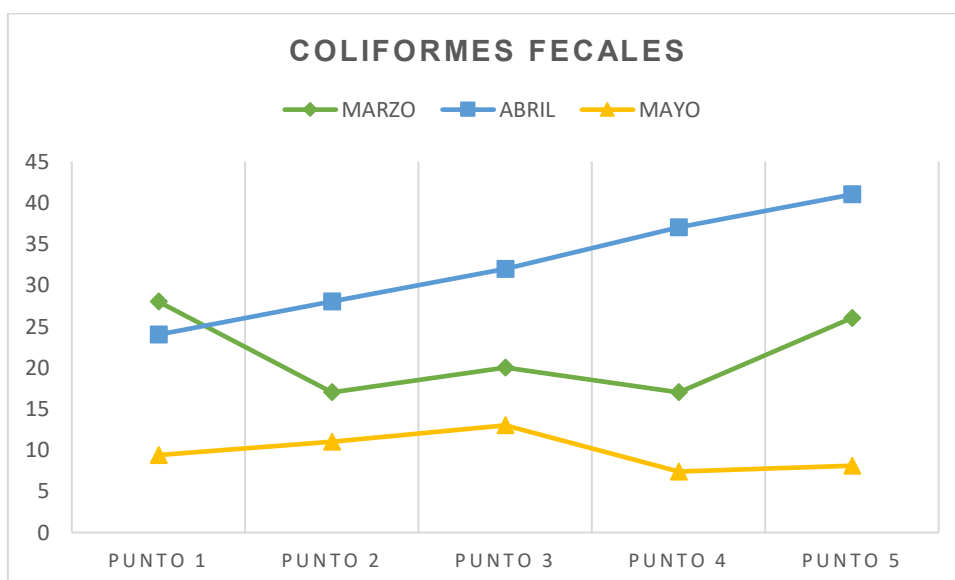


Figura 24: Variación de coliformes fecales del río Tarqui

Al ser una zona ganadera, el río Tarqui está expuesto a valores altos de coliformes fecales, además de que en el sitio de monitoreo se puede evidenciar la descarga directa de aguas residuales al cauce hídrico (Figura 36). En el río Tarqui en la época lluviosa los valores oscilan entre 7,4 NMP/100 ml en el punto 4 en el mes de mayo hasta 41 NMP/100 ml en el punto 5 en el mes de abril. Pese a que a lo largo de la microcuenca del río Tarqui existe ganadería los valores de este parámetro se encuentran dentro de los límites establecidos en el (TULSMA) que es de 200 NMP/100 ml. Una de las razones por las que los valores se encuentran dentro de los límites establecidos es que al ser medidos en la época lluviosa los contaminantes son arrastrados aguas abajo por la fuerza de sus caudales (Cocha, 2009).

En el análisis realizado por (Morales, 2021) en la época seca se encontraron resultados dentro de los límites máximos permisibles al igual que en la época lluviosa, a excepción del punto 3 del mes de agosto el cual sobrepasa el límite máximo permisible del (TULSMA), aunque la mayoría de valores se encuentran dentro del límite en la época seca se encontraron varios resultados superiores a los de la época lluviosa.

4.5 Caracterización taxonómica de las diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en la época lluviosa

En la época lluviosa del río Tarqui fueron identificadas 44 especies de diatomeas epilíticas de las cuales 30 especies se encuentran en el punto 1 (figura 26), 21 especies en el punto 2 (figura 27), 24 especies en el punto 3 (figura 28), 21 especies en el punto 4 (figura 29) y 23 especies en el punto 5 (figura 30). Dentro de este número de especies se encuentran algunas que poseen una baja abundancia las cuales son indicadores de cualquier anomalía que suceda en las aguas, la forma en las que se puede evidenciar los cambios es cuando aumentan o disminuye el número de individuos de cada especie (Morales, 2021).

4.5.1 Especies de diatomeas encontradas en el punto 1

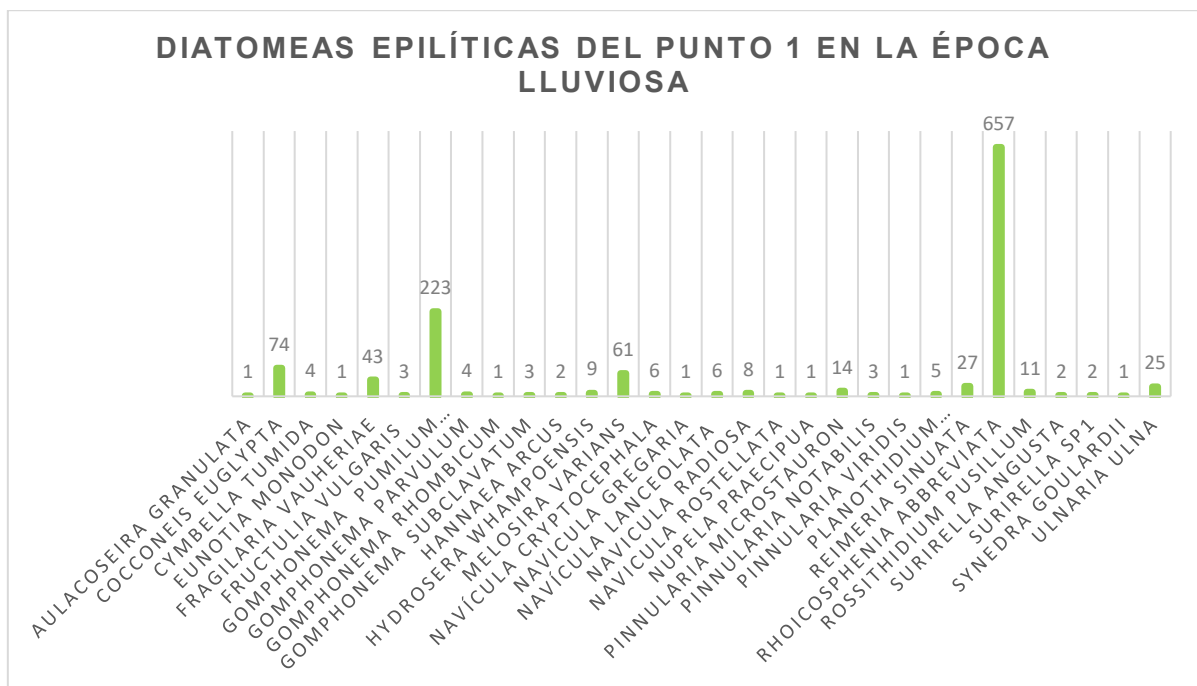


Figura 25: Diatomeas encontradas en el punto 1 de la época lluviosa

Observadas y cuantificadas las diatomeas en la época lluviosa se obtuvo que en el punto 1 la especie dominante es la *Rhoicosphenia abbreviata* con 657 individuos, seguido de la *Gomphonema pumilum var rigidum* con 223 individuos y la *Cocconeis euglypta* con 74 individuos, y las especies menos abundantes fueron la *Aulacoseira granulata*, *Eunotia monodon*, *Gomphonema rhobicum*, *Navicula gregaria*, *Navicula rostellata*, *Pinnularia viridis* y *Surirella sp1*, con 1 individuo cada una.

4.5.2 Especies de diatomeas encontradas en el punto 2

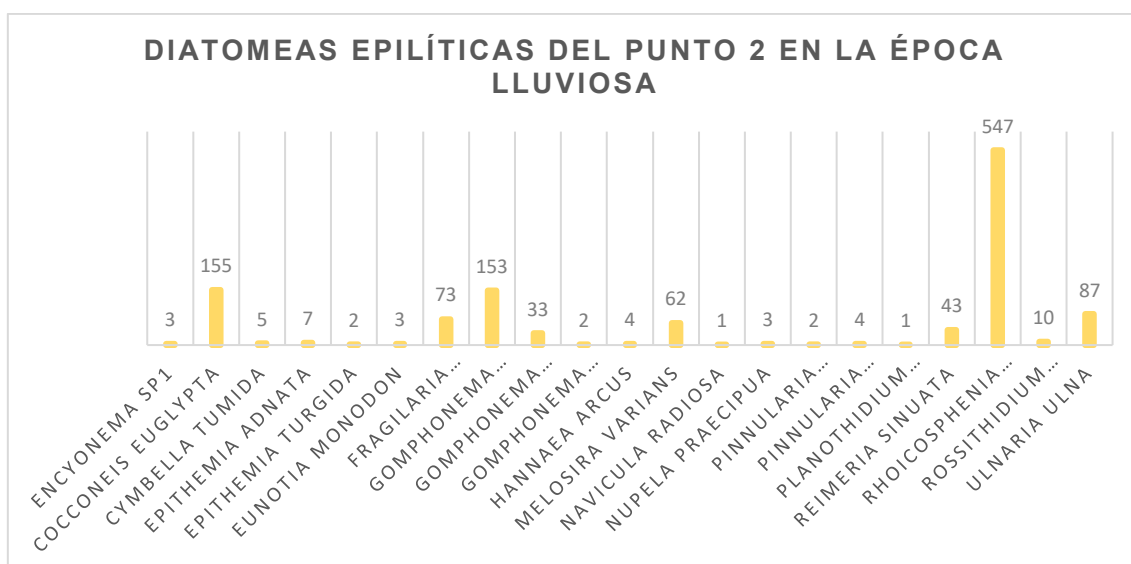


Figura 26: Diatomeas encontradas en el punto 2 de la época lluviosa

En el punto 2 se obtuvo que la especie con más individuos es la *Rhoicosphenia abbreviata* con 547, seguido de la *Cocconeis euglypta* con 155 individuos y la *Gomphonema pumilum var rigidum* con 153 individuos, y las especies menos abundantes fueron la *Navicula radiosa* y la *Planothidium lanceolatum*, con 1 individuo cada una.

4.5.3 Especies de diatomeas encontradas en el punto 3

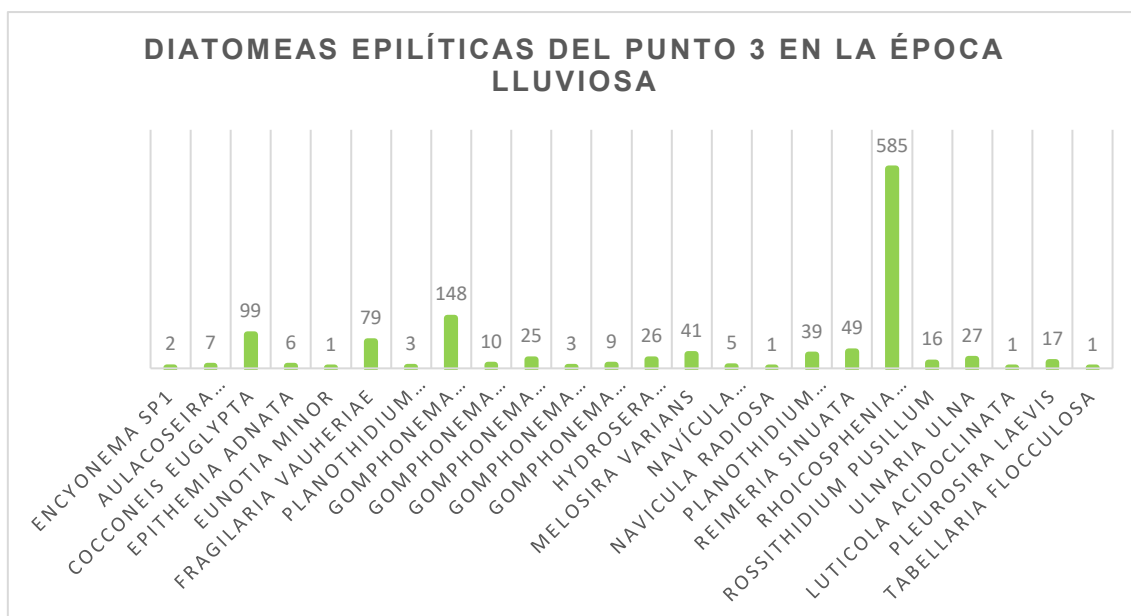


Figura 27: Diatomeas encontradas en el punto 3 de la época lluviosa

En el punto 3 se obtuvo que la especie con mayor presencia es la *Rhoicosphenia abbreviata* con 585 individuos, seguido de la *Gomphonema pumilum var rigidum* con 148 individuos y *Cocconeis euglypta* la con 99 individuos, y las especies menos abundantes fueron la *Cymbella tumida*, *Navicula radiosa* y *Pinnularia bíceps* con 1 individuo cada una.

4.5.4 Especies de diatomeas encontradas en el punto 4

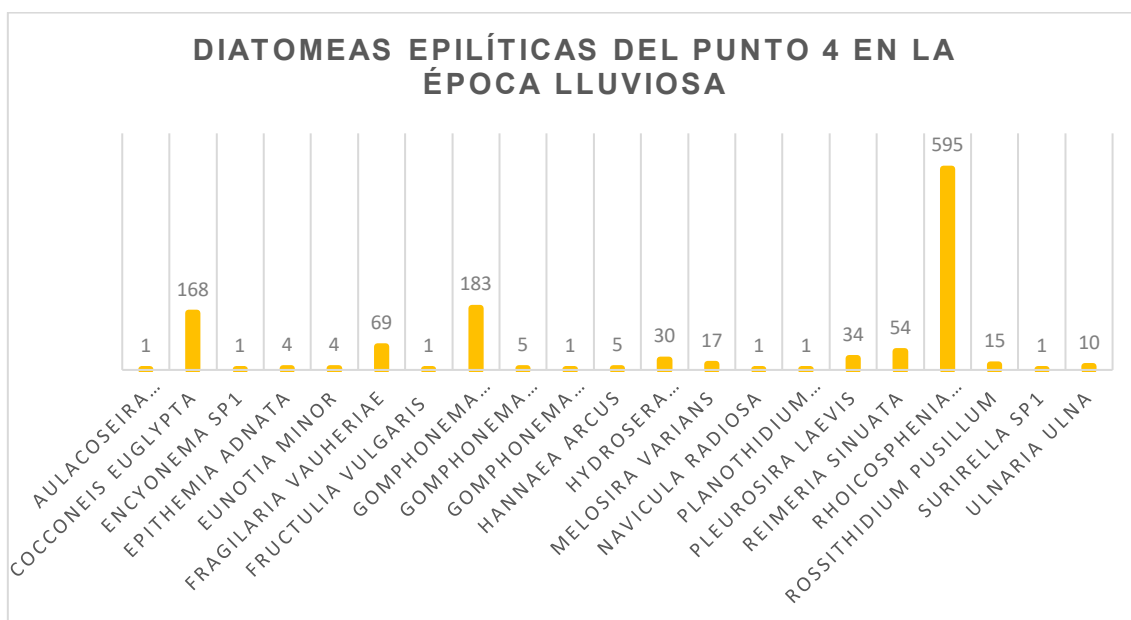


Figura 28: Diatomeas encontradas en el punto 4 de la época lluviosa

En el punto 4 se obtuvo que la especie con mayor presencia es la *Rhoicosphenia abbreviata* con 595 individuos, seguido de la *Gomphonema pumilum var rigidum* con 183 individuos y *Cocconeis euglypta* la con 168 individuos, y las especies menos abundantes fueron la *Gomphonema subclavatum*, *Navicula radiosa* y *Surirella sp1* con 1 individuo cada una.

Según (Lucero y Paredes, 2017), las especies *Rhoicosphenia abbreviata*, *Gomphonema pumilum var rigidum* y *Cocconeis euglypta* son indicadores de contaminación leve, estas especies dominan en los puntos 1, 2, 3 y 4 lo cual nos indica que en estos puntos según las diatomeas epilíticas no existen altos niveles de contaminación.

4.5.5 Especies de diatomeas encontradas en el punto 5

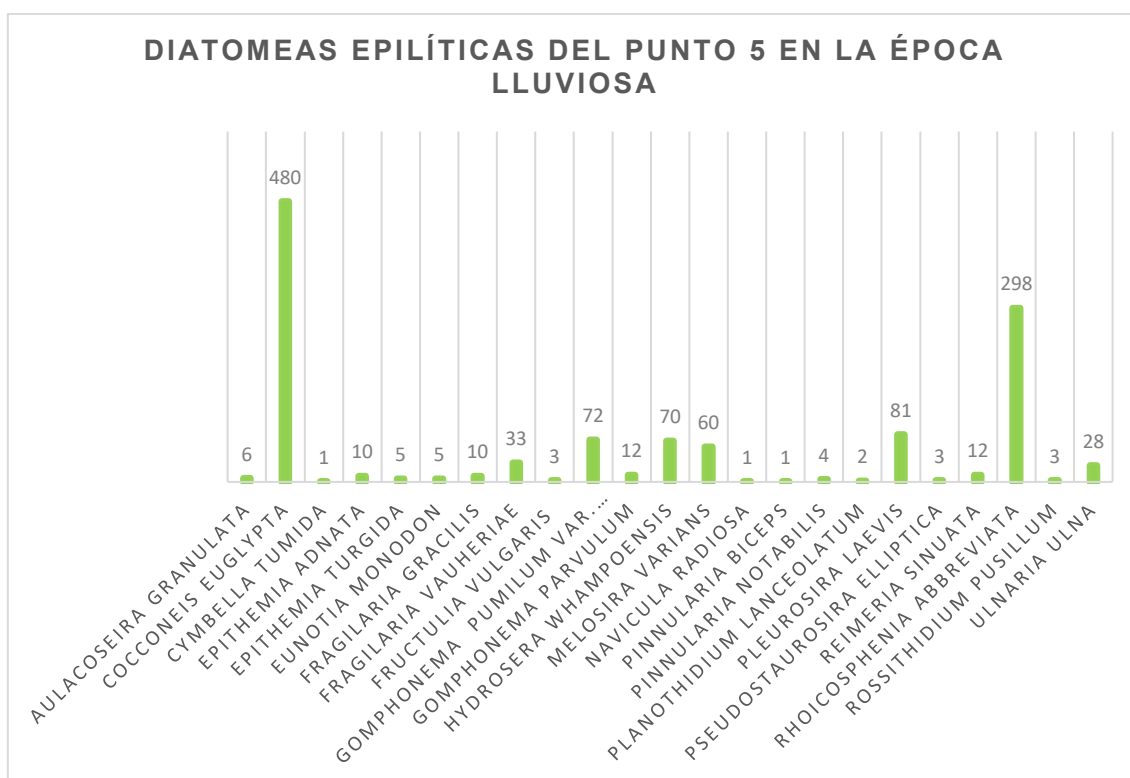


Figura 29: Diatomeas encontradas en el punto 5 de la época lluviosa

En el punto 5 la especie más abundante fue la *Cocconeis euglypta* con 480 individuos, seguida por la *Rhoicosphenia abbreviata* con 298 individuos y la especie *Pleurosira laevis* con 81 individuos. Las especies con mayor abundancia en este punto nos indican que la contaminación al igual que en los puntos anteriores es moderada. Los individuos de las especies *Navicula radiosa* y *Planothidium lanceolatum* representan menos del 1 % del total de individuos encontrados en este punto y son buenas indicadores de calidad ya que al mínimo cambio en el sistema hídrico su abundancia crece o disminuye rápidamente.

Según (Uvillus, 2017) en un estudio realizado en el río La Compañía una de las especies abundantes en un punto limpio fue *Planothidium lanceolatum*, en el punto de calidad media encontró que dos de las especies abundantes fueron *Fragilaria vaucheriae* y *Planothidium lanceolatum* y en el punto contaminado una de las especies abundantes fue la *Navicula lanceolata*, a diferencia del río Tarqui ya que estas especies no son las más abundantes en ninguno de los cinco puntos de muestreo.

4.6 Índices de biodiversidad

Se realizó el índice de Shannon de cada punto de muestreo en los tres meses para determinar qué tan diversa es la comunidad de diatomeas.

4.6.1 Índice de Shannon

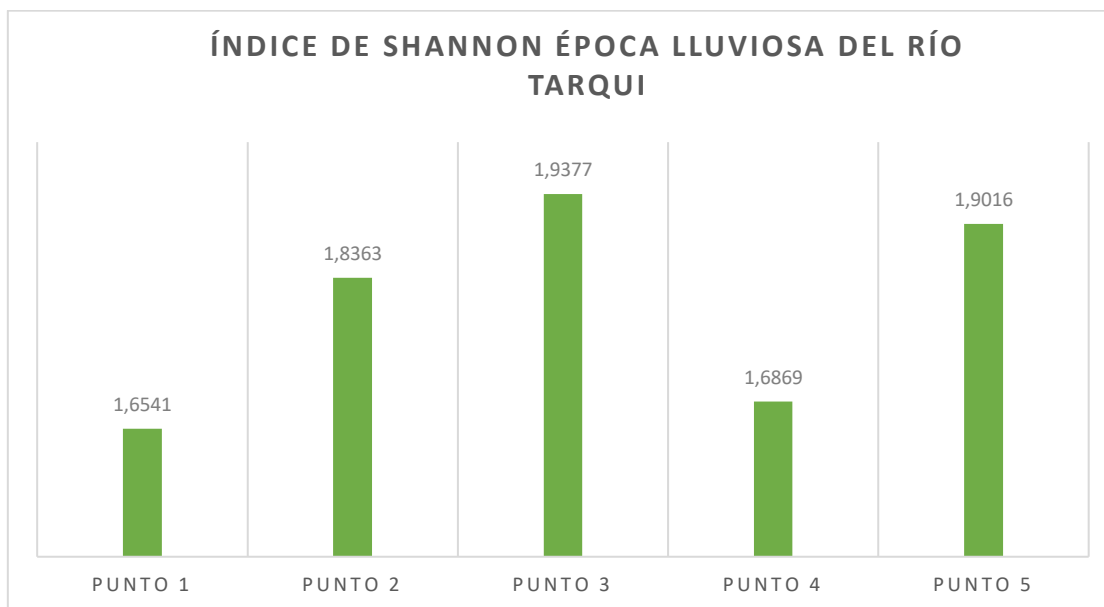


Figura 30: Índice de Shannon de los cinco puntos de muestreo de los meses marzo, abril y mayo del río Tarqui en la época lluviosa

En la (figura 31) se observan los valores del índice de Shannon en cada punto en la época lluviosa (marzo, abril y mayo). La diversidad de Shannon se clasifica en alta, media y baja (tabla 6), en los cinco puntos muestreados tenemos una diversidad media. El punto más diverso fue el 3 con 1,9377 y el menos diverso fue el punto 1 con un índice de Shannon de 1,6541.

En el estudio realizado en la época seca por (Morales, 2021) obtuvo valores de diversidad media en la mayoría de puntos aunque en el punto 4 la valoración de Shannon fue de diversidad baja. Del mismo modo en el estudio realizado por (Sardi, 2018) en el Macizo del Cajas, encontró una diversidad media en la mayoría de puntos monitoreados.

4.7 Índice diatomológico

Se utilizó el Índice de polusensibilidad específica (IPS) en los puntos de muestreo en la época lluviosa para determinar la calidad de agua de acuerdo a las diatomeas epilíticas, conforme a los rangos (tabla 7) se puede establecer que el estado del río

Tarqui en el punto 1, 2, 3 y 4 es bueno ya que están dentro del rango 13 – 16,9 y la calidad de agua del punto 5 es moderada debido a que se encuentra dentro del rango 9 – 12,9. Este último punto al estar en la zona más baja recoge los contaminantes que arrastrados por las corrientes de aguas arriba.

En el estudio realizado en la época seca por (Morales, 2021) encontró valores dentro del rango 0 – 4,9 los mismos que indican que es de mala calidad. Según (Pauta et al., 2019) la época de sequía causa la disminución de los caudales provocando un incremento en la temperatura, concentración de coliformes fecales y materia orgánica, disminuyendo así la cantidad de oxígeno disuelto. En su estudio determinó que el agua del río Tarqui fue aceptable.

En el estudio de “Calidad del agua y contaminantes en el río Tarqui” realizado por (Beltrán et al., 2013) obtuvo resultados según el índice de calidad de agua que el río Tarqui en general es de calidad buena y según el índice biótico tuvo como resultado que la calidad del agua es regular.

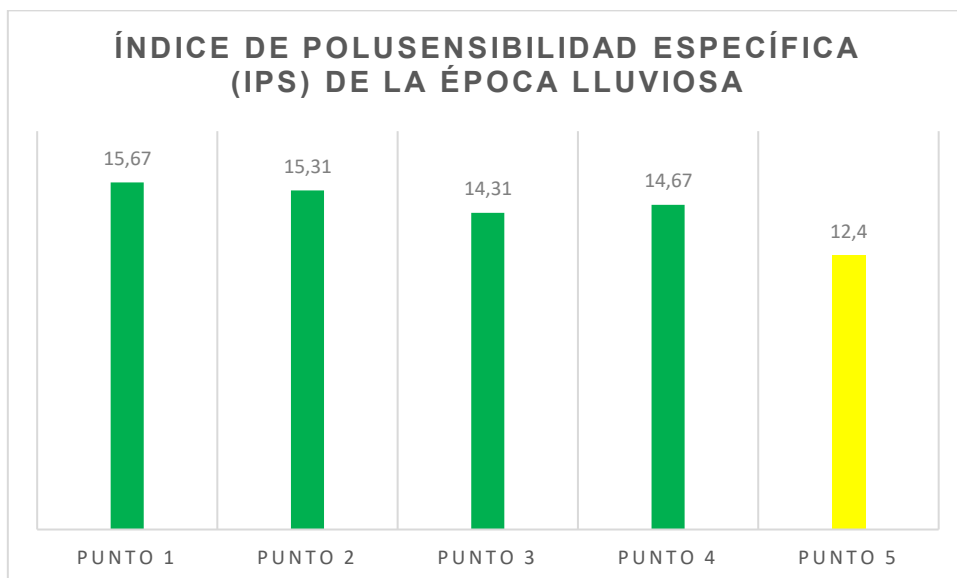


Figura 31: Índice de polusensibilidad específica de la época lluviosa del río Tarqui

4.8 Análisis de correspondencia canónico (CCA)

Este análisis multivariado se realizó con el objetivo de relacionar las variables físicas, químicas y microbiológicas con las diatomeas presentes en cada punto en la época lluviosa. En el eje 1 se obtuvo un 45,87 % de variabilidad y en el eje 2 fue de 21,06 % lo que da un total de 66,93 %, siendo un buen CCA ya que si es menor al 40 % no sirve debido a que no toma en cuenta la cantidad necesaria de datos

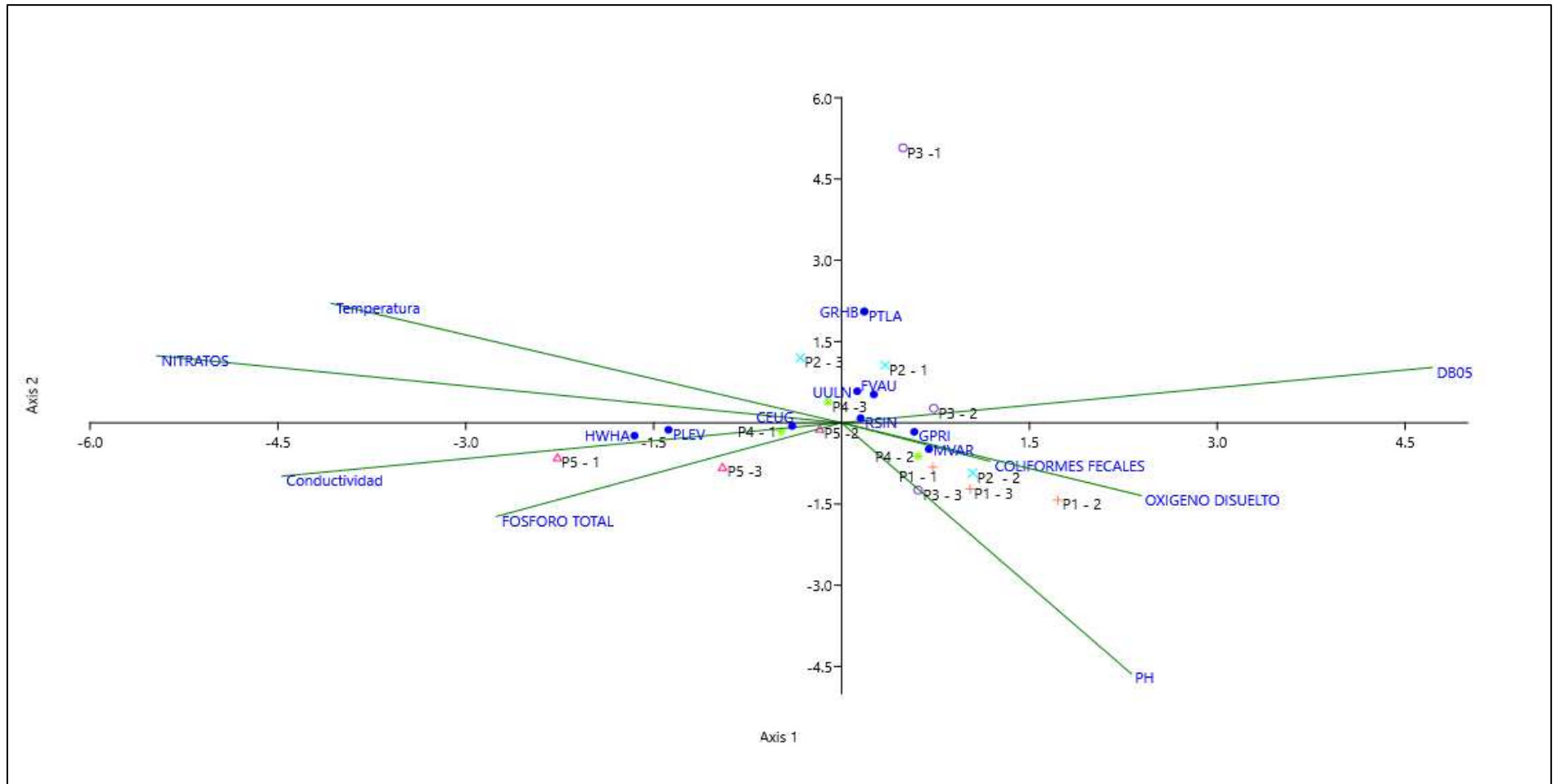


Figura 32: Análisis correspondencia canónica de los parámetros físicos, químicos y biológicos con las especies de diatomeas del río Tarqui

En la (figura 34) se observan los parámetros que influyen en las diferentes especies de diatomeas, esto indica que esas especies requieren de esos parámetros para desarrollarse, teniendo así que, las coliformes fecales y oxígeno disuelto inciden en las especies MVAR (*Melosira varians*) y GPRI (*Gomphonema pumilum var rigidum*) que son especies presentes en aguas con contaminación moderada esto sustenta los datos obtenidos de los parámetros ambientales ya que se encuentran dentro de los límites a excepción del oxígeno disuelto que en el punto 4 del mes de marzo se encuentra mínimamente por debajo del límite.

La DBO₅ influye en la RSIN (*Reimeria sinuata*) y FVAU (*Fragilaria vaucheriae*), estas especies indican que la calidad del agua es moderada, al igual que los parámetros ambientales ya que se encuentran en el rango permitido por el TULSMA.

Los nitratos y la conductividad influyen en la CEUG (*Cocconeis euglypta*), que es una especie que se encuentra en aguas de contaminación moderada por este motivo estos parámetros se encuentran dentro de los límites del TULSMA, además esta especie es característica de zonas bajas y en este caso es muy abundante.

La conductividad influye en las especies HWHH (*Hydrosera whampoensis*) y la PLEV (*Pleurosira laevis*), son especies indicadoras de contaminación deficiente que se encuentran generalmente en aguas alcalinas, y en este estudio son poco abundantes.

Los parámetros de pH y temperatura no influyen en la presencia de ninguna especie, por lo que las diatomeas GRHB (*Gomphonema rhombicum*), PTLA (*Planothidium lanceolatum*) y UULN (*Ulnaria ulna*) pueden estar influenciadas por otros parámetros que no se han tomado en cuenta para este estudio.

En el análisis de correspondencia canónico realizado por (Morales, 2021) en la época seca obtuvo que el nitrato influye en la especie ENMI (*Encyonema minutum*), los coliformes fecales en las especies PTLA (*Planothidium lanceolatum*) RABB (*Rhoicosphenia abbreviata*), GPRI (*Gomphonema pumilum var. Rigidum*) y AULA (*Aulacoseira sp1*), el oxígeno disuelto en la UULN (*Ulnaria ulna*), el pH en la RSIN (*Reimeria sinuata*) y PLEV (*Pleurosira laevis*) y la conductividad incide en las diatomeas SANG (*Surirella angusta*), CEUG (*Cocconeis euglypta*), AUGR (*Melosira varians*) y NCRY (*Navicula cryptocephala*).

Por otro lado, el DBO₅, la temperatura y el fósforo, no influyeron en ninguna especie de diatomea encontrada. Existe una diferencia muy marcada entre los parámetros que

influyen en las especies de diatomeas en las dos épocas ya que la concentración de contaminación es mayor en la época seca.

4.9 Análisis Clúster (AC)

Este análisis se realizó para determinar los grupos similares por la ausencia y presencia de las diatomeas en cada punto. Como se observa en la (figura 33) las especies del punto 3 y 4 son las más similares ya que su valor es el más cercano a 1, también existe una similitud entre el punto 2 y 5 aunque es menor a la agrupación anterior y finalmente el punto 1 es el que menos similitud presentó con las especies de los demás puntos y por eso su valor está más cerca del 0.

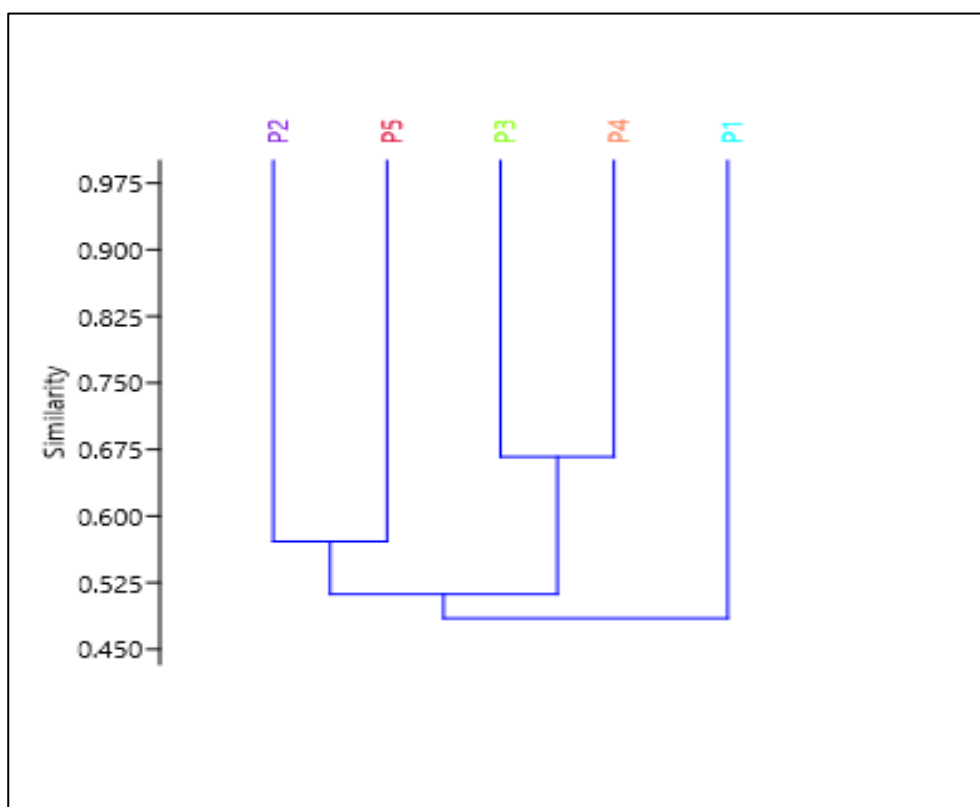


Figura 33: Análisis de conglomerados de presencia y ausencia clúster de las especies de diatomeas de la época lluviosa del río Tarqui

En el estudio realizado por (Morales, 2021) en la época seca encontró semejanza entre los puntos 1 y 2, y entre los punto 4 y 5, mientras que el punto 3 fue el menos similar al resto de puntos.

En las visitas de campo se pudo evidenciar que a lo largo de toda la microcuenca del río Tarqui se realizan actividades antrópicas principalmente la ganadería, de los cuales los contaminantes son arrastrados hacia el río además de que existe contaminación

directa por aguas residuales ya que la zona media es poblada, todos estos contaminantes son arrastrados aguas abajo por la corriente, concentrándose mayormente en la zona media y baja (Figura 39).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- El estado ecológico de los cinco puntos de muestreo en la época lluviosa del río Tarqui según el índice de calidad de ribera (QBR) fue de calidad pésima y el Índice de hábitat fluvial (IHF) fue de calidad regular.
- Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos realizados in situ y en el laboratorio CIITT se encuentran dentro de los límites máximos permisibles a excepción del oxígeno disuelto en el punto 4 del mes de marzo, que indica que la calidad del agua según los parámetros analizados es buena.
- Se identificaron 42 especies de diatomeas en la época lluviosa del río Tarqui, y las más abundantes en los cinco puntos de muestreo fueron las especies *Rhoicospenia abbreviata*, *Gomphonema pumilum var rigidum*, *Cocconeis euglypta* y *Pleurosira laevis*, las cuales son indicadoras de contaminación moderada.
- Mediante el índice de Shannon las especies de diatomeas epilíticas en la época lluviosa del río Tarqui tiene una diversidad media, esto se debe a que la calidad del río es de moderada a buena.
- El Índice de polusensibilidad específica tuvo como resultado de acuerdo al valor de tolerancia y sensibilidad de las diatomeas presentes en la época lluviosa del río Tarqui en los puntos 1,2,3 y 4 que la calidad del agua es buena y en el punto 5 la calidad es moderada.
- En el análisis de correspondencia canónica los parámetros conductividad, nitratos, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) son los que más inciden en la presencia de las diatomeas epilíticas.
- Luego de realizar el análisis biológico y biótico de la zona media y baja del río Tarqui se determinó que la calidad del agua en la época lluviosa es de calidad moderada a buena.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio en la zona alta del río Tarqui para obtener información más completa de estado ambiental del río.
- Como se observa en este estudio la calidad del agua es moderada y buena, se encontraron especies que son indicadores de una posible eutrofización para lo cual se le debe dar un manejo adecuado y hacer cumplir las ordenanzas para que las actividades antrópicas no causen más daño al río.
- Dar seguimiento a las ordenanzas municipales que prohíben la construcción cerca del margen del río para evitar la contaminación directa al mismo.
- Realizar el muestreo mensual durante un año en los mismos puntos para obtener resultados más precisos.
- Determinar la calidad de agua del río Tarqui con otros bioindicadores para analizar los resultados obtenidos y comparar con los resultados de este estudio
- Realizar una restauración fluvial para que el río vuelva a ser lo más parecido a su estado natural, esto se consigue erradicando todo tipo de contaminación que afecte al ecosistema hídrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., Hampel, H., González, H., Mosquera, P., Sotomayor, G. y Galarza, X. (2014). *Protocolo de evaluación de la integridad ecológica de los ríos de la región austral del Ecuador*.
- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2008). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.
- Amarilla, J., Manera, A., Meza, F., Portillo, L., Quiñonez, M. del C., Silva, C., Rolón, C., Mereles, E., Sosa, G., Galeano, S., Samudio, L. y Giménez, A. (2018). Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Amón, J. y López, C. (2020). *Estudio de la influencia de la vegetación y bosque de ribera en la calidad del agua del río Tomebamba de la ciudad de Cuenca*.
- APHA. (2004). 5210 B. 5-Day Biochemical Oxygen Demand (BOD) Test. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 1, 1-11.
- APHA. (2012). 4500-Nitrogen (Nitrate)*. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 3, 1-10.
- APHA. (2013). 4500-P PHOSPHORUS *.
- APHA. (2014). 9221 B. Standard Total Coliform Fermentation Technique. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Online Edition*. Access Date 16 January 2017., 2-5.
- Arévalo, P. (2018). *DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORAS DE EUTROFIZACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL RÍO "GUANO", PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. 1-26.
- Aurazo, M. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. En *Centro Panamericano de de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. <http://www.cepis.ops-oms.org>
- Ayala, D. (2021). *Uso de diatomeas epilíticas como bioindicadoras de calidad de agua de la cuenca media-baja del río Yanuncay en época lluviosa*.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>

Bealey, W., Long, S., Spurgeon, D., Leith, I. y Cape, J. (2008). *Review and implementation study of biomonitoring for assessment of air quality outcomes*.

Bello, M. y Pino, M. (2000). Medición de Presion y caudal. En *Inia* (Vol. 28, p. 21).
<https://www.buenastareas.com/ensayos/Informe-De-Teorema-De-Bernoulli/3108037.html>

Beltrán, A., Mendieta, P. y Vanegas, J. (2013). Calidad del Agua y contaminates en el río Tarqui. *Galileo*, 115-121.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30013>.

Blanco, S. (2007). *BIOINDICACIÓN MEDIANTE DIATOMEAS EN AGUAS CONTINENTALES*.

Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C. y Bécares, E. (2011). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*.

Blanco, S., Bécares, E., Hernández, N. y Ector, L. (2007). Evaluación de la calidad del agua en los ríos de la cuenca del Duero mediante índices diatomológicos. *Water*, 148, 139-143.

Bojorge, M. y Cantoral, E. (2016). La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiologica*, 26(1), 1-8.

Carbone, M., García, B., Marcovechio, J., Piccolo, M. y Perillo, G. (2012). IMPACTO ANTRÓPICO EN LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA CUENCA MEDIA DEL ARROYO CLAROMECÓ, ARGENTINA. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 39(2), 391-404.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/2992/Carbone_impacto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrillo, M. y Urgilés, P. (2016). *Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig*.

Castillo, J., Cortez, K., Wong, A. y Villalpando, P. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (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

- Chasiquiza, M. y 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.
- Chávez, L. (2015). Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazonas en Coatzintla, Ver. En *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology* (Vol. 17, Número 8).
- Cocha, J. (2009). Estado Actual De La Calidad Fisico-Química, Bacteriológica Y Biológica Del Agua De La Subcuenca Del Río Yanuncay En Dos Estaciones Climáticas (Invierno Y Verano) Del Cantón Cuenca Provincia Del Azuay-Ecuador. En *Diplomado Superior En Educación Universitaria Por Competencias*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3281/1/10055.pdf>
- Código Orgánico del Ambiente [COA] Registro Oficial Suplemento 983 191. 2017 (Ecuador).
- Constitución Política del Ecuador [Const]. Art. 12. 20 de octubre 2008 (Ecuador).
- Constitución Política del Ecuador [Const]. Art. 14. 20 de octubre 2008 (Ecuador).
- Constitución Política del Ecuador [Const]. Art. 12. 411 de octubre 2008 (Ecuador).
- Constitución Política del Ecuador [Const]. Art. 12. 412 de octubre 2008 (Ecuador).
- CONAGUA, 65 (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.
- Donagh, M., Paredes, J., Altieri, P. y Cano, M. (2016). Aplicación de índices bióticos basados en diatomeas epífitas sobre *Schoenoplectus californicus* (C.A. MEY.) soják, en lagunas Pampeanas de Argentina. *Biología Acuática*, 31, 63-74.
- España, G. de. (2007). SUBCUENCAS DE RÍOS COMPLETOS CLASIFICADAS SEGÚN PFAFSTETTER MODIFICADO (Ámbito Nacional). En *Ministerio De Agricultura Y Pesca, Alimentación Y Medio Ambiente*.
- ETAPA EP. (2019). Monitoreo eco-hidrológico de Cuenca. <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrológico>

- Fabricsius, A. (2000). *LAS ALGAS, INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA Volver a: Agua en el Cono Sur* (Vol. 4, Número 4). www.produccion-animal.com.ar
- Fernández, O. (1991). El Análisis de Cluster: aplicación, interpretación y validación. *Papers. Revista de Sociología*, 37, 65. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v37n0.1596>
- Fonseca, E. y Silva, J. (2017). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR BAÑO AZUL, CANTÓN LATACUNGA. En *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad* (Vol. 1). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Gamarra, O., Barrena, M., Ordinola, C., Barboza, E., Leiva, D., Rascón, J. y Corroto, F. (2018). Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(2), 653-678. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25218>
- García, J., Sarmiento, L., Salvador, M. y Porras, L. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Universidad La Gran Colombia*, 23, 55-70. <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/659>
- Gil, J., Vizcaino, C. y Montañó, N. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales científicos UNALM*, 79(1), 111-119.
- González, D. (2018). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO MANCOS MEDIANTE EL USO DE DIATOMEAS (Bacillariophyceae) PARA SU USO AGRÍCOLA - 2018. En *UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, Ancash, Perú*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3554>
- Gutierrez, P. (2018). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN RÍOS DE ALTA MONTAÑA DE LA RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA UTILIZANDO DIATOMEAS EPILÍTICAS COMO BIOINDICADORES. En *Director* (Vol. 1, Número 2). [https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion para el aprendizaje Perspectiva alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_](https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_)
- Harding, W. R., Archibald, C. G. M. y Taylor, J. C. (2005). The relevance of diatoms for

water quality assessment in South Africa: A position paper. *Water SA*, 31(1), 41-46.
<https://doi.org/10.4314/wsa.v31i1.5119>

Hernández, A., Martínez, R., Moreno, D. y Martínez, L. (2012). Diversidad de insectos acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua de la microcuenca del río Jutiapa en las quebradas Corralitos, Limones y Jutiapa del Parque Nacional La Tigra, Francisco Morazán, Honduras. *Revista Ciencia y Tecnología*, 25-56.
<https://doi.org/10.5377/rct.v0i10.1061>

Hernandez, F., Nolasco, E. y Salguero, M. (2016). *Determinación del índice de calidad NSF y modelación del cromo hexavalente en la parte alta del río Suquiapa, Santa Ana, El Salvador*. [http://ri.ues.edu.sv/11070/1/Determinación del índice de calidad del agua NSF y modelación del Cromo Hexavalente en la parte alta del río Suquiapa%2C Santa Ana%2C El Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/11070/1/Determinación%20del%20índice%20de%20calidad%20del%20agua%20NSF%20y%20modelación%20del%20Cromo%20Hexavalente%20en%20la%20parte%20alta%20del%20río%20Suquiapa%2C%20Santa%20Ana%2C%20El%20Salvador.pdf)

Hernández, S. (2012). Indicadores biológicos de calidad de las aguas superficiales de la subcuenca del Río Viejo, utilizando Fitobentos (Diatomeas). *Universidad y Ciencia*, 6(9), 20-23. <https://doi.org/10.5377/uyc.v6i9.1952>

INEN, Instituto Ecuatoriano De Normalización 26 (2013). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-ENEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Registro Oficial, 1

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Registro Oficial, 3

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Registro Oficial, 4

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Registro Oficial, 76

Lobo, E., Heinrich, C., Schuch, M., Dupont, A., Da Costa, A., Wetzel, C. y Ector, L.

- (2016). *Guía ilustrado para sistemas lóticos subtropicales e temperados brasileiros*.
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Lobo, E., Schuch, M., Heinrich, C., Costa, A., Düpont, A., Wetzel, C. y Ector, L. (2014). Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(6).
<https://doi.org/10.1007/s10661-015-4586-3>
- Lucero, M. y Paredes, M. (2017). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE TRÓFICO DE LA CALIDAD DE AGUA A PARTIR DE LA PRESENCIA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS EN EL RÍO CUTUCHI, SECTOR LASSO, CANTÓN LATACUNGA. En *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad* (Vol. 1).
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Luzardo, O. P., Henríquez Hernández, L. A., Zumbado, M. y Boada, L. D. (2014). Impacto de las instalaciones ganaderas sobre la calidad y seguridad del agua subterráneas. *Revista de Toxicología*, 31(1), 39-46.
- Mancera, P. (2017). *Obtención de un índice de calidad de agua (ICA) para las ciencias que forman parte de la zona inundable del río Magdalena en el Departamento del Atlántico-Colombia, a través de la aplicación del método Delphi*.
- Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G. y Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad Esfuerzo de muestreo. *Reduca*, 5(1), 71-115.
- Martínez Valdés, Y. y Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58-72.
- Merino, K. (2018). DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE DIATOMEAS BENTÓNICAS EN EL TRAMO PADRE CAROLLO-PAUS, DEL RIO BLANCO. PARROQUIA RIO BLANCO, CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO. En *Director* (Vol. 15, Número 40).
http://awsassets.wfnz.panda.org/downloads/earth_summit_2012_v3.pdf
<http://hdl.handle.net/10239/131>
https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones_jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, (2013).

- Morales, E. A., Vis, M. L., Fernández, E. y Kociolek, J. P. (2007). Epilithic diatoms (Bacillariophyta) from cloud forest and alpine streams in Bolivia, South America II: A preliminary report on the diatoms from Sorata, Department of La Paz. *Acta Nova*, 3(4), 680-696.
- Morales, K. (2021). *Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarqui*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Morlans, M. C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. *Editorial Científica Universitaria*, 1, 1-170. [http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione on line/Ecologia/imagenes/pdf/012-poblacion.pdf](http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20online/Ecologia/imagenes/pdf/012-poblacion.pdf)
- Orozco, C., Pérez, A., González, M. N., Rodríguez, F. y Alfayate, J. (2003). Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. En *Ediciones Paraninfo*. <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v12n20/v12n20a07>
- Ortiz, M. (2015). CARACTERIZACIÓN DE DIATOMEAS COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO. *Ekp*, 13.
- Ospina Alvarez, Natalia; Peña, E. (2004). Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas: Algas como Bioindicadores. *Acta Nova*, 2(4), 513-517.
- 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. y 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.
- Pauta, G., Velasco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, Ó. y Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76-88. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>
- Peña, D. (2002). *Análisis de Datos Multivariantes*, 2002 (Número December). https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Pena4/publication/40944325_Analisis_de_Datos_Multivariantes/links/549154880cf214269f27ffae/Analisis-de-Datos-Multivariantes.pdf?origin=publication_detail
- Prat, N., Rieradevall, M. y Fortuño, P. (2012). *Metodología F.E.M para la evaluación del estado ecológico de los ríos Mediterráneos*. (Número November 2016). <https://www.researchgate.net/publication/264918172>
- 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.

Ramachandra, A. y Srinivas, V. (2005). Regionalization of Watersheds by hybrid-cluster analysis. *Regionalization of Watersheds, December*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6852-2>

Rau, J., Arriagada, A. y Fernández, L. (2009). Calidad De La Vegetación Ribereña Del Río Maullín (41° 28' S; 72° 59' O) Utilizando El Índice Qbr. *Gayana. Botánica*, 66(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-66432009000200011>

Rodríguez, C. y Silva, M. (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, 15(25), 85-97.

Rodríguez, S. (2014). *Aportaciones a la caracterización limnológica de alguna laguna endorreicas en las estribaciones de la Sierra de la Paramera (Ávila).*

Rosero, K. (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. En *Universidad Internacional SEK*. http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/3/TESIS_FINALIZADA_DEFINITIVA.pdf

Sala, S. E., Vouilloud, A. A., Plata-Díaz, Y., Pedraza, E. y Pimienta, A. (2015). Taxonomía y distribución de diatomeas epilíticas registradas por primera vez en Colombia. *I. Caldasia*, 37(1), 125-141. <https://doi.org/10.15446/caldasia/v37n1.50814>

Samboni, N., Carvajal, Y. y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Chemische Berichte*, 124(10), 172-181. <https://doi.org/10.1002/cber.19911241016>

Sánchez, N. (2020). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE LIMONCOCHA USANDO DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 21(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101607> <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.02.034> <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cjag.12228> <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773> <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.011>

Ahttps://doi.o

- 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. En *Director* (Vol. 15, Número 2). [https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion para el aprendizaje Perspectiva alumnos.pdf](https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf)https://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379_Los_estudios_sobre_el_cambio_conceptual_
- Severiche, C., Castillo, M. y Acevedo, R. (2013). *MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS BÁSICOS EN AGUAS* (Número November).
- Sierra, C. (2011). CALIDAD DEL AGUA: Evaluación y diagnóstico. En *Foreign Affairs* (Vol. 91, Número 5).
- Sonneman, J. A., Sincock, A. J., Fluin, J., Reid, M. A., Newall, P., Tibby, J. C. y Gell, P. A. (2000). *An illustrated guide to common stream diatom species from temperate Australia* (Número 33).
- Suárez, M., Vidal, M., Sánchez, M., Alba, J., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Jáimes, P., Munné, A., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Salinas, J., Toro, M. y Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: El uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(3-4), 135-148.
- TULSMA, (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente). (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. In *Anexo, Libro V I*.
- Uvillus, S. (2017). CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN EN EL RIO LA COMPAÑÍA CANTÓN MEJIA. En *Jurnal Sains dan Seni ITS* (Vol. 6, Número 1). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf><http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1>
- Vallejo, E. (2014). Análisis de las crecidas presentadas en los ríos Tarqui, Yanuncay y

Tomebamba desde 1997 hasta 2011. En *Tesis de Pregrado - Universidad de Cuenca - Ingeniería Civil*.

Voelz, N. y McArthur, J. (2000). An exploration of factors influencing lotic insect species richness. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103(3), 239-248.
<https://doi.org/10.1023/A>

ANEXOS

Anexo 1: TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles		mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc					

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Cloro residual Estaño Cobalto Plomo Cobre Cromo total Fenoles monohídricos Grasas y aceites Hierro	Zn	mg/l			0,17
	Cl	mg/l	0,18	0,18	0,01
	Sn	mg/l	0,01	0,01	2,00
	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
	Pb	mg/l			0,01
	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
		mg/l	0,01	0,01	0,005
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,5	0,5	0,5
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Temperatura		°C	Máxima 20	Máxima 32	Máxima 32
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: (Texto unificado de legislación secundaria de Medio Ambiente, 2003)

Anexo 2: Tabla 2: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marinas y de estuario.

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽⁴⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohidricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5-9	6,5-9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

Anexo 3: Tabla 5: Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MAXIMO
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000

Fuente:(Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

Anexo 4: Hoja de campo del Índice de calidad de rivera (QBR).

Evaluación de la calidad de la ribera en la región austral del Ecuador. Ecosistemas de bosques de ribera.

APARTADOS	PUNTAJACIÓN	
	Orilla Izq.	Orilla Der.
1. Grado de cubierta de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	12.5	12.5
> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	5	5
50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	2.5	2.5
10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	0	0
< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	5	5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	2.5	2.5
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%	-5	-5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25%		
	SUBTOTAL	7.5
	TOTAL (Sumar ambas orillas)	15
2. Estructura de la cubierta de la zona de ribera	12.5	12.5
Recubrimiento de árboles es > 75 %	5	5
Recubrimiento de árboles es entre 50 -75 %	2.5	2.5
Recubrimiento de árboles es < 50 %	0	0
Sin árboles, arbustos por debajo del 10 % o sólo vegetación herbácea	5	5
Gradiente de estratificación evidente y conectado. Dosel de árboles, sotobosque arbustivo y vegetación herbácea	5	5
Concentración de arbustos es > 50 %	2.5	2.5
Concentración de arbustos es entre 25 -50 %	1	1
Concentración de arbustos es < 25 %	2.5	2.5
Presencia de epifitas (p. ej. Bromelias)	-2.5	-2.5
Árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin continuidad	-5	-5
Existe una distribución regular (linealidad) en los árboles		
	SUBTOTAL	-2.5
	TOTAL (Sumar ambas orillas)	-5
3. Calidad de la cubierta de la zona de ribera	12.5	12.5
Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	5	5
Como máximo un 25% de la cobertura es de árboles introducidos (Pinus, Eucalyptus y Salix)	2.5	2.5
26 - 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	0	0
Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	-5	-5
Presencia de cultivos, pastizales o actividad ganadera	-5	-5
Presencia de construcciones (p. ej. casas, industrias)	-2.5	-2.5
Presencia de senderos o caminos	-5	-5
Presencia de vías asfaltada	-5	-5
Presencia de otras actividades que modifiquen las riveras (p. ej. dragados, minería informal)		
	SUBTOTAL	-5
	TOTAL (Sumar ambas orillas)	-10
4. Grado de naturalidad del canal fluvial		25
El canal del río no ha sido modificado		10
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		5
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		-15
Presencia de alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río		-10
Presencia de alguna estructura sólida dentro del lecho del río (p. ej. columnas de puentes)		-5
Presencia de pequeños vertidos		-15
Presencia de grandes vertidos		-5
Presencia de pequeñas derivaciones del flujo normal del agua		-15
Presencia de grandes derivaciones del flujo normal del agua		-5
Presencia de basuras de forma puntual pero abundantes		-10
Presencia de un basurero permanente en el tramo estudiado		-5
Presencia de lavanderías informales de ropa		
	TOTAL	20
	PUNTAJACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)	20

Fuente: (Acosta et al., 2014)

Anexo 5: Hoja de campo del índice de hábitat fluvial.

P1 - Marzo - Tarqui

Evaluación de la calidad del hábitat fluvial en la región austral del Ecuador

APARTADOS		PUNTAJACIÓN			
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 sustrato fino (arena y/o limo)		1			
Sólo grandes bloques		0			
TOTAL (escoger una categoría)		3			
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)		6			
3. Composición del sustrato					
	Bloques y Piedras	Cantos y Gravas	Arena	Arcilla y Limo	
Unid. Muestr. 1	✓				
Unid. Muestr. 2		✓			
Unid. Muestr. 3		✓			
Unid. Muestr. 4		✓			
Unid. Muestr. 5		✓	✓		
Unid. Muestr. 6			✓		
Unid. Muestr. 7				✓	
Unid. Muestr. 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 (sumar categorías)		11			
4. Regímenes de velocidad / profundidad					
somero < 0.5 m	4 categorías: lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.			10	
lento < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías			8	
	Sólo 2 de las 4 categorías			6	
	Sólo 1 de las cuatro categorías			4	
TOTAL (escoger una categoría)		4			
5. Sombra en el cauce					
Sombreado con ventanías				10	
Totalmente en sombra				7	
Grandes claros				5	
Expuesto				3	
TOTAL (escoger una categoría)		5			
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de alguna categoría, el valor debe ser 0 puntos)					
Hojas caídas	10 - 75%				4
	< 10% o > 75%				2
Presencia de troncos y ramas				2	
Raíces expuestas				2	
Diques naturales				2	
TOTAL (sumar categorías)		2			
7. Cobertura de vegetación acuática (si hay ausencia de alguna categoría, el valor debe ser 0 puntos)					
Plecon + 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 (sumar categorías)		25			
PUNTAJACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)		56			

CS Escaneado con CamScanner

Anexo 6: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de marzo en los cinco puntos de muestreo.

Especies	Monitoreo - Marzo				
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
<i>Aulacoseira granulata</i>	1	-	1	-	-
<i>Cocconeis euglypta</i>	30	54	25	49	183
<i>Cymbella tumida</i>	-	5	-	-	-
<i>Encyonema sp1</i>	-	-	2	-	-
<i>Epithemia adnata</i>	-	4	-	-	4
<i>Eunotia monodon</i>	-	3	-	-	-
<i>Fragilaria vauheriae</i>	16	39	20	26	3
<i>Fructulia vulgaris</i>	2	-	-	-	-
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i>	60	49	30	63	7
<i>Gomphonema parvulum</i>	1	16	-	3	-
<i>Gomphonema rhombicum</i>	1	-	25	-	-
<i>Gomphonema subclavatum</i>	2	-	-	-	-
<i>Hydrosera whampoensis</i>	7		15	20	47
<i>Melosira varians</i>	17	7	13	2	16
<i>Navicula radiosa</i>	2	-	-	-	-
<i>Navícula cryptocephala</i>	3	-	-	-	-
<i>Navicula gregaria</i>	1	-	-	-	-
<i>Navícula lanceolata</i>	2	-	-	-	-
<i>Nupela praecipua</i>	1	3	-	-	-
<i>Pleurosira laevis</i>	-	-	6	21	55
<i>Pinnularia notabilis</i>	-	3	-	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i>	2	-	34	-	-
<i>Reimeria sinuata</i>	17	7	22	25	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	221	168	196	184	82
<i>Rossithidium pusillum</i>	11	5	11	5	-
<i>Surirella angusta</i>	2	-	-	-	-
<i>Ulnaria ulna</i>	1	37	-	2	3
Total	400	400	400	400	400

Anexo 7: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de abril en los cinco puntos de muestreo.

Especies	Monitoreo - Abril				
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
<i>Aulacoseira granulata</i>	-	-	3	-	-
<i>Cocconeis euglypta</i>	13	45	40	56	123
<i>Cymbella tumida</i>	1	-	-	-	1
<i>Epithemia adnata</i>	-	-	6	4	4
<i>Epithemia turgida</i>	-	-	-	-	5
<i>Eunotia monodon</i>	-	-	-	-	4
<i>Eunotia minor</i>	-	-	1	4	-
<i>Fragilaria gracilis</i>	-	-	-	-	7
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	16	23	45	15	24
<i>Fructulia vulgaris</i>	-	-	-	-	3
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i>	91	89	88	97	52
<i>Gomphonema occultum</i>	-	-	9	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i>	3	8	7	-	8
<i>Hannaea arcus</i>	2	3	-	5	-
<i>Hydrosera whampoensis</i>	1	-	6	4	11
<i>Melosira varians</i>	22	53	8	6	9
<i>Navícula cryptocephala</i>	-	-	5	-	-
<i>Pseudostaurosira elliptica</i>	-	-	-	-	3
<i>Pleurosira laevis</i>	-	-	-	-	2
<i>Pinnularia biceps</i>	-	-	-	-	1
<i>Pinnularia notabilis</i>	3	-	-	-	3
<i>Pinnularia microstauron</i>	3	-	-	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i>	-	-	-	-	2
<i>Planothidium minutissimum</i>	-	-	3	-	-
<i>Reimeria sinuata</i>	9	15	23	24	4
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	228	156	138	182	121
<i>Ulnaria ulna</i>	8	8	18	3	13
Total	400	400	400	400	400

Anexo 8: Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en el mes de mayo en los cinco puntos de muestreo.

Especies	Monitoreo - Mayo				
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5
<i>Aulacoseira granulata</i>	-	-	3	1	6
<i>Cocconeis euglypta</i>	31	56	34	63	174
<i>Cymbella tumida</i>	3	-	-	-	-
<i>Encyonema sp1</i>	-	3	-	1	-
<i>Epithemia adnata</i>	-	3	-	-	2
<i>Epithemia turgida</i>	-	2	-	-	-
<i>Eunotia monodon</i>	1	-	-	-	1
<i>Fragilaria gracilis</i>	-	-	-	-	3
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	11	11	14	28	6
<i>Fructulia vulgaris</i>	1	-	-	1	-
<i>Gomphonema pumilum var. Rigidum</i>	72	15	30	23	13
<i>Gomphonema parvulum</i>	-	9	3	2	4
<i>Gomphonema subclavatum</i>	1	2	3	1	-
<i>Hannaea arcus</i>	-	1	-	-	-
<i>Hydrosera whampoensis</i>	1	-	5	6	12
<i>Luticola acidoclinata</i>	-	-	1	-	-
<i>Melosira varians</i>	22	2	20	9	35
<i>Navicula radiosa</i>	6	1	1	1	1
<i>Navícula cryptocephala</i>	3	-	-	-	-
<i>Navícula lanceolata</i>	4	-	-	-	-
<i>Navicula rostellata</i>	1	-	-	-	-
<i>Pleurosira laevis</i>	-	-	11	13	24
<i>Pinnularia notabilis</i>	-	1	-	-	1
<i>Pinnularia microstauron</i>	11	2	-	-	-
<i>Pinnularia viridis</i>	1	-	-	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i>	3	1	5	1	-
<i>Reimeria sinuata</i>	1	21	4	5	8
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	208	223	251	229	95
<i>Rossithidium pusillum</i>	-	5	5	10	3
<i>Synedra goulardii</i>	1	-	-	-	-
<i>Surirella sp1</i>	2	-	-	1	-
<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	1	-	-
<i>Ulnaria ulna</i>	16	42	9	5	12
Total	400	400	400	400	400

Anexo 9: Imágenes de Diatomeas epilíticas encontradas en el río Tarqui en la época seca.

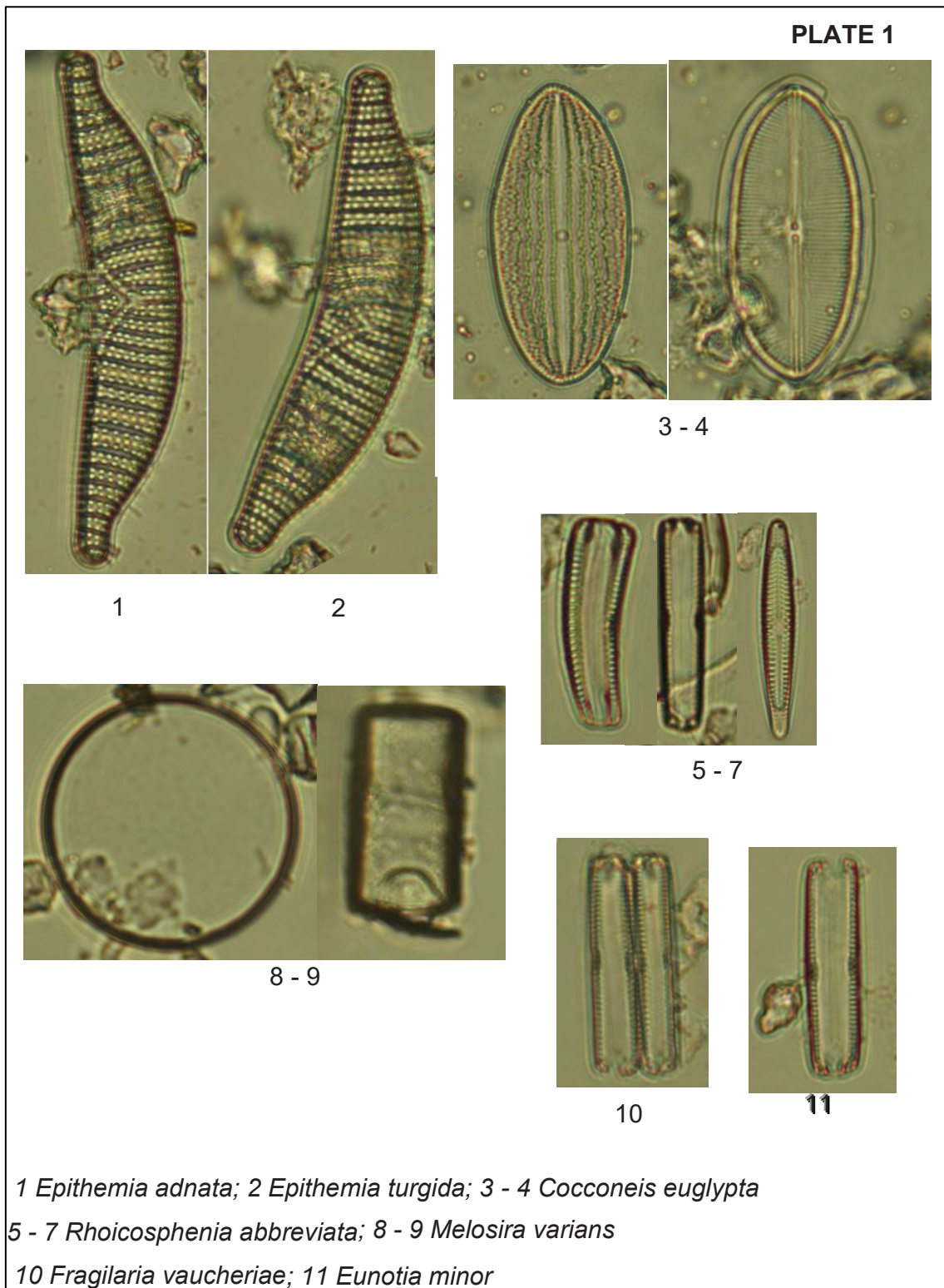
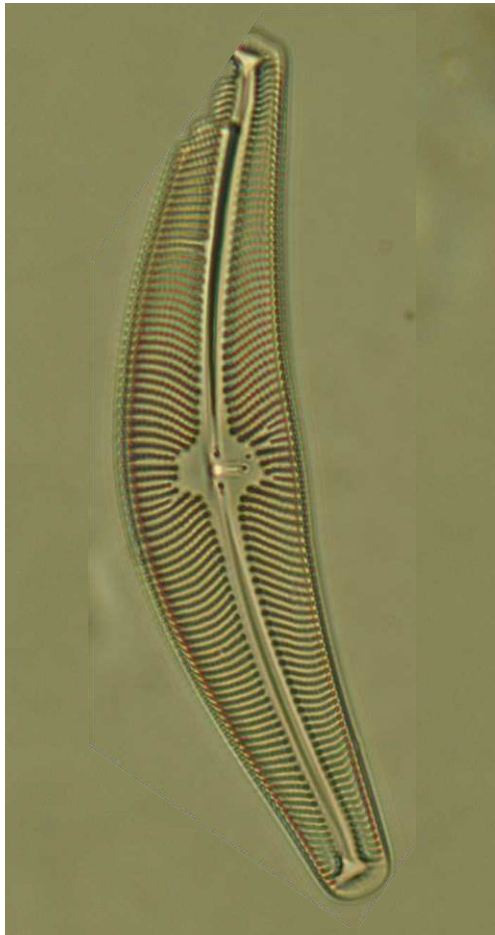


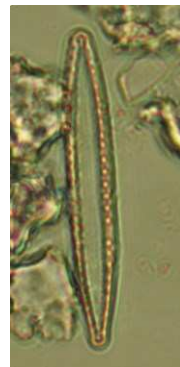
PLATE 2



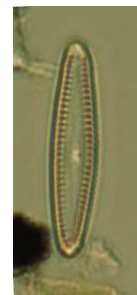
1



2



3



4



5



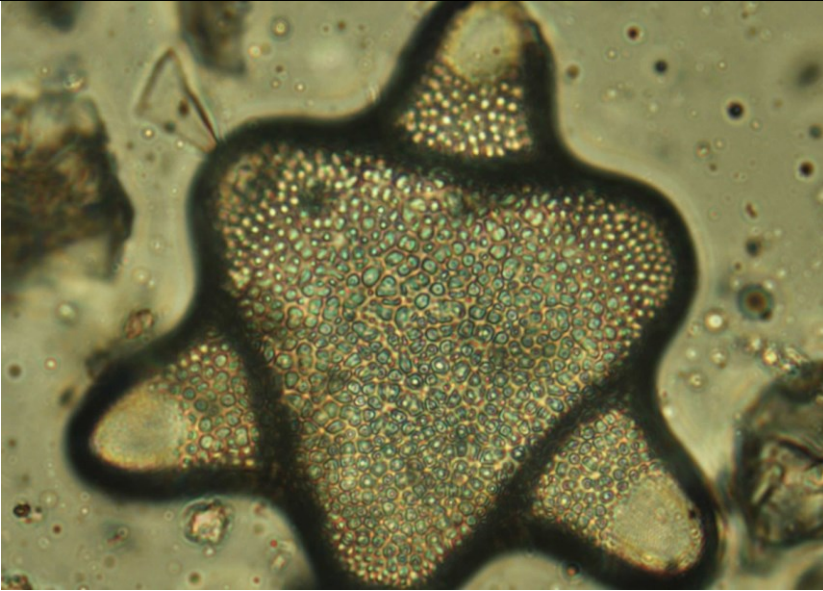
6



7

1 *Cymbella tumida*; 2 *Aulacoseira granulata*; 3 *Fragilaria gracilis*
4 *G. pumilum* var. *Rigidum*; 5 *Gomphonema parvulum*
6 *Reimeria sinuata*; 7 *Planothidium lanceolatum*

PLATE 3



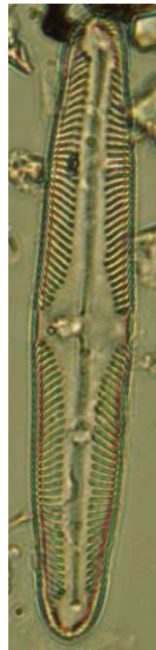
1



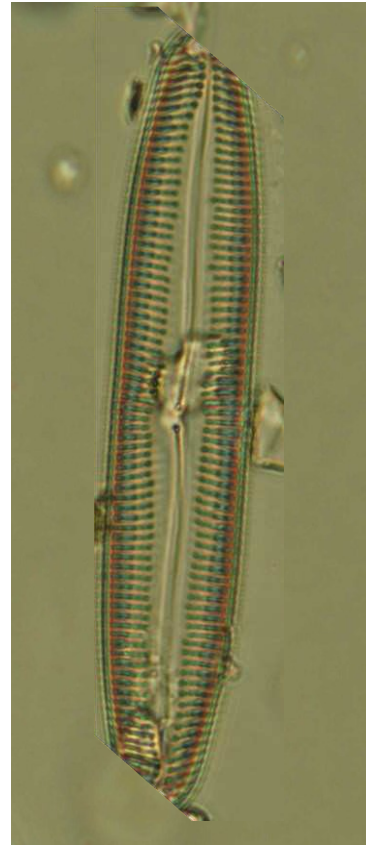
2



3



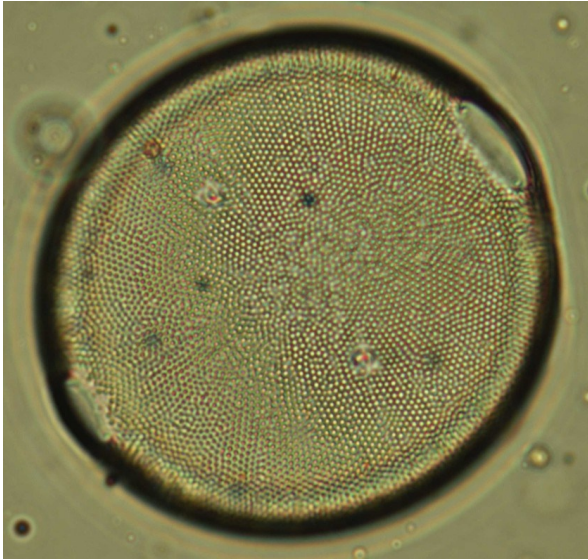
4



5

1 *Hydrosera whampoensis*; 2 *Fructulia vulgaris*; 3 *Hannaea arcus*
4 *Pinnularia microstauron*; 5 *Pinnularia notabilis*

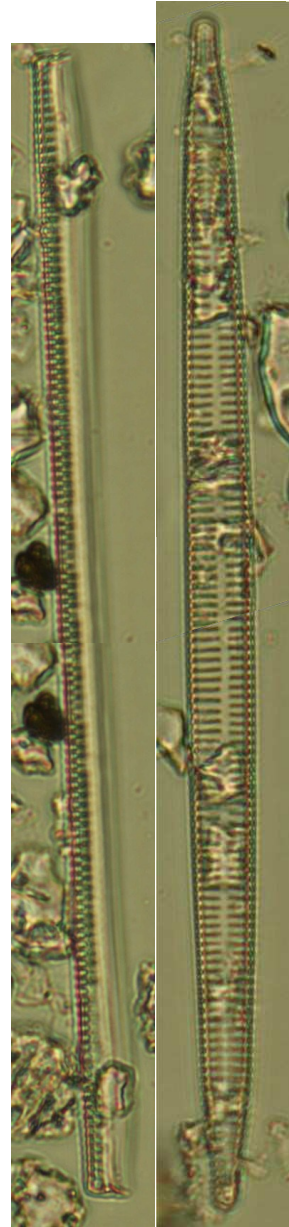
PLATE 4



1



4



2 - 3

1 Píeurossira laevis; 2 - 3 Ulnaria ulna; 4 Navícula cryptocephala

Anexo 10: Informes de los parámetros físicos, químicos y biológicos realizados en el laboratorio CIITT de los meses de monitoreo



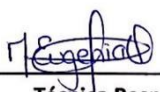
 Universidad Católica de Cuenca	CIITT- LABORATORIO DE CONTAMINACION Y AGUAS			
	RESIDUALES			
HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE				
CODIGO: UCC-LCAR-F06	ELABORADO: Ing. Maria Eugenia Quinteros Msc.	ELABORADO Y REVISADO: Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	Nº INFORME: CAR-002	IN-
CODIGO MUESTRA:	CAR-002	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021	
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Tarqui	SOLICITANTE:	Tatiana Calle	
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Tatiana Calle	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:		
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	8/3/2021	HORA DE RECOLECCION:		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	8/3/2021	HORA DE RECEPCION:		
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	8/3/2021	FECHA DE FIN DE ENSAYOS:		

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA			
			Punto	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método 5210-Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	P1	1,25	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	2,5		
		mg/L	P3	3,3		
		mg/L	P4	1,5		
		mg/L	P5	0,7		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	2,8	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	3,1		
		mg/L	P3	3,6		
		mg/L	P4	5,7		
		mg/L	P5	6,8		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: E Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	0,296	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	0,391		
		mg/L	P3	0,606		
		mg/L	P4	0,846		
		mg/L	P5	1,92		

Coliformes Fecales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	28	200 NMP/100ml	>1,0 NMP/ml
		NMP/100 ml	P2	17		
		NMP/100 ml	P3	20		
		NMP/100 ml	P4	17		
		NMP/100 ml	P5	26		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	40	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	25		
		NMP/100 ml	P3	29		
		NMP/100 ml	P4	32		
		NMP/100 ml	P5	37		

NOTAS:	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3-Criterio de calidad admisible para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas y en aguas marinas y de estuario

Observaciones:

 Coordinador de Laboratorio		 Técnico Responsable
--	---	---

 Universidad Católica de Cuenca	CIITT- LABORATORIO DE CONTAMINACION Y AGUAS		
	RESIDUALES		
HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE			
CODIGO: UCC-LCAR-F06	ELABORADO: Ing. Maria Eugenia Quinteros Msc.	ELABORADO Y REVISADO: Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	Nº INFORME: IN-CAR-003
CODIGO MUESTRA:	CAR-003	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Tarqui	SOLICITANTE:	Tatiana Calle
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Tatiana Calle
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:	
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	5/4/2021	HORA DE RECOLECCION:	
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	5/4/2021	HORA DE RECEPCION:	
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	5/4/2021	FECHA DE FIN DE ENSAYOS:	

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA			
			Punto	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método 5210-Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	P1	5,5	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	4,2		
		mg/L	P3	3,1		
		mg/L	P4	2,5		
		mg/L	P5	Ausencia		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	2,2	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	2,4		
		mg/L	P3	2,15		
		mg/L	P4	2,1		
		mg/L	P5	1,9		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal:E Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	0,85	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	1,1		
		mg/L	P3	1,5		
		mg/L	P4	1,1		
		mg/L	P5	0,85		

Coliformes Fecales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	24	200 NMP/100ml	>1,0 NMP/ml
		NMP/100 ml	P2	28		
		NMP/100 ml	P3	32		
		NMP/100 ml	P4	37		
		NMP/100 ml	P5	41		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	40	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	47		
		NMP/100 ml	P3	54		
		NMP/100 ml	P4	62		
		NMP/100 ml	P5	69		

NOTAS:	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3-Criterio de calidad admisible para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas y en aguas marinas y de estuario

Observaciones:

 Coordinador de Laboratorio		 Técnico Responsable
--	---	--

 Universidad Católica de Cuenca		CIITT- LABORATORIO DE CONTAMINACION Y AGUAS RESIDUALES HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE		
CODIGO: UCC-LCAR-F06	ELABORADO: Ing. Maria Eugenia Quinteros Msc.	ELABORADO Y REVISADO: Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	Nº INFORME: IN-CAR-006	
CODIGO MUESTRA:	CAR-006	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021	
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Tarqui	SOLICITANTE:	Tatiana Calle	
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Tatiana Calle	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:		
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	31/5/2021	HORA DE RECOLECCION:	7:00	
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	31/5/2021	HORA DE RECEPCION:	12:30	
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	31/5/2021	FECHA DE FIN DE ENSAYOS:	7/6/2021	

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	Punto	MUESTRA		
				Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método 5210-Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	P1	-1,4	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	-0,4		
		mg/L	P3	-1		
		mg/L	P4	-0,2		
		mg/L	P5	0,5		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	2,1	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	2,4		
		mg/L	P3	2,1		
		mg/L	P4	2,4		
		mg/L	P5	1,9		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	0,84	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	0,59		
		mg/L	P3	0,68		
		mg/L	P4	0,78		
		mg/L	P5	0,45		




Coliformes Fecales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	9,4	200 NMP/100ml	>1,0 NMP/ml
		NMP/100 ml	P2	11		
		NMP/100 ml	P3	13		
		NMP/100 ml	P4	7,4		
		NMP/100 ml	P5	8,1		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	13	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	15		
		NMP/100 ml	P3	17		
		NMP/100 ml	P4	11		
		NMP/100 ml	P5	19		

NOTAS:

Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.

1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3 Criterio de calidad admisible para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas y en aguas marinas y de estuario

Observaciones:

 Coordinador de Laboratorio		 Técnico Responsable
---	---	---

Anexo 11: Fotografías del estado ecológico del río Tarqui en la época lluviosa



Figura 34: Estado ecológico del punto 1



Figura 35: Estado ecológico del punto 2



Figura 36: Estado ecológico del punto 3



Figura 37: Estado ecológico del punto 4



Figura 38: Estado ecológico del punto 5



Figura 39: Contaminación por ganadería

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Tatiana Cesibel Calle Chuqui portador de la cédula de ciudadanía N.º 0303003081. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Establecimiento de la calidad de agua mediante diatomeas epilíticas durante la época lluviosa en el 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 este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12 de agosto de 2021



F:
Tatiana Cesibel Calle Chuqui
0303003081