



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 DEL AGUA
MEDIANTE DIATOMEAS EPILÍTICAS DURANTE LA
ÉPOCA LLUVIOSA EN EL RÍO YANUNCAY**

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

AUTOR: JHINSON JAVIER CÓRDOVA ZÚÑIGA

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 DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
DIATOMEAS EPILÍTICAS DURANTE LA ÉPOCA LLUVIOSA EN EL
RÍO YANUNCAY

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JHINSON JAVIER CÓRDOVA ZÚÑIGA

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

Jhinson Javier Córdova Zúñiga portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 1450173958. Declaro ser el autor de la obra: “Establecimiento de la calidad del agua mediante diatomeas epilíticas durante la época lluviosa en el río Yanuncay”, 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:

Jhinson Javier Córdova Zúñiga

1450173958

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por JHINSON JAVIER CÓRDOVA ZÚÑIGA, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paula', is positioned above a horizontal line.

BLGA. PAULA MILENA CORDERO CUEVA

DIRECTOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi trabajo de titulación primeramente a Dios por que sin su bendición nada sería posible, luego a mis padres y a mi hermana por haber estado siempre presentes en todo el transcurso de mi carrera estudiantil y haber sido mi mejor ejemplo de lucha, sacrificio y constancia para lograr lo que uno se propone, gracias de todo corazón porque aunque muchas de las veces hubo dificultades ustedes nunca me dejaron solo y esa es la mayor demostración de amor que pueda existir en una familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la fuerza, inspiración y sabiduría para lograr superar cada uno de los obstáculos que surgieron a lo largo de la elaboración de este proyecto y así poder cumplir una de mis metas más anheladas, también quiero agradecer de manera especial a mis padres y demás familiares ya que sin ellos nada de esto sería posible. Agradezco también a todo el personal docente de la Universidad Católica de Cuenca y a la Universidad Internacional SEK por haberme brindado su apoyo durante todo este proceso, principalmente a la Biga. Paula Cordero, que ha sido mi tutora y guía durante la elaboración de mi tesis. Finalmente, un sincero y profundo agradecimiento al Centro de Innovación, Investigación y Transferencia Tecnológica (CIITT) por haberme brindado todo su apoyo y conocimiento para hacer posible la culminación de mi trabajo de tesis.

RESUMEN

Los recursos hídricos sufren grandes niveles de contaminación producto de las actividades antrópicas, por ello es indispensable su cuidado. Mediante el uso de diatomeas epilíticas y el análisis de parámetros ambientales, se determinó el estado actual de la calidad de agua en la cuenca media y baja del río Yanuncay, en la época lluviosa del año 2021, en el cantón Cuenca. Se caracterizaron todas las diatomeas presentes en cinco puntos muestreados dando un total de 40 especies, se determinó la diversidad de diatomeas mediante el índice de Shannon, siendo la *Rhoicosphenia abbreviata* con 1598 individuos la especie dominante. Se calculó el índice de polusensibilidad específica (IPS) para determinar la calidad de agua del río de acuerdo con las diatomeas, en el que se obtuvo como resultado que con un rango de 14,93 a 15,9 las aguas son de buena calidad similares a los resultados fisicoquímicos obtenidos en los parámetros medidos en campo y laboratorio ya que todos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos del (TULSMA). Para finalizar, se realizó el análisis de correspondencia canónica mediante el cual se estableció la relación entre los parámetros ambientales medidos y cada especie encontrada, en los que se observó que el fósforo total, oxígeno disuelto, nitratos, conductividad, coliformes fecales, temperatura y DBO₅ influyen en el desarrollo de las especies de diatomeas epilíticas, siendo las coliformes fecales y la temperatura los parámetros más influyentes en la presencia de la diatomea *Cocconeis euglypta*.

Palabras clave: Diatomeas, calidad de agua, río Yanuncay, época lluviosa

ABSTRACT

Water resources suffer high levels of contamination as a result of anthropic activities; therefore, it is essential to take care of them. Through the use of epilithic diatoms and the analysis of environmental parameters, it was determined the current state of water quality in the middle and lower basin of the Yanuncay river, in the rainy season of 2021, in the canton of Cuenca. All diatoms present in five sampled points were characterized, giving a total of 40 species. Diatom diversity was determined through the Shannon index, being *Rhoicosphenia abbreviata* with 1598 individuals the dominant species. The specific polo-sensitivity index (SPI) was calculated to determine the water quality of the river according to the diatoms. The result was that with a range of 14.93 to 15.9 the water is of good quality, similar to the physicochemical results obtained in the parameters measured in the field and laboratory since they are all within the maximum limits allowed by the TULSMA (TULSMA). Lastly, a canonical correspondence analysis was performed to establish the relationship between the environmental parameters measured and each species found, in which it was observed that total phosphorus, dissolved oxygen, nitrates, conductivity, fecal coliforms, temperature, and BOD5 influence the development of epilithic diatom species, being fecal coliforms and temperature the most influential parameters in the presence of the diatom *Cocconeis euglypta*.

Keywords: Diatoms, water quality, Yanuncay river, rainy season

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1 Objetivos	- 3 -
1.1.1 General.....	- 3 -
1.1.2 Específicos.	- 3 -
CAPÍTULO II.....	- 4 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 4 -
2.1 Estado del arte	- 4 -
2.2 Calidad del agua.....	- 5 -
2.3 Contaminación del agua	- 5 -
2.4 Contaminación antrópica del agua.....	- 5 -
2.5 Parámetros físicos y químicos del agua.....	- 5 -
2.6 Parámetros físicos	- 6 -
2.6.1 Temperatura.	- 6 -
2.6.2 pH.....	- 6 -
2.6.3 Conductividad.	- 6 -
2.7 Parámetros químicos.....	- 6 -
2.7.1 Oxígeno disuelto.....	- 6 -
2.7.2 Demanda biológica de oxígeno.....	- 6 -
2.7.3 Nitratos.	- 6 -
2.7.4 Fósforo total.....	- 6 -

2.8	Parámetros microbiológicos.....	- 7 -
2.8.1	Coliformes fecales.	- 7 -
2.8.2	Coliformes totales.	- 7 -
2.9	Bioindicadores.....	- 7 -
2.10	Bioindicadores de calidad del agua	- 7 -
2.11	Diatomeas epilíticas.....	- 7 -
2.12	Diatomeas como indicadores ecológicos	- 7 -
2.12.1	Ubicuidad.....	- 8 -
2.12.2	Cosmopolitanismo.	- 8 -
2.12.3	Bajo grado de endemismo.	- 8 -
2.12.4	Sensibilidad.	- 8 -
2.12.5	Diversidad.....	- 8 -
2.12.6	Precisión estadística.	- 8 -
2.12.7	Ciclos vitales.....	- 9 -
2.12.8	Facilidad de muestreo.....	- 9 -
2.12.9	Facilidad de tratamiento, procesado y almacenaje.....	- 9 -
2.12.10	Estudios temporales.....	- 9 -
2.13	Índice diatomológicos	- 9 -
2.14	Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).	- 9 -
2.15	Subcuenca	- 10 -
2.16	Sistema fluvial	- 10 -
2.16.1	Sistemas fluviales perennes.....	- 10 -
2.16.2	Sistemas fluviales efímeros.....	- 10 -
2.16.3	Sistema lótico natural.....	- 10 -
2.16.4	Sistema lótico artificial.....	- 10 -
2.17	Calidad de ribera	- 10 -
2.18	Índice Hábitat fluvial (IHF).....	- 11 -
2.19	Índices de biodiversidad	- 11 -
2.20	Índice de Shannon.....	- 11 -

2.21	Análisis canónico.....	- 11 -
2.22	Análisis clúster.....	- 11 -
2.23	Marco legal.....	- 12 -
2.23.1	Constitución de la República del Ecuador.....	- 12 -
2.23.2	Tratado Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)	- 12 -
2.23.3	Código Orgánico Del Ambiente.....	- 13 -
CAPÍTULO III.....		- 14 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 14 -
3.1	Área de estudio.....	- 14 -
3.2	Población y muestra.....	- 15 -
3.3	Hipótesis.....	- 16 -
3.4	Periodo de muestreo.....	- 16 -
3.5	Trabajo de campo.....	- 16 -
3.5.1	Definición de puntos de muestreo.....	- 16 -
3.5.2	Recolección de diatomeas epilíticas.....	- 17 -
3.5.3	Recolección de muestras de agua.....	- 18 -
3.5.4	Parámetros fisicoquímicos.....	- 19 -
3.5.5	Determinación del estado ecológico del río.....	- 19 -
3.6	Trabajo de laboratorio.....	- 21 -
3.6.1	Tratamiento de las muestras de diatomeas.....	- 21 -
3.6.2	Microscopía óptica (MO) para la identificación de diatomeas.....	- 26 -
3.6.3	Identificación de muestras.....	- 26 -
3.6.4	Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ) y microbiológicos de las aguas.	- 26 -
	-	
3.7	Análisis de datos.....	- 28 -
3.7.1	Índices de biodiversidad.....	- 28 -
3.7.2	Índice diatomológico.....	- 28 -
3.7.3	Análisis de correspondencia canónico (CCA).....	- 29 -
3.7.4	Análisis clúster (AC).....	- 29 -

CAPÍTULO IV	- 30 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 30 -
4.1 Resultados de campo	- 30 -
4.1.1 Índice de calidad de ribera (QBR)	- 30 -
4.1.2 Índice de hábitat fluvial (IHF).....	- 30 -
4.1.3 Parámetros físicos y químicos	- 31 -
4.2 Resultados de laboratorio	- 35 -
4.2.1 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	- 35 -
4.1 Caracterización taxonómica de diatomeas epilíticas	- 41 -
4.2 Índice de Shannon.....	- 42 -
4.3 Análisis de datos	- 43 -
4.3.1 Índice de polusensibilidad específica (IPS)	- 43 -
4.3.2 Análisis clúster.....	- 44 -
4.3.3 Análisis de correspondencia canónica (ACC)	- 45 -
CAPÍTULO V	- 48 -
5. CONCLUSIONES	- 48 -
CAPÍTULO VI	- 49 -
6. RECOMENDACIONES.....	- 49 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 50 -
ANEXOS.....	- 35 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación río Yanuncay	- 14 -
Figura 2: Ubicación de los puntos de muestreo	- 15 -
Figura 3: Promedio mensual de precipitaciones año 2014-2019.....	- 16 -
Figura 4: Zonas aptas para muestreo	- 17 -
Figura 5: Recolección de diatomeas	- 18 -
Figura 6: Recolección de muestras de agua	- 18 -
Figura 7: Toma de parámetros fisicoquímicos.....	- 19 -
Figura 8: Colocación de muestras en tubos de ensayo.....	- 22 -
Figura 9: Limpieza de muestras	- 22 -
Figura 10: Oxidación de materia orgánica.....	- 23 -
Figura 11: Colocación de ácido clorhídrico	- 23 -
Figura 12: Oxidación de materia orgánica sobrante con dicromato de potasio.....	- 24 -
Figura 13: Medición de pH.....	- 24 -
Figura 14: Conservación de muestras	- 25 -
Figura 15: Montaje de placas.....	- 25 -
Figura 16: Observación en el microscopio	- 26 -
Figura 17: Valores de QBR obtenidos en cada punto muestreado.....	- 30 -
Figura 18: Valores de IHF obtenidos en cada punto muestreado.....	- 31 -
Figura 19: Valores de temperatura en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa	- 32 -
Figura 20: Valores de pH encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa	- 33 -
Figura 21: Valores de oxígeno disuelto encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 34 -
Figura 22: Valores de conductividad encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 35 -
Figura 23: Valores de DBO ₅ encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa	- 36 -
Figura 24: Valores de nitrato encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 37 -
Figura 25: Valores de fósforo total encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 38 -
Figura 26: Valores de coliformes totales encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 39 -

Figura 27: Valores de coliformes fecales encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 39 -
Figura 28: Especies encontradas en la época lluviosa del río Yanuncay	- 41 -
Figura 29: Índice de Shannon de todos los puntos de monitoreo del río Yanuncay ...	- 42 -
Figura 30: Calidad de agua en los cinco puntos de monitoreo según el IPS	- 43 -
Figura 31: Ausencia o presencia de especies en los cinco puntos de muestreo	- 44 -
Figura 32: Relación ACC de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con las diatomeas epilíticas	- 47 -
Figura 33: Medición de parámetros in situ	- 57 -
Figura 34: Estado ecológico del río Yanuncay	- 57 -
Figura 35: Hojas de campo QBR e IHF.....	- 57 -
Figura 36: Recolección de diatomeas epilíticas en sustratos rocosos.....	- 58 -
Figura 37: Contaminación antrópica por infraestructura en el punto 1	- 58 -
Figura 38: Descarga directa de contaminantes al río	- 58 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estudios de calidad de agua mediante diatomeas en el Ecuador	- 4 -
Tabla 2: Estaciones de muestreo y coordenadas	- 15 -
Tabla 3: Rangos de calidad QBR	- 20 -
Tabla 4: Rangos de calidad IHF	- 21 -
Tabla 5: Límites máximos permisibles de los parámetros analizados.....	- 27 -
Tabla 6: Rangos de diversidad de Shannon.....	- 28 -
Tabla 7: Rangos del IPS que determinan la calidad del agua.....	- 29 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla 3. de los 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	- 35 -
Anexo 2: Tabla 2: Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en agua dulce, marinas y de estuario.....	- 38 -
Anexo 3: Hoja de campo QBR	- 39 -
Anexo 4: Hoja de campo IHF	- 40 -
Anexo 5: Diatomeas epilíticas encontradas en la época lluviosa	- 41 -
Anexo 6: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de marzo	- 42 -
Anexo 7: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de abril.....	- 43 -
Anexo 8: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de mayo.....	- 44 -
Anexo 9: Valores de tolerancia (V) y de sensibilidad (S) de las diatomeas epilíticas..	- 45 -
Anexo 10: Parámetros físicos y químicos medidos in situ	- 46 -
Anexo 11: Parámetros medidos en el laboratorio CIITT	- 47 -
Anexo 12: Fotografías de los taxones de diatomeas epilíticas identificadas en el río Yanuncay en la época lluviosa.....	- 53 -
Anexo 13: Imágenes salidas de campo.....	- 57 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación tuvo por objeto el análisis del estado en el que se encuentra el agua del río Yanuncay en la época lluviosa (marzo, abril y mayo) del año 2021, mediante el uso de diatomeas epilíticas ya que, son consideradas excelentes bioindicadores. Las diatomeas son microorganismos que se encuentran en gran cantidad en todos los ecosistemas acuáticos lóticos y lénticos, son organismos que viven o crecen sobre las rocas u otras superficies inorgánicas, se desarrollan en poco tiempo y tienen una gran capacidad para reaccionar a los cambios en el sistema analizado (Urrea y Sabater, 2009).

La necesidad de conocer el estado de la calidad del agua es un tema relevante ya que, este recurso es susceptible a niveles altos de contaminación, llegando a afectar el medio natural y todos los organismos vivos que habitan en él. De acuerdo con Álvarez (1999) las aguas de nuestro país sufren grandes niveles de contaminación. Existen distintas razones en su gran mayoría de origen antrópico. A medida que los años pasan la población aumenta formando grandes ciudades, un claro ejemplo es el cantón Cuenca ya que su población ronda los 580 000 habitantes aproximadamente, esto a su vez trae consigo diversos problemas ambientales, uno de ellos es el deterioro de los sistemas fluviales.

A pesar que cada día existen nuevas políticas que van en favor del cuidado medioambiental, la contaminación es un acto que se lleva a cabo desde la antigüedad, arrojar basura directamente a los ríos, verter aguas residuales ilegalmente, camales sin ningún tipo de control, negligencias en obras cercanas a fuentes de agua, entre otras, son algunas de las actividades que aún suceden en nuestro país y que requieren ser atendidos urgentemente (Alvarado y Cárdenas, 2015).

El río Yanuncay es un curso hídrico muy importante del cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. Las aguas del mencionado río se encuentran en un buen estado de conservación debido a que su cobertura mayoritariamente está compuesta por páramo y es de difícil acceso, aunque a lo largo de su microcuenca sufre contaminación ya sea por agricultura, ganadería y vertido de aguas residuales motivo por el cual es muy importante su estudio ya que, de él se benefician gran parte de los habitantes de la ciudad (Cocha, 2009).

En la actualidad el agua de los páramos constituye uno de los principales elementos afectados por el deterioro ambiental, por lo que es importante buscar métodos de monitoreo

mediante el uso de indicadores biológicos, estudios recientes han demostrado que, las diatomeas muestran una gran capacidad de reacción a cualquier anomalía que suceda en el medio que se encuentran ya que, tienen ciclos de vidas cortas, estrategias reproductivas y están formados por estructuras especializadas (Bojorge y Cantoral, 2016).

En estudios enfocados en las comunidades de diatomeas se ha logrado evidenciar que, la riqueza de estas en comparación con otro grupo de algas es mayor en el invierno ya que, las mismas se adaptan mejor a temperaturas bajas a diferencia de otras clases de algas. Es importante mencionar que, estos resultados no se aplican de la misma manera en todas las regiones ya que, los cuerpos de agua presentan variaciones tanto bióticas como abióticas dependiendo de la región (Mengo, 2017).

Las diatomeas epilíticas se encuentran fijadas en las rocas del fondo del río y son fáciles de recolectarlas, luego se las clasifica según la especie para precisar el nivel de alteración del medio estudiado.

Por este motivo la siguiente tesis plantea la utilización de las diatomeas epilíticas como indicadores de calidad ya que, el problema de encontrar índices bióticos válidos para diferentes ecosistemas es una prioridad, más aún en sistemas acuáticos, además de que, el Ecuador es un país biodiverso en que, estos grupos han sido poco estudiados.

1.1 Objetivos

1.1.1 General.

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

1.1.2 Específicos.

- Establecer el estado ecológico del río Yanuncay mediante los índices de calidad de ribera (QBR) y hábitat fluvial (IHF).
- Evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua del río Yanuncay.
- Realizar una caracterización taxonómica de diatomeas epilíticas en el río Yanuncay en la época lluviosa.
- Hacer una comparación entre los parámetros analizados (físicos, químicos, microbiológicos) y las diatomeas epilíticas del río Yanuncay.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La calidad del agua representa un tema serio a nivel mundial en el que, cada día se requiere de mayor esfuerzo para poder tener un líquido en óptimas condiciones ya sea para el consumo humano o para riego en los cultivos, pero ésta se ve afectada cada vez más por la contaminación antrópica en el que, todo tipo de sistema fluvial resulta alterado. Por ello, es necesario evaluar los sistemas acuáticos para determinar el estado en el que se encuentran.

2.1 Estado del arte

El análisis de estos microorganismos es interesante para diagnosticar que tan contaminadas o limpias están nuestras aguas. Además, correlacionarlos con la biodiversidad existente de acuerdo con el nivel de contaminación. Los estudios que se han realizado en el Ecuador se detallan en la tabla 1.

Tabla 1: Estudios de calidad de agua mediante diatomeas en el Ecuador

Tema
“Diatomeas epilíticas como bioindicadores de eutrofización en la microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo” (Arévalo, 2018).
“Uso de diatomeas epilíticas como bioindicadores de calidad de agua de la cuenca media-baja del río Yanuncay en época seca” (Ayala, 2021).
“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).
“Estado actual de la calidad física, 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” (Cocha, 2009).
“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).

<p>“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).</p>
<p>“Uso de diatomeas como bioindicadores de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarqui” (Morales, 2021).</p>
<p>“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).</p>
<p>“Caracterización de diatomeas como herramienta para el estudio de la calidad del agua del río Teaone” (Ortiz, 2015).</p>
<p>“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).</p>

2.2 Calidad del agua

Estado del agua que indica los usos que se le pueden dar dependiendo del nivel de naturalidad (Chang, 2002).

2.3 Contaminación del agua

Alteraciones que provocan el desgaste de la calidad del agua impidiendo su utilidad ya sea para consumo u otras necesidades industriales, agrícolas y recreacionales (Calvo-Flores, 2015).

2.4 Contaminación antrópica del agua

Aparece conjuntamente con la industrialización, es toda forma de contaminación producida por las actividades humanas y hoy en día ha llegado a convertirse en un problema tan común que no se le da la importancia debida aún sabiendo que diferentes aportes de estudios ambientales indican que es un tema de orden prioritario ya que las fuentes hídricas son las más afectadas (Caicedo-Perlaza et al., 2017).

2.5 Parámetros físicos y químicos del agua

Cuando se habla de la calidad del agua es necesario determinar varios parámetros físicos y químicos dentro del curso hídrico, por intermedio de métodos estandarizados para saber si los valores de estos parámetros están dentro de los intervalos permitidos por la ley (Aznar Jimenez, 2008).

2.6 Parámetros físicos

2.6.1 Temperatura.

Es un parámetro termodinámico que caracteriza el estado de transferencia de calor. A temperaturas más altas, el proceso de fotosíntesis se acelera al igual que la remoción de materia orgánica, además es un parámetro ambiental esencial porque repercute en la supervivencia de los microorganismos (Hahn et al., 2009).

2.6.2 pH.

El valor de pH de las aguas superficiales está entre 6-8, lo que significa que son prácticamente neutras (Galvín, 2008).

2.6.3 Conductividad.

Su unidad de medición es siemens/cm, micro siemens/cm o mili siemens/cm, indica la cantidad de corriente que circula por el agua (Severiche et al., 2013).

2.7 Parámetros químicos

2.7.1 Oxígeno disuelto.

Se lo relaciona con las actividades fotosintéticas y la contaminación del agua. (INEN, 2013).

2.7.2 Demanda biológica de oxígeno.

Son residuos orgánicos contenidos en una muestra de agua. En aguas no contaminadas la DBO es menor porque no hay materia orgánica que consuma oxígeno, por el contrario, alcanza su nivel más alto en el punto de descarga (Ramalho, 2003).

2.7.3 Nitratos.

El nitrato es un compuesto natural que conforma el ciclo del nitrógeno. Su presencia en los sistemas fluviales suele ser baja, pero puede aumentar debido a los contaminantes de las tierras de cultivo, desechos humanos y la oxidación del amoníaco (Tuesca et al., 2015).

2.7.4 Fósforo total.

Son nutrientes esenciales para las plantas, poseen varias propiedades beneficiosas, pero en la actualidad sigue siendo tema de discusión ya que su potencial como fertilizantes no está del todo aceptado debido a que algunas veces puede llegar a ser un limitante en el crecimiento de las plantas (Mixquititla y Villegas, 2016).

2.8 Parámetros microbiológicos

2.8.1 Coliformes fecales.

Conocidas también como coliformes termo tolerantes ya que se demostró que provienen de origen fecal y de bacterias del ambiente. La especie más abundante del coliforme fecal es la *Escherichia coli*. Su presencia indica principios de eutrofización por aguas residuales (Aurazo de Zumaeta, 2004).

2.8.2 Coliformes totales.

Definidos como bacilos gramnegativos, se pueden encontrar en las heces, el medio ambiente como organismos de vida libre y el agua para consumo con alta concentración de nutrientes (Aurazo de Zumaeta, 2004).

2.9 Bioindicadores

Son especies ya sea animales, vegetales o de microorganismos que ayudan a detectar alteraciones en los ecosistemas para determinar su estado (Tenjo y Cárdenas, 2015).

2.10 Bioindicadores de calidad del agua

Consiste en identificar y cuantificar microorganismos para posteriormente con el uso de los índices de diversidad determinar el estado en el que se encuentra un sistema hídrico (Vásquez Silva et al., 2006).

2.11 Diatomeas epilíticas

Son algas microscópicas unicelulares, eucariotas y autótrofas de agua dulce que viven en sustratos rocosos y en otras superficies inorgánicas, se las considera como las más aptas para realizar estudios de calidad de agua ya que además de ser de fácil recolección tienen capacidad de conservarse mucho tiempo lo que permite hacer cualquier revisión taxonómica (Farfán, 2016).

2.12 Diatomeas como indicadores ecológicos

En la actualidad las diatomeas han sobresalido como un grupo taxonómico importantísimo para determinar la calidad biológica de los sistemas fluviales. Por sus propias características como su fácil recolección, su respuesta rápida a los diferentes cambios del ambiente y su amplia distribución las hacen un indicador apto de la calidad de los sistemas acuáticos dulces (López-Fuerte y Altamirano-Cerecedo, 2011).

Según (Blanco et al., 2010) existen una serie de ventajas que tiene el uso de las diatomeas para determinar la calidad en los cuerpos de agua. Las mismas que se detallan a continuación:

2.12.1 Ubicuidad.

Las diatomeas existen en todo sistema hídrico por lo que, se las puede utilizar como bioindicadores de agua dulce y salada.

2.12.2 Cosmopolitanismo.

Las diatomeas se encuentran distribuidas a nivel mundial ya que se las puede encontrar tanto en los polos como en las zonas más desérticas ya sea en aguas dulces o de mar.

2.12.3 Bajo grado de endemismo.

Aparecen en gran número, haciendo que se pueda aplicar los distintos índices de biodiversidad para realizar las comparaciones correspondientes tanto en diatomeas de una misma zona como en las de regiones diferentes.

2.12.4 Sensibilidad.

Las diatomeas son muy sensibles a los cambios en la naturaleza sobre todo cuando existe presencia de nutrientes (P, N, Si) y de contaminantes, lo que nos puede dar un resultado acertado y actual del estado en el que se encuentra el sistema analizado.

2.12.5 Diversidad.

Existe una gran variedad de diatomeas, las mismas que cuentan con características específicas permitiendo poseer una gran cantidad de información y taxones sobre estos microorganismos, lo que las hace superiores en comparación a otros índices.

2.12.6 Precisión estadística.

Los índices diatomológicos indican que para validar la muestra se requiere un mínimo de 400 individuos, haciendo que el margen de error en la composición de las comunidades sea menor al 10% y proporcionando una tasa alta de confiabilidad y precisión de estos métodos estadísticamente hablando.

2.12.7 Ciclos vitales.

Su ciclo de vida es corto, aproximadamente un mes, se reproducen exponencialmente y proporciona información de todo ese tiempo que habitan en el sustrato y no solo en condiciones específicas como lo hacen los parámetros físicos y químicos.

2.12.8 Facilidad de muestreo.

Están presentes en distintos sustratos, en diferentes segmentos de un sistema fluvial ya sea natural o artificial, y con un mínimo de recursos se las puede recolectar por la simpleza que conlleva realizar este proceso.

2.12.9 Facilidad de tratamiento, procesado y almacenaje.

El proceso requerido desde la recolección hasta la observación es simple y económico, además se las puede conservar sin riesgo a que sufran modificaciones. Esto permite crear ficotecas de referencia para estudios posteriores, facilitando el intercambio de información entre laboratorios.

2.12.10 Estudios temporales.

Se puede determinar el estado del agua en el pasado ya sea en cauces secos o de clima tropical mediante el análisis de diatomeas que se encuentren en estado fósil.

2.13 Índice diatomológicos

Mide la calidad de un determinado ecosistema acuático mediante el estudio de los organismos que lo habitan, más concretamente las algas fitobentónicas. Están diseñados para detectar cambios en la zona estudiada de manera ágil y eficaz ya que estos organismos son muy sensibles a cualquier tipo de alteración. La calidad del punto de muestreo va a depender de la cantidad y diversidad de las comunidades de organismos que se hallen en el río (Rodríguez et al., 2014).

2.14 Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

Manifiesta que los variados usos de los recursos hídricos deben ser considerados en conjunto. En otras palabras, la GIRH trata de buscar un beneficio social, ambiental y económico mediante el correcto uso del recurso hídrico y el cuidado del ambiente que lo rodea (GIRH, 2005).

2.15 Subcuenca

Conglomerado de microcuencas que desembocan a un cauce, poseen caudales bajos y altos dependiendo de la época, pero generalmente son permanentes (Ordóñez, 2011).

2.16 Sistema fluvial

Un sistema fluvial está conformado por un conjunto de canales conectados en ambiente continental, limitados por una divisoria de drenaje. La cuenca de drenaje es el área que aporta agua y sedimentos al sistema fluvial. A su vez, dependiendo del balance entre descarga acuosa y pérdidas por evapotranspiración, los sistemas fluviales pueden ser perennes o efimeros (Paredes et al., 2017).

2.16.1 Sistemas fluviales perennes.

Se encuentran ubicados en regiones con una precipitación anual alta, aunque si son alimentados con aguas subterráneas también se los puede encontrar en lugares donde llueve poco. Son cuerpos de agua que nunca se secan y tienen un flujo constante (Bateman, 2011).

2.16.2 Sistemas fluviales efimeros.

Se caracterizan por ser sistemas que rara vez tienen agua y que pasan secos durante largos periodos de tiempo que se ven interrumpidos por inundaciones en las que el agua llega en gran cantidad (Longobardi et al., 2003).

2.16.3 Sistema lótico natural.

Son aquellos que son producto de la naturaleza, es decir no han sufrido alteraciones antrópicas.

2.16.4 Sistema lótico artificial.

Son aquellos que han sido creados con la intervención del hombre y que pueden ser controlados total o parcialmente.

2.17 Calidad de ribera

Los bosques ribereños suelen ser áreas de vegetación forestal natural entre tierras cultivables y vías fluviales. Pueden definirse como la zona de enlace entre los ecosistemas acuáticos y terrestres (Ceccon, 2003). Tienen una capacidad amortiguadora, es decir, pueden absorber y almacenar contaminantes. Los bosques ribereños son realmente muy importantes, ya que, retienen parte del nitrógeno y el fósforo proveniente de los cultivos por

medio de la escorrentía hacia los cursos de agua. La vegetación ribereña a ambos lados del río también puede dar sombra a la superficie del agua, reducir su temperatura en las épocas secas y estabilizar el suelo de las orillas (Granados-Sánchez et al., 2006).

2.18 Índice Hábitat fluvial (IHF)

Se utiliza para caracterizar los distintos cauces existentes en el sistema terrestre. Si la calidad del hábitat está en buen estado albergará un sin número de especies heterogéneas (Pardo et al., 2002).

2.19 Índices de biodiversidad

Consiste en identificar y cuantificar la riqueza y abundancia que posee una especie determinada de un ecosistema (Martella et al., 2012).

2.20 Índice de Shannon

“Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad o hábitat están representadas en la muestra” (Martella et al., 2012).

2.21 Análisis canónico

Es un método estadístico lineal que estudia la relación y validez entre múltiples variables dependientes a partir de múltiples variables independientes y es aplicado en distintas ramas de la investigación. Para obtener un resultado correcto de este análisis se necesita un tamaño representativo de la muestra ya que requiere de varias observaciones por cada variable (Badii et al., 2007).

2.22 Análisis clúster

Es un método basado en la formación de grupos clústeres homogéneos en función de sus semejanzas, y los individuos que son diferentes se sitúan en clústeres distintos. Estos grupos están compuestos por objetos de iguales características a los que están dentro del clúster con relación a criterios de selección predeterminados. Los criterios de agrupación de un análisis clúster se clasifican en dos, clúster jerárquico y clúster no jerárquico. Los jerárquicos se encargan de incluir a los clústeres de nivel más bajo en los de nivel más alto, y los no jerárquicos son aquellos que asignan los grupos diferentes, haciendo que no dependa uno de otro. Mediante este análisis se logran obtener datos en forma de modelos estadísticos (De la Fuente, 2011).

2.23 Marco legal

2.23.1 Constitución de la República del Ecuador

Art 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).

Art 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).

Art 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).

Art 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).

2.23.2 Tratado Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

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 del Ministerio del Ambiente, 2015).

2.23.3 Código Orgánico Del Ambiente

Art. 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 Ambiental, 2017).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Mediante diatomeas epilíticas se realizó un estudio en el río Yanuncay, ubicado en la región austral del Ecuador, en el cantón Cuenca (figura 1). Es uno de los ríos más importantes de la ciudad y nace en los páramos de Angas, al sur del Parque Nacional Cajas, comprende una superficie de 418,88 Km² y se encuentra en un rango altitudinal de 2 480 m.s.n.m. hasta los 4 280 m.s.n.m. Su temperatura presenta variaciones que van desde los 10 °C hasta los 20 °C, los meses más lluviosos son marzo, abril y mayo (Cocha, 2009).



Figura 1: Mapa de ubicación río Yanuncay

Se establecieron 5 estaciones de muestreo (figura 2), la zona alta por su difícil accesibilidad no fue monitoreada. Las coordenadas de los puntos de monitoreo pertenecen a la (tabla 2).

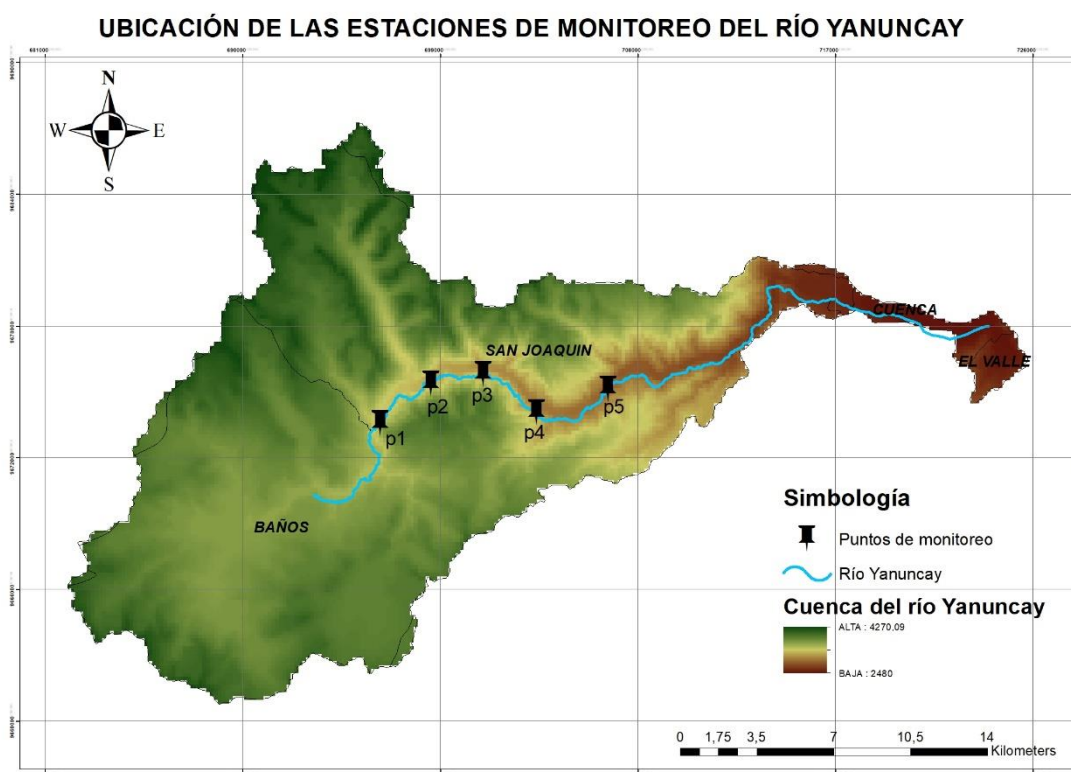


Figura 2: Ubicación de los puntos de muestreo

Tabla 2: Estaciones de muestreo y coordenadas

Río	Zona	Estaciones de muestreo	Coordenadas		Altitud
			Posición	UTM	(m.s.n.m.)
Yanuncay	Cuenca Media	1	0696259	9673560	3 304
Yanuncay	Cuenca Media	2	0698578	9675370	3 236
Yanuncay	Cuenca Media	3	0700959	9675800	3 101
Yanuncay	Cuenca Baja	4	0703385	9674062	3 008
Yanuncay	Cuenca Baja	5	0706645	9675142	2 943

3.2 Población y muestra

La población estadística para el muestreo se refiere a todas las posibles familias de diatomeas encontradas en el río Yanuncay en la época de lluvias. El muestreo consistió en

la colección de 3 muestras en los meses de marzo, abril y mayo en cada uno de los 5 puntos de las estaciones de monitoreo.

3.3 Hipótesis

Existen variaciones en la riqueza y la abundancia de especies de diatomeas epilíticas de acuerdo con la estacionalidad (época seca y época lluviosa).

3.4 Periodo de muestreo

Los monitoreos se realizaron en tres meses diferentes, con ayuda de datos registrados por las estaciones hidrometeorológicas de ETAPA EP del año 2014 hasta el 2019, se determinaron los meses con mayor presencia de lluvia (figura 3).

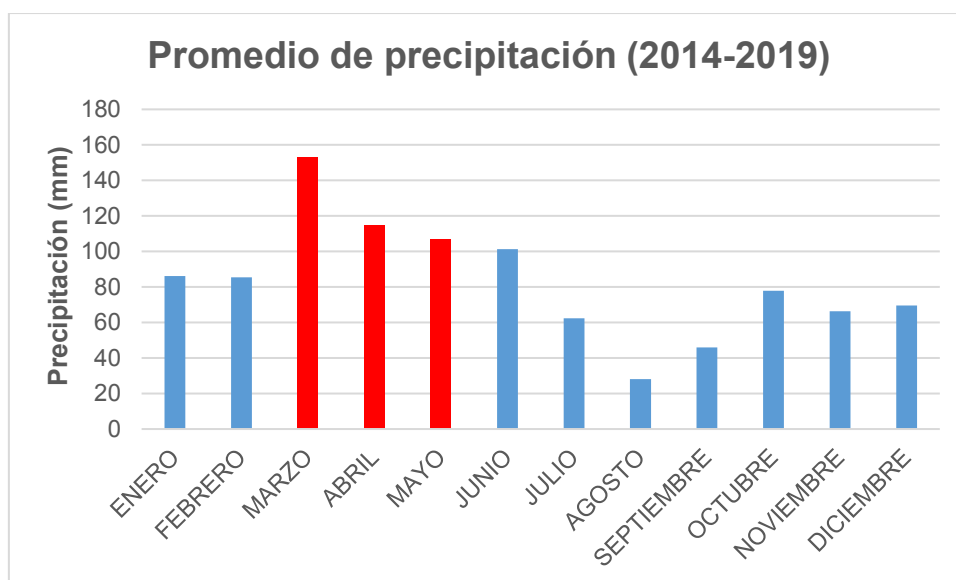


Figura 3: Promedio mensual de precipitaciones año 2014-2019

Fuente: ETAPA EP

3.5 Trabajo de campo

3.5.1 Definición de puntos de muestreo.

Las muestras detalladas anteriormente fueron recolectadas desde el mes de marzo hasta mayo. Los lugares exactos de monitoreo se escogieron bajo distintos parámetros como muestrear en las zonas con menor cantidad de sombra, procurar que el sustrato se encuentre a una profundidad considerable evitando obtenerlo de las orillas del río, evitar muestrear zonas que hayan sido alteradas por algún tipo de obra civil y evitar las pozas o aguas dormidas con poca presencia de corrientes (figura 4) (Cambra et al., 2005). Se

monitorearon los mismos puntos que (Ayala, 2021) para verificar la variación de las especies de diatomeas en la época lluviosa.



Figura 4: Zonas aptas para muestreo

3.5.2 Recolección de diatomeas epilíticas.

Las muestras se obtuvieron de rocas que se encontraban completamente cubiertas de agua a una profundidad de 30 cm y que tenían un diámetro de 20 cm aproximadamente. Con un cepillo de dientes se procedió a raspar la roca para obtener las muestras de diatomeas, en cada estación se rasparon entre 3 y 5 rocas, luego con la ayuda de una piceta se lavaron las piedras con agua destilada, el material obtenido se recogió en una bandeja de plástico transparente (figura 5) y se colocó en un frasco de vidrio con capacidad para 250 ml que contenía 125 ml de una solución transeau (600 ml de agua destilada, 300 ml de etanol y 100 ml de formol al 40%), para conservar las muestras y evitar que se contaminen se recubrió cada frasco con papel aluminio para posteriormente colocar las etiquetas correspondientes y almacenarlas en una caja cooler antes de ser llevadas al laboratorio (Lobo et al., 2010).



Figura 5: Recolección de diatomeas

3.5.3 Recolección de muestras de agua.

Se recolectaron 3 muestras de agua diferentes, la primera se recogió en un embace ámbar de 500 ml para determinar la DBO_5 , el siguiente frasco que se utilizó fue de polietileno con capacidad de 500 ml para los nitratos y fósforo total, finalmente en un frasco para muestra de orina de 150 ml se tomó el líquido para coliformes totales y fecales (figura 6). Una vez recogidas todas las muestras se procedió a etiquetarlas, colocarlas en la caja cooler y finalmente transportarlas al laboratorio del CIITT (INEN, 2013).



Figura 6: Recolección de muestras de agua

3.5.4 Parámetros fisicoquímicos.

Se midieron in situ usando un multiparamétrico portátil el pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. Se midieron en el laboratorio la DBO₅, nitratos y fósforo total (figura 7).



Figura 7: Toma de parámetros fisicoquímicos

3.5.5 Determinación del estado ecológico del río.

Para determinar el estado ecológico se realizó un levantamiento de los diferentes parámetros para evaluar las características bióticas y abióticas más importantes del río y sus alrededores en cada una de las estaciones de muestreo (Acosta et al., 2014).

Índice de calidad del bosque de ribera (QBR).

Para definir el estado de conservación de la ribera del río Yanuncay se siguió el protocolo de (Acosta et al., 2014).

Grado de cubierta de la zona de ribera.

Se evaluó el porcentaje de cubierta vegetal de las dos orillas del río únicamente de las especies arbóreas y arbustivas. Otro factor importante es la continuidad natural y completa entre la ribera y el río.

Estructura de la cubierta de la zona de ribera.

Se valoró según el porcentaje de cubierta vegetal en las dos orillas del río.

Calidad de la cubierta de ribera.





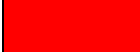
Se calificó determinando si las especies arbóreas presentes en las dos orillas del río son nativas o introducidas.

Grado de naturalidad del canal fluvial.

Se les asignó un solo valor a las dos orillas del río y se evaluó si el canal fluvial es natural o si presenta algún tipo de alteración en sus aguas o alrededor del cauce.

Los valores que se obtienen varían de 0 a 100 puntos y se clasifican en diferentes grados de alteración (tabla 3).

Tabla 3: Rangos de calidad QBR

Rangos de calidad	QBR	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥95	
Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena	76-94	
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51-75	
Alteración fuerte, mala calidad	26-50	
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	

Fuente: (Raúl Acosta et al., 2009)

Índice de hábitat fluvial (IHF).

Para determinar la calidad de hábitat fluvial del río Yanuncay se siguió el protocolo de (Acosta et al., 2014).

Inclusión y limitación de sustrato.

En las zonas de corriente se calificó según qué tan fijadas o sueltas están las piedras entre sí, mientras más sueltas estén tiene un porcentaje de valor del 0% y mientras más fijadas estén tienen un 100% de valor. La sedimentación se midió en la zona de pozas, se califica de 0 a 10.

Frecuencia de rápidos.

Se obtuvo de la fracción entre rápidos y las aguas calmadas para el ancho del río. Se califica de 2 a 10.

Composición del sustrato.

Se evaluó visualmente, si no existe esta categoría la puntuación es 0, si es poco abundante la puntuación es 2 y si es moderado o muy abundante se puntúa con 5. Si alguna de las categorías no está presente se puntúa con 0.

Regímenes de velocidad/profundidad.

Se diferenció las aguas lentas de las rápidas siendo el límite entre las categorías de 0,3 m/s.

Sombra en el cauce.

Se determinó visualmente para toda la zona de estudio y su calificación varía de 3 a 10.

Elementos de heterogeneidad.




Se valoró los restos orgánicos y los diques naturales existentes en la zona de estudio. Si uno de los elementos no está presente no se valora. Se califica de 0 a 10.

Cobertura de vegetación acuática.

Se midió visualmente y se califica de 0 a 30.

Los valores que se obtienen nunca pueden ser mayores a 100 puntos y se clasifican en diferentes grados de alteración (tabla 4).

Tabla 4: Rangos de calidad IHF

Interpretación	Puntuación	Color
Óptima	70-100	
Regular	40-70	
Mala	0-40	

Fuente: (Pardo et al., 2002)

3.6 Trabajo de laboratorio

3.6.1 Tratamiento de las muestras de diatomeas.

Luego de realizar la recolección del sustrato en las rocas, las muestras fueron transportadas al laboratorio donde se dejaron reposar hasta el día siguiente. Para facilitar la identificación de cada una de las especies de diatomeas epilíticas recolectadas se procedió a oxidar toda la materia orgánica presente en las muestras (Lobo et al., 2016).

Los pasos que se siguieron se detallan a continuación:

1. Las muestras de diatomeas recolectadas fueron homogenizadas, y se colocaron aproximadamente 10 ml de las muestras en cada tubo. Se hicieron cinco repeticiones por punto (figura 8).

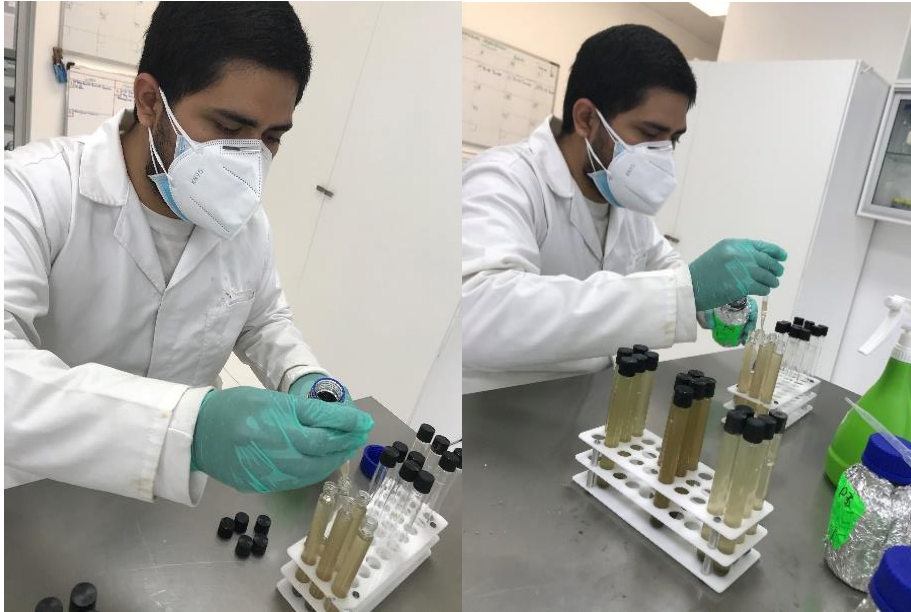


Figura 8: Colocación de muestras en tubos de ensayo

2. Se dejaron reposar durante 24 horas las muestras y se retiró el líquido sobrenadante.
3. Se colocó agua destilada en cada tubo de ensayo para limpiar las muestras y se dejaron reposar durante 24 horas más. Este procedimiento se realizó durante 3 ocasiones (figura 9).



Figura 9: Limpieza de muestras

4. Se utilizó peróxido de hidrógeno para limpiar las muestras, luego se colocó una olla con arena absorbente en una plancha calefactora para hervir las muestras a 150 °C. Este proceso se repite cada 24 horas hasta que la muestra presente cambios en su coloración y se logre oxidar de la materia orgánica (figura 10).

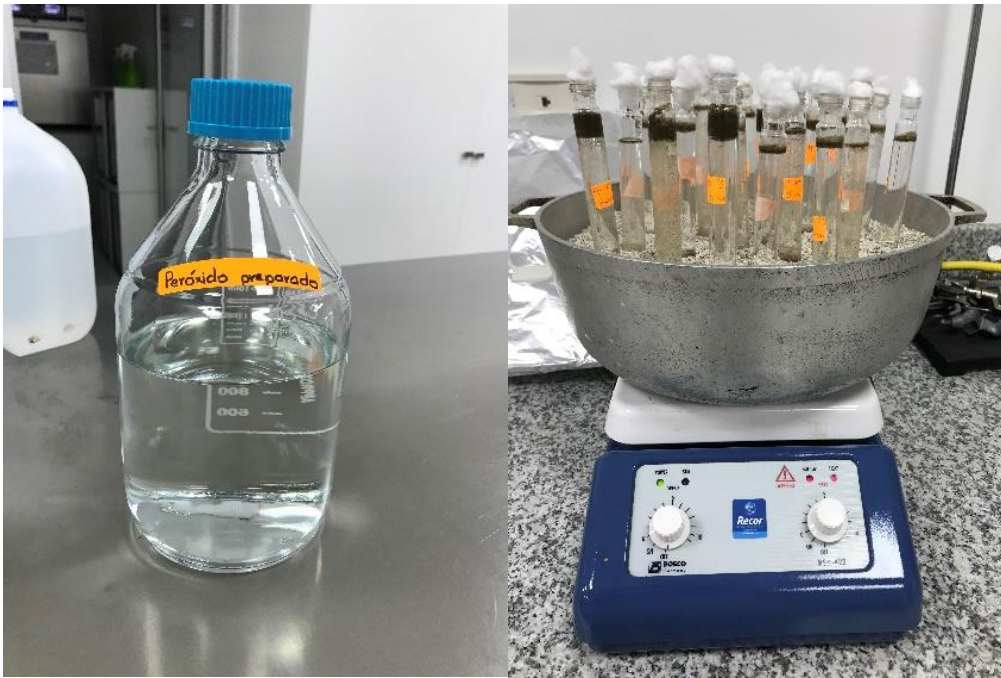


Figura 10: Oxidación de materia orgánica

5. Después de la oxidación de las muestras, se utiliza agua destilada para limpiar el peróxido, este proceso se realiza durante tres días.
6. Una vez retiradas las muestras de la plancha calefactora y limpiadas con agua destilada, se colocó 4 ml de ácido clorhídrico concentrado al 37 % hasta cubrir totalmente la muestra para eliminar los cloroplastos de las diatomeas y se dejó reposar durante 12 horas (figura 11).



Figura 11: Colocación de ácido clorhídrico

7. Para evitar la mezcla de químicos se limpian las muestras con agua destilada durante 3 días.

8. Se agregó una mezcla de agua destilada (50 ml) con dicromato de potasio (0,5 gr) y se colocó 2 ml en cada muestra para eliminar la materia orgánica por completo. Luego se procede a retirar el sobrenadante de las muestras para colocar agua destilada durante 3 días y así evitar que los reactivos se homogenicen (figura 12).



Figura 12: Oxidación de materia orgánica sobrante con dicromato de potasio

9. Se midió el pH de las muestras para asegurar que estas estén cercanas a neutro (figura 13).

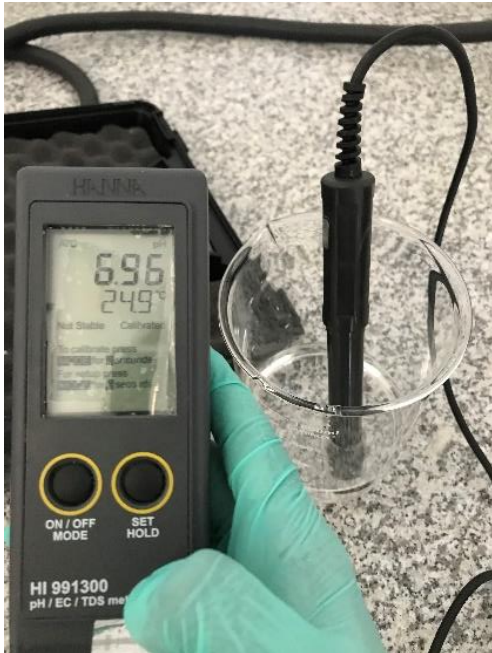


Figura 13: Medición de pH

10. Se homogenizaron las muestras y se agrega transeau en proporción de 1:1, para evitar el crecimiento de hongos y conservar la muestra (figura 14).

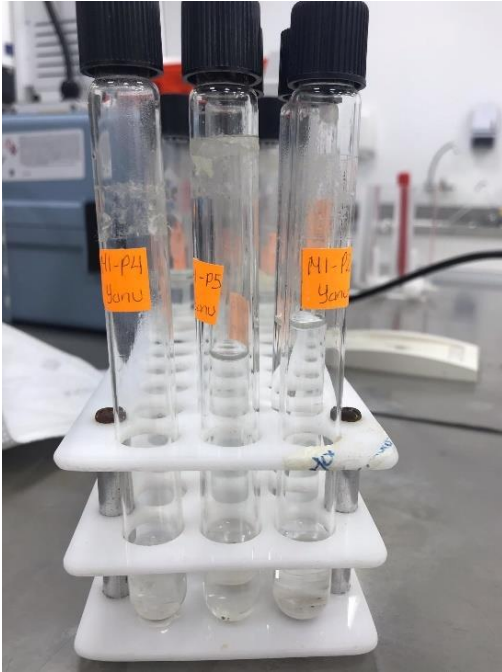


Figura 14: Conservación de muestras

11. Las placas que se utilizaron para observar en el microscopio se prepararon tomando una alícuota de 5 ml de cada muestra y se colocó en un portaobjetos rectangular y se dejó que se evapore a 20 °C, seguidamente usando unas pinzas se colocó el cubreobjetos en el portaobjetos del lado en el que se encontraban las diatomeas y se puso una gota de resina para placas permanentes (Naphrax). Con el fin de evitar que se produzcan burbujas de aire se presionó el cubreobjetos con un palillo y se procedió a etiquetar cada placa para su observación en el microscopio (figura 15).

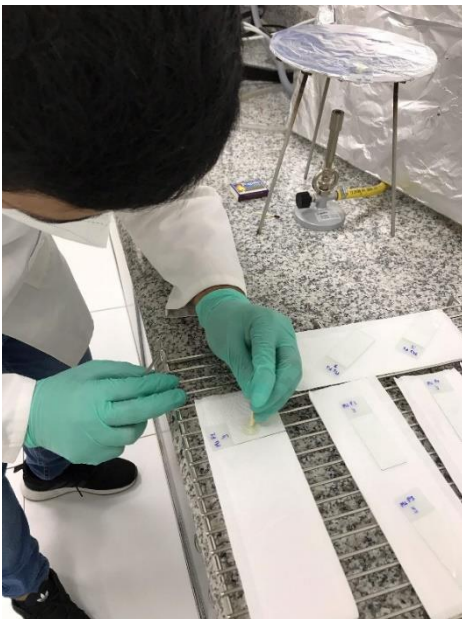


Figura 15: Montaje de placas

3.6.2 Microscopía óptica (MO) para la identificación de diatomeas.

Se utilizó el microscopio óptico Nikon Elipse E200 para la observación. Para una mayor precisión y detalle a la hora de identificar las diatomeas se usó el lente de objetivo 100x (Merchán y Sparer, 2015). Para el conteo se realizaron barridos por la parte superior del cubreobjetos en sentido vertical y horizontal, para que las muestras sean representativas debe existir un mínimo de 400 valvas en cada estación de muestreo (figura 16).

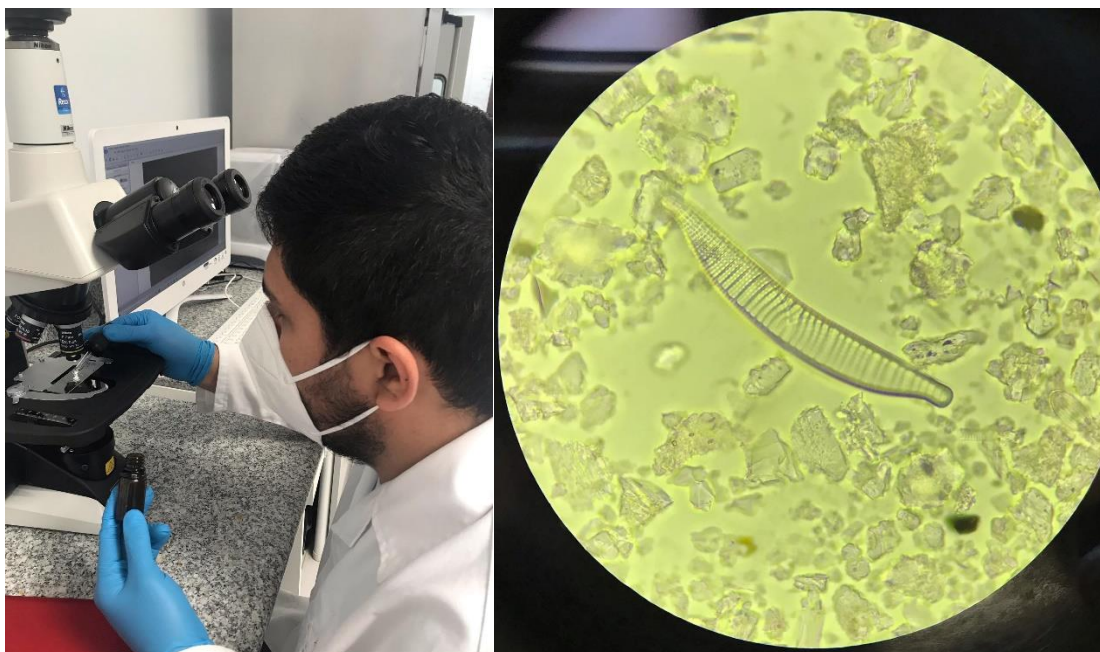


Figura 16: Observación en el microscopio

3.6.3 Identificación de muestras.

Se usaron referencias como: “Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero” (Blanco et al., 2010); “Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas de la reserva biológica de Limoncocha usando diatomeas como bioindicadores” (Sánchez, 2020) y “Uso de diatomeas epilíticas como bioindicadores de calidad de agua de la cuenca media-baja del río Yanuncay en época seca” (Ayala, 2021).

3.6.4 Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ) y microbiológicos de las aguas.

En el CITT se determinaron los análisis necesarios para asociar a los FQ con el grado de abundancia de las especies de diatomeas.

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5).

Se colocó un agitador magnético para crear un campo magnético rotatorio, luego se puso 420 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 tapó la botella con uno de los sensores

de presión, se activa el sensor y se indica los parámetros necesarios para la prueba, después se depositó 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.

Se realizó mediante espectroscopía. Se recolectó 100 ml de muestra en un recipiente de plástico o vidrio y se almacenó la muestra por más de 1 día, luego se conservó con 2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) en refrigeración a 4 °C y se observó la presencia de nitratos dentro de un lapso no mayor a 48 horas (APHA, 2012).

Fósforo total.

Se realizó por el método de Espectroscopía, se implementó una bolsa de polvo reactivo de fosfato PhosVer3 en la muestra de agua (APHA, 2013).

Coliformes fecales y totales.

Se utilizaron medios de cultivo líquidos para la siembra de bacterias. La siembra se realiza tomando la muestra con una aza de siembra previamente esterilizada. El lauril sulfato se usó para medir coliformes totales, se dejan las muestras en incubación a 36,5 °C durante 48 horas. Para medir coliformes fecales se utilizó el medio de cultivo E.C, se deja en incubación durante 24 horas a una temperatura de 44,5 °C (APHA, 2014).

Tabla 5: Límites máximos permisibles de los 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	NO ₃	mg/l	13
	Coliformes fecales	nmp/100 ml	-	200

Fuente: (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2015)

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Índices de biodiversidad.

Índice de Shannon.

Su fórmula es:

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

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

Tabla 6: Rangos de diversidad de Shannon

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

(Martella et al., 2012)

3.7.2 Índice diatomológico.

Determinadas la riqueza y abundancia de cada una de las especies se procede a calcular el índice diatomológico de Poluosensibilidad Específica (IPS) con el programa OMNIDIA.

El IPS se obtiene de la siguiente manera:

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

Donde:

$A =$ Abundancia relativa de cada especie.

$S =$ Valor de sensibilidad de la especie.

$V =$ Valor de tolerancia de la especie.

(Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013).

Tabla 7: Rangos del IPS que determinan 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).

Es un método parecido a la regresión lineal, se enfoca en establecer si los conjuntos son independientes uno del otro o por el contrario en que magnitud se relacionan estos conjuntos, con la posibilidad de que se obtengan varias funciones canónicas. Para ello se utiliza el software Past, que utiliza datos para realizar análisis de estadística (Badii et al., 2007).

3.7.4 Análisis clúster (AC)

Para realizar un AC se debe seleccionar las variables y luego se procede a elegir la medida de proximidad entre los grupos. Finalmente, se selecciona el criterio para agrupar a los individuos en clústeres. Mediante este análisis se logran obtener datos en forma de modelos estadísticos (De la Fuente, 2011).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de campo

4.1.1 Índice de calidad de ribera (QBR)

En la (figura 17) se observan los valores de QBR obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo del río Yanuncay, los cuales se clasificaron de acuerdo con los rangos de calidad detallados en la (tabla 3), los puntos 1, 3 y 5 son de mala calidad ya que se encuentran en el rango de 26-50, los puntos 2 y 4 son de calidad intermedia y presentan una alteración importante. Todos los puntos de muestreo presentan diferentes grados de alteración ya que se observó que existían peceras y otros tipos de infraestructura construidas en sus orillas, además de actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería.

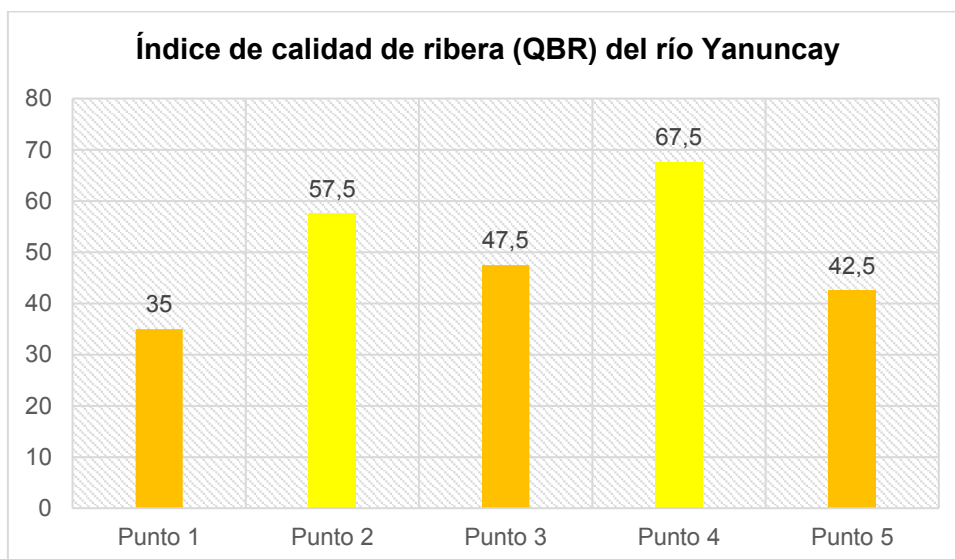


Figura 17: Valores de QBR obtenidos en cada punto muestreado.

Los resultados obtenidos sustentan el estudio realizado por (Ayala, 2021) en el río Yanuncay en la época seca ya que son similares a los de la época lluviosa en todos los puntos.

4.1.2 Índice de hábitat fluvial (IHF)

La calidad es regular en prácticamente todos los puntos de los tres meses ya que sus puntuaciones se encuentran en un rango de 53 a 72 y solamente el P1 de marzo obtuvo que la calidad es óptima. Pese a que se encontraron una cantidad considerable de diatomeas, la calidad del hábitat fluvial nos indica que las condiciones para que estas se desarrollen no son las mejores.

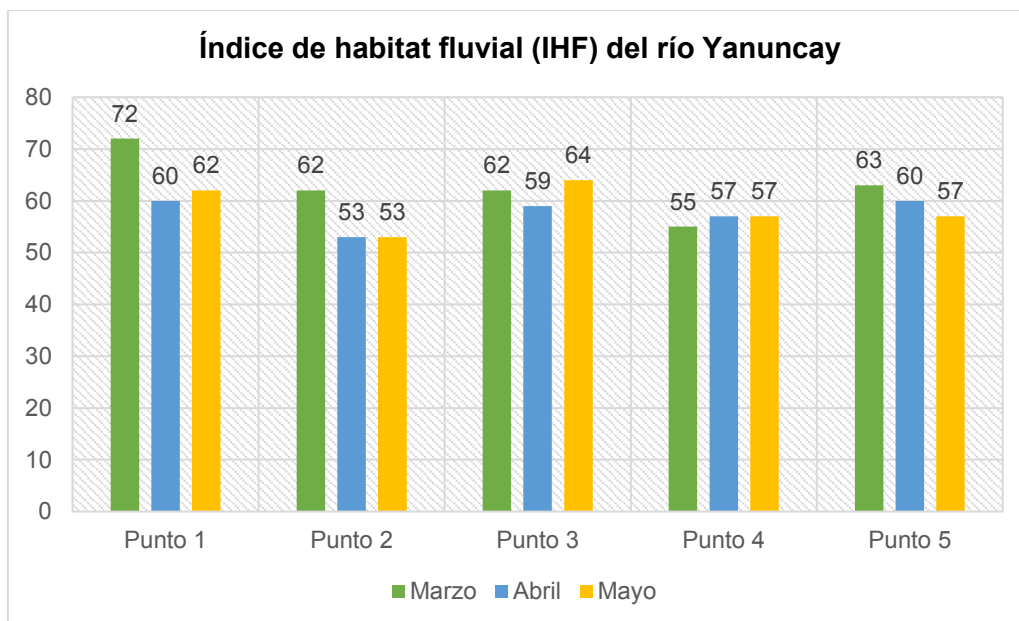


Figura 18: Valores de IHF obtenidos en cada punto muestreado

En relación a los resultados obtenidos por (Ayala, 2021) en la época seca se puede evidenciar una variación mínima con respecto a la época de lluvias, siendo de calidad regular en ambos estudios.

4.1.3 Parámetros físicos y químicos

- Temperatura

En la (figura 19) se observan los valores de temperatura medidos in situ, donde según el (TULSMA), la temperatura no debe ser superior a los 20 °C, todos los puntos muestreados en los tres meses se encuentran dentro del límite ya que sus valores están en un rango que va desde 9,5 °C hasta 14,3 °C, como se observa la temperatura aumenta desde el primer punto hasta el último ya que la altitud va disminuyendo, para los microorganismos temperaturas como las medidas en la zona de estudio son cercanas a las óptimas ya que la mayoría de especies crecen entre 15 °C y 20 °C.

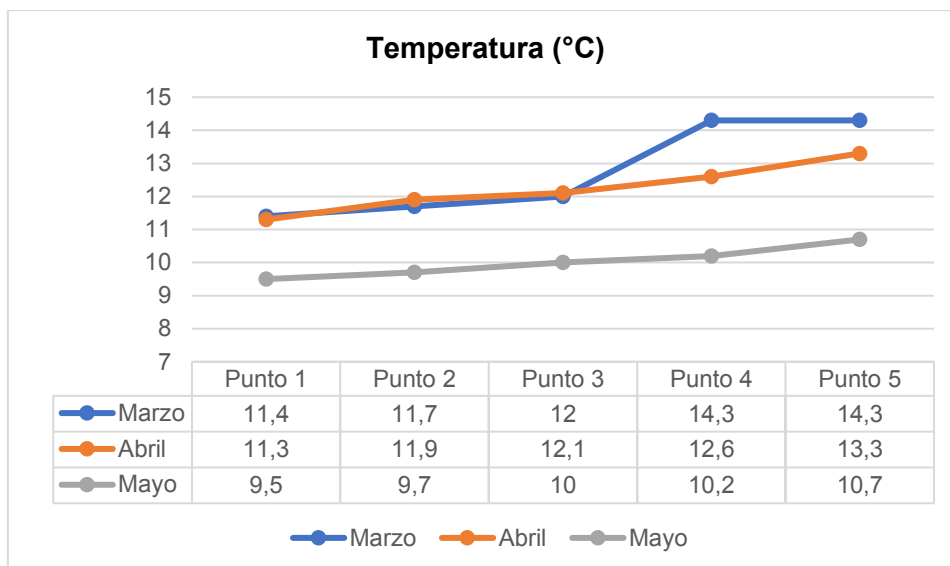


Figura 19: Valores de temperatura en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Las temperaturas del agua medidas en cada punto de los tres meses de monitoreo respaldan los datos recogidos por (Etapa, 2019) en el que en su base de datos para los meses de la época lluviosa el promedio de temperatura es de 12,7 °C.

Además, en el estudio realizado por (Cocha, 2009) en donde compara dos estaciones (invierno y verano) obtuvo valores de temperatura similares a las de este estudio, siendo 8,53 °C la más baja y 13,33 °C la máxima.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

En la (figura 20) se observan los valores obtenidos en los cinco puntos de cada uno de los meses muestreados, el mes de marzo tuvo mediciones que representan un pH ligeramente ácido en las cinco estaciones de muestreo con un rango que va de 6,57 mg/L hasta 6,93 mg/L, mientras que en los meses de abril y mayo los valores de pH obtenidos son de carácter alcalino ya que están por encima del valor neutro que es 7, el rango en estos meses fue de 7,52 mg/L hasta 8,05 mg/L. De acuerdo con el (TULSMA), todos los puntos muestreados en cada uno de los meses se encuentran dentro del límite máximo que es de 6, 5 – 9.

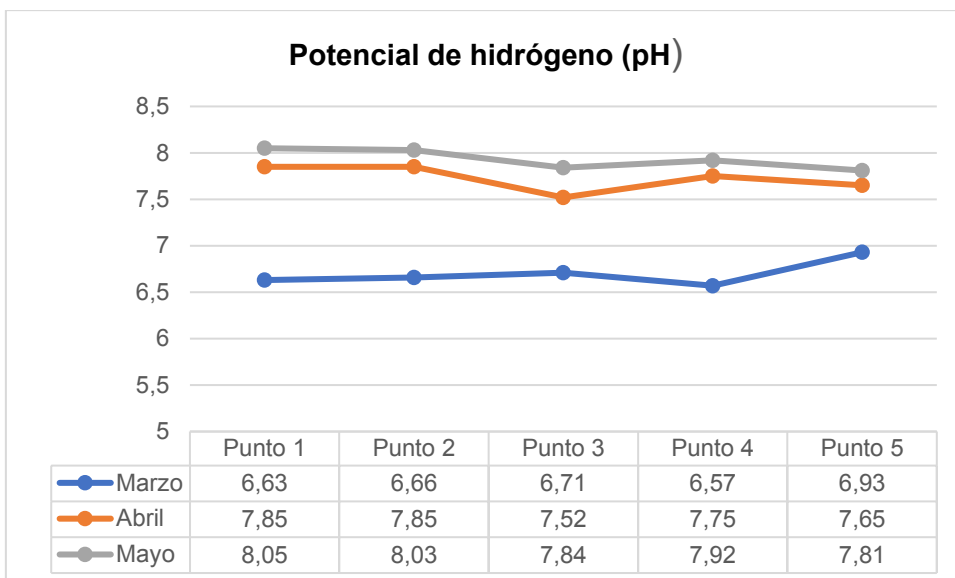


Figura 20: Valores de pH encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Claramente existe una diferencia entre la época seca realizada por (Ayala, 2021) en el que tiene mediciones de pH superiores a 7 e incluso en algunos puntos llegando a 9 lo que significa que son de pH alcalino.

Por otro lado, el registro de pH en la época lluviosa de (Etapa, 2019) es de 6,58 similar al punto 4 del mes de marzo y cercano al resto de mediciones en todos los puntos.

También, en el estudio realizado por (Cocha, 2009) obtuvo valores de pH superiores a 7,78 pero inferiores a 9 que es el límite máximo permitido.

Estos valores indican que el agua cumple con las condiciones para la vida ya sea de flora o fauna.

- Oxígeno disuelto

Para este parámetro se obtuvieron valores que se encuentran entre 6,8 mg/L y 8,03 mg/L, dentro de los límites establecidos por el (TULSMA), se establece que el oxígeno disuelto debe ser superior a 6 mg/L, teniendo como resultado el cumplimiento de la norma en cada uno de los monitoreos.

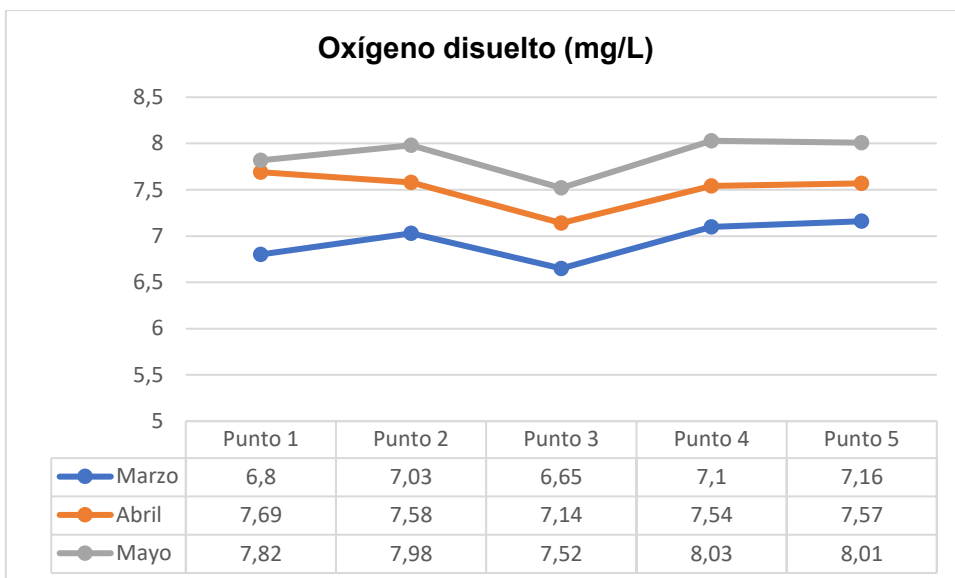


Figura 21: Valores de oxígeno disuelto encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Los resultados de oxígeno disuelto medidos en la época seca por (Ayala, 2021) son similares a los medidos en la época lluviosa y a los registrados por (Etapa, 2019) estando todos por encima del límite que indica que tiene que ser superior a 6 mg/L.

Como se observa el oxígeno disuelto es menor en el punto 3 de todos los meses monitoreados, esto sucede por el arrastre de materia orgánica de los puntos más altos, además de que en esa zona existen descargas de aguas producto del cultivo de truchas.

- **Conductividad**

Este parámetro fue aumentando según los meses de medición teniendo así un rango de 22 $\mu\text{S/cm}$ a 44 $\mu\text{S/cm}$ en marzo, para abril el rango de valores incrementó y fue de 35 $\mu\text{S/cm}$ a 49 $\mu\text{S/cm}$ y finalmente, el mes de mayo tuvo un rango de valoración de 52 $\mu\text{S/cm}$ a 67 $\mu\text{S/cm}$.

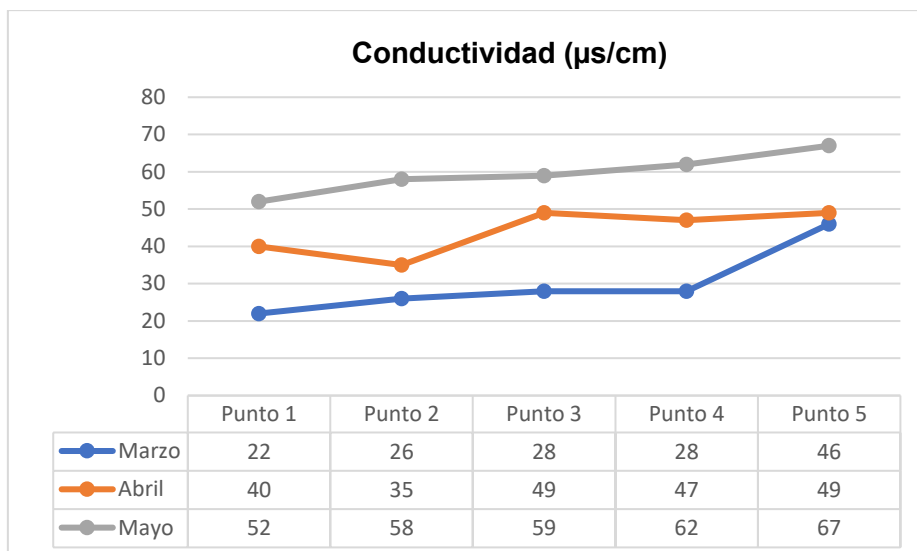


Figura 22: Valores de conductividad encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Estos registros de conductividad difieren respecto a los medidos por (Ayala, 2021) en la época seca ya que alcanzó valores de hasta $200 \mu\text{s}/\text{cm}$, pero sustentan a los registrados por (ETAPA, 2019) en la época lluviosa que en promedio tienen una medición de $34,3 \mu\text{s}/\text{cm}$. Al haberse realizado el estudio en la época lluviosa, existe una mayor mezcla de las corrientes de agua lo que provoca el aumento de la conductividad (Gil et al., 2018).

En general los parámetros medidos en los cinco puntos de muestreo determinan que la calidad de agua del río Yanuncay es buena ya que están dentro de los límites del (TULSMA), además de que los ríos altoandinos de nuestra región poseen una gran capacidad de auto regeneración. La disminución de caudales provoca la concentración de contaminantes que pueden llegar a comprometer seriamente la calidad de un cuerpo de agua (Flachier, 2016), al ser época de lluvias la calidad mejora considerablemente por que los contaminantes son arrastrados aguas abajo.

4.2 Resultados de laboratorio

4.2.1 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

Se encontraron valores que van desde $0,2 \text{ mg}/\text{L}$ hasta $13 \text{ mg}/\text{L}$, los mismos que están dentro de los límites del (TULSMA) que es de $20 \text{ mg}/\text{L}$. En el punto 4 del mes de abril se encontró ausencia de DBO por lo que el valor representa $0 \text{ mg}/\text{L}$. El valor más alto se obtuvo en el punto 2 del mes de marzo y el más bajo en el punto 2 del mes de mayo.

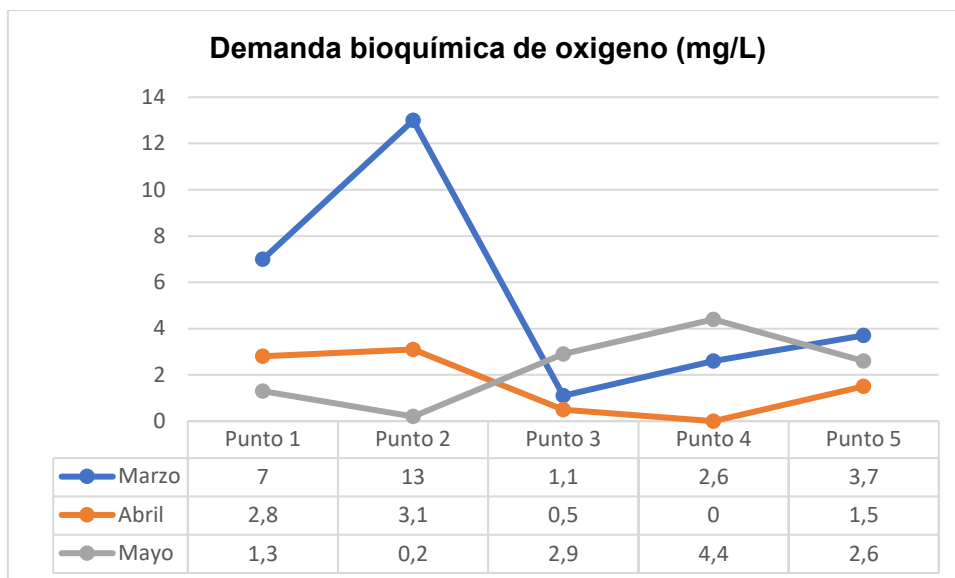


Figura 23: Valores de DBO₅ encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

En el estudio realizado por (Ayala, 2021) en el río Yanuncay en la época seca obtuvo que todas sus mediciones cumplen con los límites del (TULSMA), al igual que el estudio realizado por (Cocha, 2009) en la subcuenca del río Yanuncay.

Este es un buen indicio de que la calidad agua es buena ya que al ser más baja la presencia de materia orgánica parámetros como la turbidez disminuyen y aumenta la presencia de oxígeno, provocando que la calidad del sistema hídrico mejore y las especies que habiten en él encuentren un lugar apto para su desarrollo.

- Nitratos

El límite máximo permisible del (TULSMA) para el nitrato es de 13 mg/L. Todos los valores de este parámetro están dentro del límite, la medición más alta se registró en el punto 5 y 1 del mes de marzo y mayo respectivamente que es de 8,7 mg/L, mientras que, el valor más bajo se registró en el punto 3 del mes de abril con 0,45 mg/L.

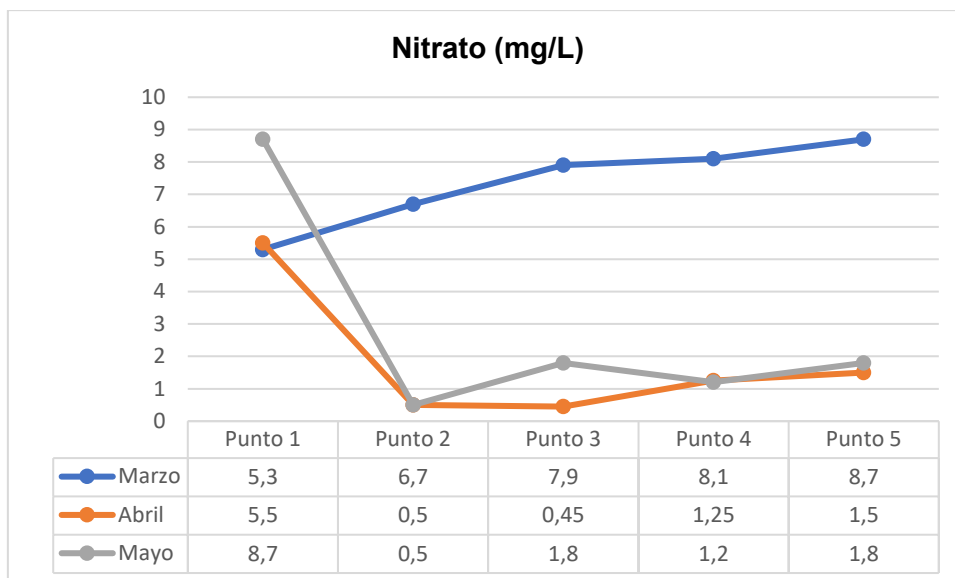


Figura 24: Valores de nitrato encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Los resultados de nitratos registrados en la época lluviosa en el río Yanuncay sustentan el estudio realizado por (Ayala, 2021) en la época seca ya que sus valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, aunque existen diferencias significativas entre las dos épocas. Esto es producto de la contaminación por materia orgánica ya que en la época de lluvias existe escorrentía que arrastra la materia al río.

- **Fósforo total**

Este parámetro carece de un límite máximo permisible en el Ecuador por lo cual, la determinación de sus valores va en referencia al grado de perturbación que presenta el área de estudio, el río Yanuncay a pesar de ser una zona que a lo largo de su cuenca presenta actividades antrópicas no ha sufrido consecuencias graves de contaminación por lo que, se puede considerar que los valores medidos son relativamente bajos. Por otro lado, analizando los límites establecidos en México por la (CONAGUA, 1997) los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro del límite ya que dicha norma establece que para la preservación de la vida acuática en los ríos el límite máximo es de 5 mg/L.

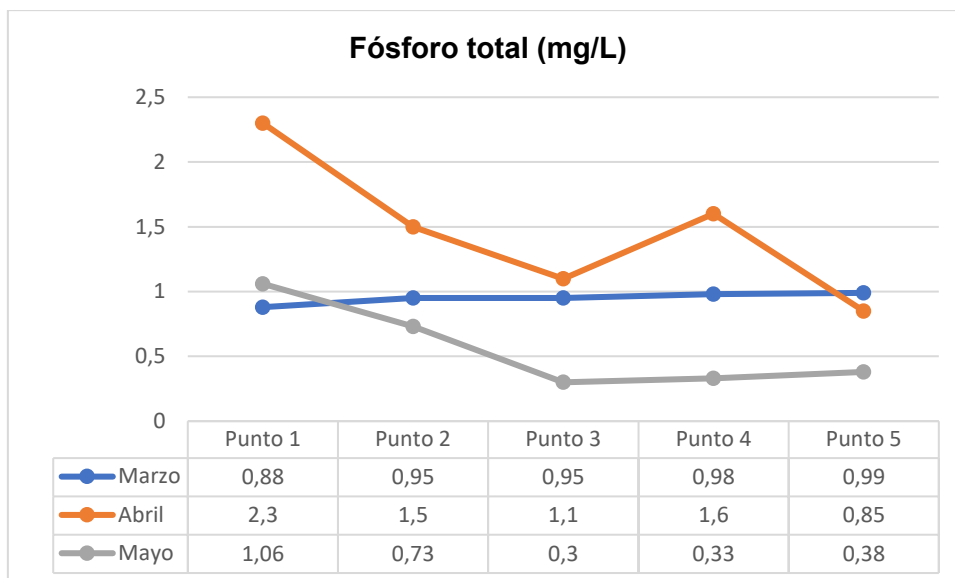


Figura 25: Valores de fósforo total encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

Los resultados obtenidos varían respecto al estudio realizado por (Ayala, 2021) en el río Yanuncay en la época seca ya que sus valores se encuentran en un rango de 0,02 mg/L hasta 0,1 mg/L, mientras que en la época lluviosa se encuentran en un rango de 0,3 mg/L hasta 2,3 mg/L.

Además, en el estudio realizado por (Cocha, 2009) en el mismo río, se obtuvieron valores inferiores en todos los puntos monitoreados. La presencia de este contaminante se debe al uso de pesticidas y a la contaminación por materia orgánica.

- **Coliformes totales**

En la época de invierno del río Yanuncay los valores más altos de coliformes totales se encontraron en el mes de marzo y los más bajos en el mes de mayo. Los registros del mes de marzo oscilan en un rango de 15 NMP/100 ml a 32 NMP/100 ml, mientras que los del mes de abril van de 14 NMP/100 ml a 27 NMP/100 ml y los del mes de mayo están dentro de un rango que va desde los 8,3 NMP/100 ml hasta los 17 NMP/100 ml.

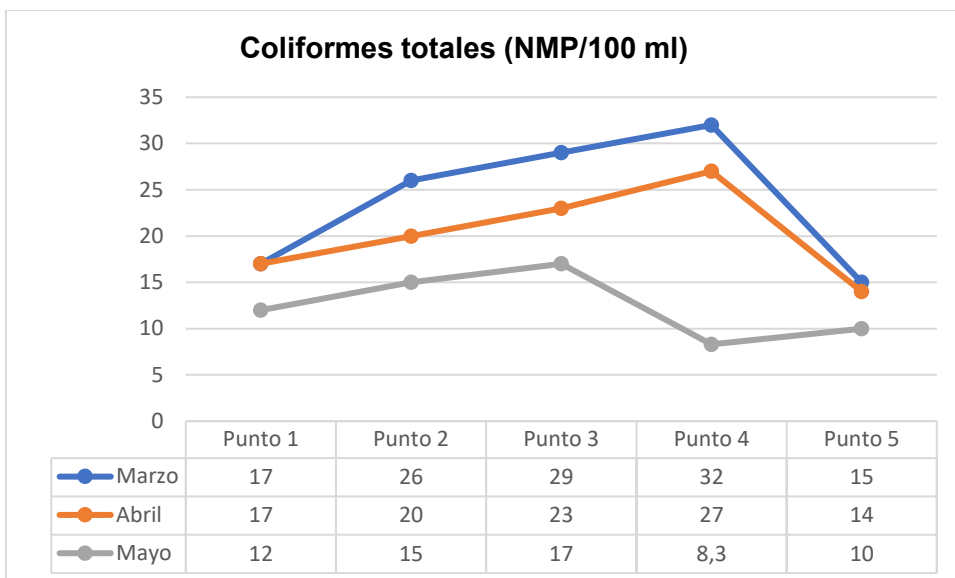


Figura 26: Valores de coliformes totales encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

- Coliformes fecales

Los resultados de coliformes fecales en la época lluviosa del río Yanuncay son bajos y se encuentran dentro de los límites del (TULSMA), que es de 200 NMP/100 ml. A pesar de que en la zona estudiada se puede evidenciar actividades de ganadería y pesca los registros de coliformes son bajos, esto se debe a que los ríos altoandinos se regeneran velozmente y también a que las lluvias provocan caudales altos en los ríos arrastrando los contaminantes aguas abajo. El valor más alto de coliformes fecales en el río Yanuncay fue de 19 NMP/100 ml en el punto 4 del mes de abril y el más bajo se registró en el punto 4 del mes de mayo con un valor de 5,6 NMP/100 ml.

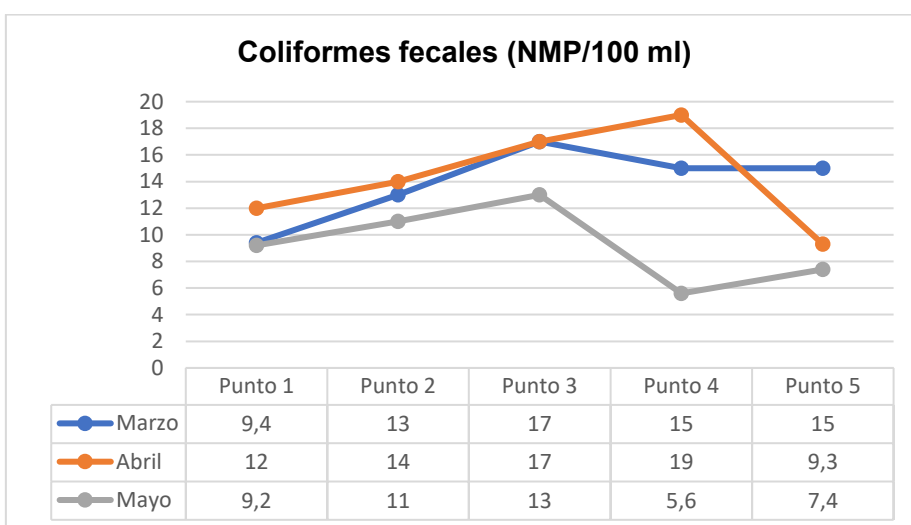


Figura 27: Valores de coliformes fecales encontrados en los cinco puntos de muestreo del río Yanuncay en la época lluviosa

En el estudio realizado por (Ayala, 2021) en la época seca se encontraron resultados completamente distintos ya que, en todos los puntos los valores de coliformes fueron altos e incluso sobrepasaron los límites establecidos en el (TULSMA) en los cinco puntos de muestreo del mes de agosto.

En otro estudio realizado por (Cocha, 2009) en el río Yanuncay, encontró valores bajos en los puntos de la parte alta de monitoreo, mientras que en la zona baja los resultados sobrepasaron el límite máximo permitido del (TULSMA).

4.1 Caracterización taxonómica de diatomeas epilíticas

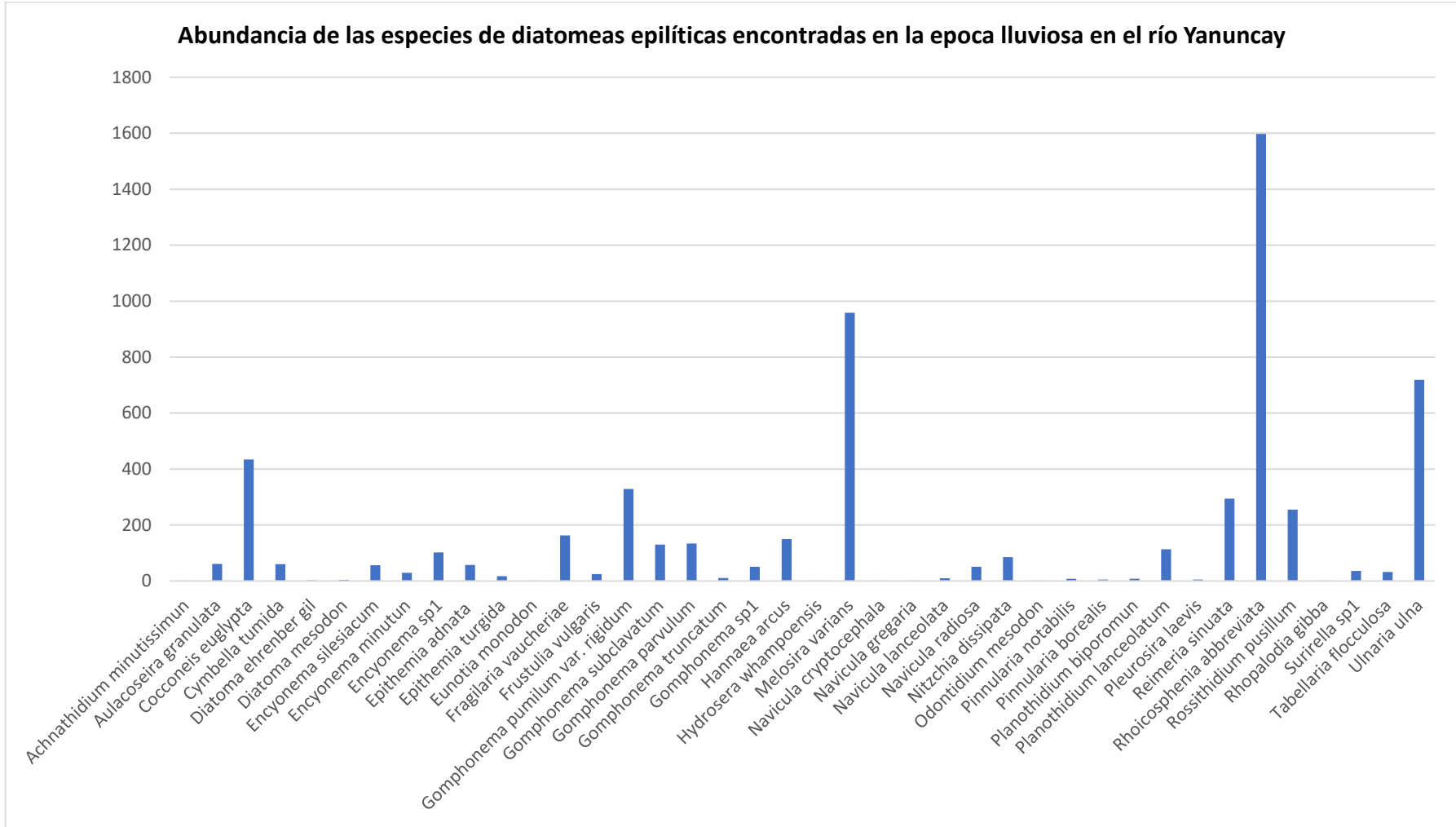


Figura 28: Especies encontradas en la época lluviosa del río Yanuncay

Las muestras recolectadas en la microcuenca del río Yanuncay en la época lluviosa indicaron como se observa en la (figura 28) que se encontró un total de 40 especies de diatomeas epilíticas de las cuales las de mayor presencia o dominancia fueron la *Rhoicosphenia abbreviata*, *Melosira varians*, *Ulnaria ulna* y *Cocconeis euglypta* con 1598, 959, 719 y 434 individuos respectivamente, mientras que las especies menos abundantes fueron la *Achnathidium minutissimum*, *Eunotia monodon*, *Hydrosera whampoensis*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula gregaria*, *Odontidium mesodon* y *Rhopalodia gibba*, con 1 individuo cada una. Todas las especies de diatomeas encontradas son importantes debido a que son indicadoras de la calidad de la zona muestreada en la que según estudios recogen información durante todo el mes de vida que tienen los individuos. Las especies dominantes en este estudio tienen un valor bajo de tolerancia a los contaminantes y son muy sensibles a los cambios en el medio, son indicadoras de buena calidad del río.

El estudio realizado en la época lluviosa se diferencia al realizado por (Ayala, 2021) en la época seca ya que se encontraron 14 especies nuevas, además en su estudio las especies más abundantes fueron la *Melosira varians*, *Gomphonema subclavatum*, *Encyonema minutum* y *Gomphonema parvulum* con 277, 213, 205 y 182 individuos respectivamente. Dos de estas especies son tolerantes a los contaminantes y poco sensibles a los cambios lo que explica la baja calidad del agua en la época seca.

4.2 Índice de Shannon

En la (figura 29) se observa la diversidad de especies según el índice de Shannon en cada uno de los puntos monitoreados en la época lluviosa.

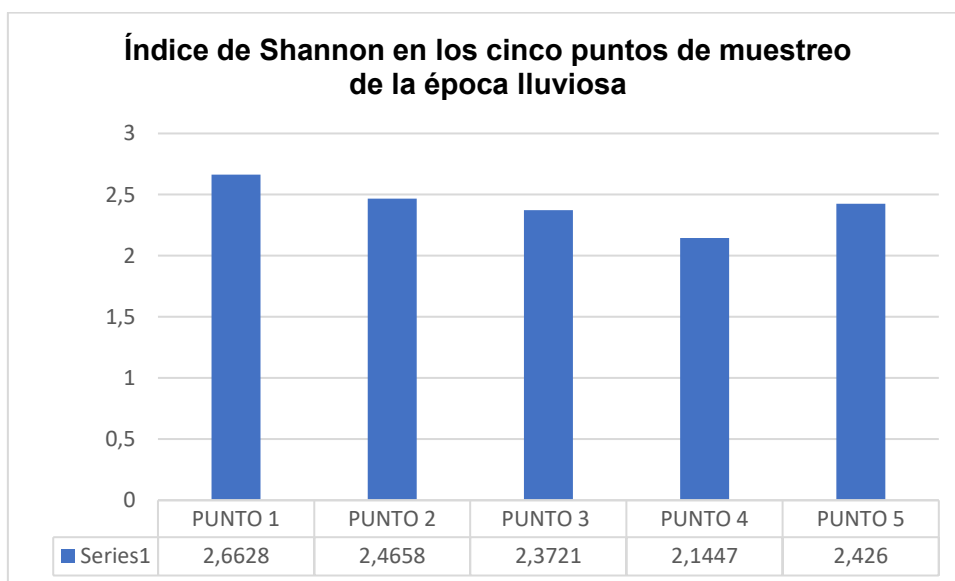


Figura 29: Índice de Shannon de todos los puntos de monitoreo del río Yanuncay

Los valores de Shannon calculados indican una diversidad media (tabla 6) en todos los cinco puntos analizados, mientras mejor es la calidad del agua mayor número de especies de diatomeas se van a encontrar ya que al haber una mayor presencia de oxígeno facilita la supervivencia y desarrollo de la vida acuática.

4.3 Análisis de datos

4.3.1 Índice de polusensibilidad específica (IPS)

Los valores presentados en la siguiente figura corresponden al IPS de cada punto monitoreado en la zona media y baja del río Yanuncay, los mismos que indican según los rangos de calidad (tabla 7) que las aguas del río son de calidad buena ya que están dentro del rango de valoración de 13 a 16,9 en todos los puntos monitoreados siendo el punto 2 el de mejor calidad con un valor IPS de 15,9 mientras que el más bajo es el punto 1 con un IPS de 14,93.

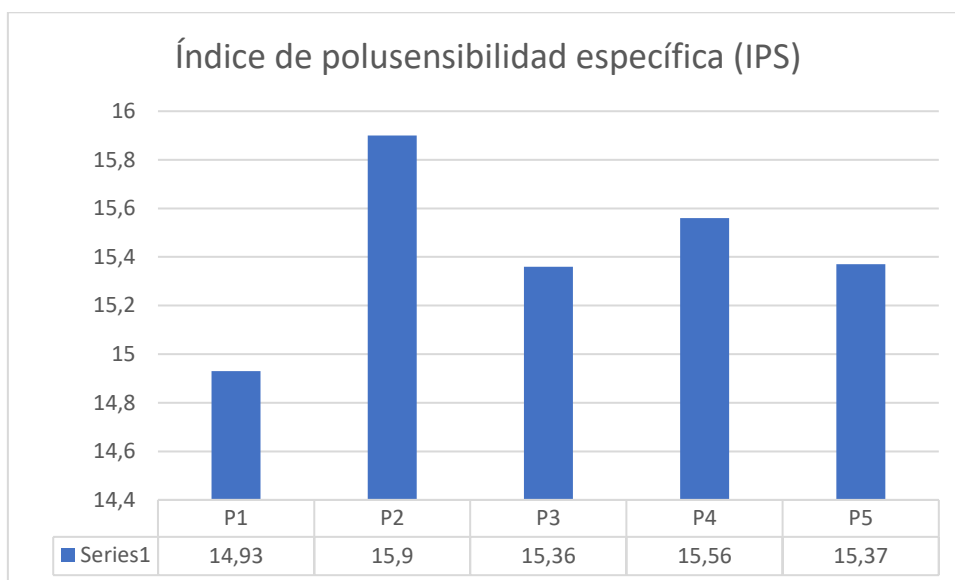


Figura 30: Calidad de agua en los cinco puntos de monitoreo según el IPS

Si bien es cierto por lo general los puntos ubicados en las zonas más altas suelen ser los de mejor calidad, se pudo constatar que en el punto 1 se construyó una pecera cercana a las orillas, la misma que desemboca directamente en las aguas del río Yanuncay provocando alteraciones en la calidad en este punto (Anexo 13) (figura 38).

Como se evidencia la calidad de agua del río Yanuncay según el IPS en la época lluviosa fue buena, sin embargo en la época seca en el estudio realizado por (Ayala, 2021) los resultados de calidad de agua con el IPS fueron de moderado en el punto 2 con un valor de 9 y mala en los puntos 1, 3, 4 y 5 con valores que van desde 3,8 hasta 5,12.

4.3.2 Análisis clúster

Este análisis se realizó con el fin de establecer la homogeneidad entre los puntos de muestreo de la época de lluvias, mientras los valores estén más cercanos a 1 significa que existen más especies comunes entre un punto y otro, pero si los valores están más cerca del 0 quiere decir que no existen muchas especies semejantes. Como se puede observar los puntos de monitoreo más similares fueron el punto 4 y 5 con un gran número de especies iguales, similar a la agrupación de los puntos 2 y 1, mientras que el punto 3 fue el que menos especies similares tiene respecto a los demás puntos.

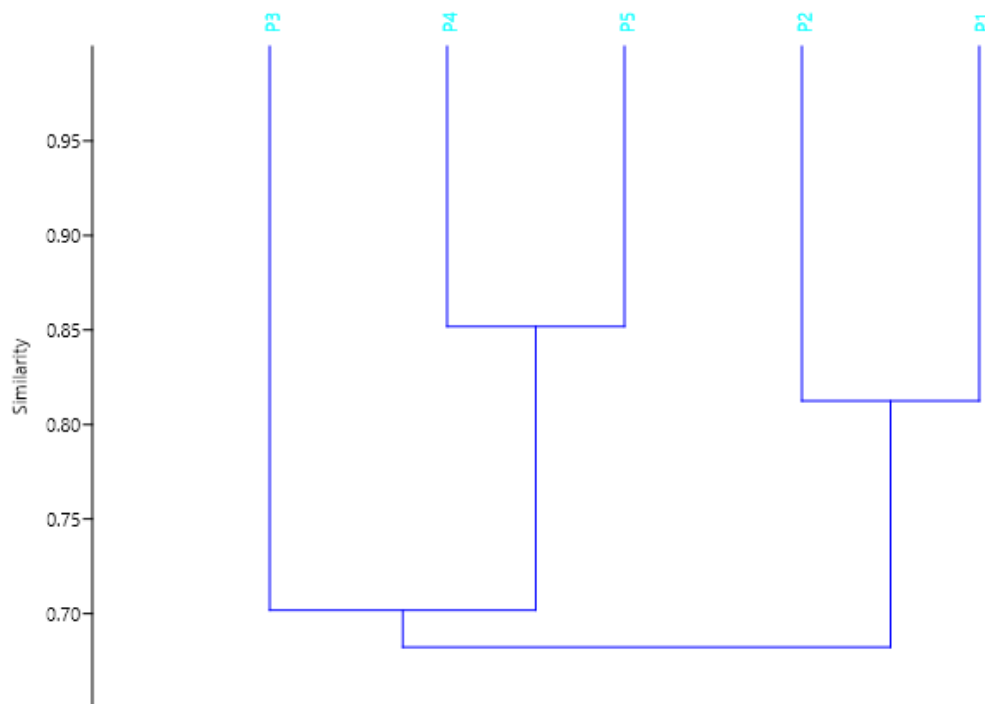


Figura 31: Ausencia o presencia de especies en los cinco puntos de muestreo

En la época seca en el estudio realizado por (Ayala, 2021) se encontraron diferentes similitudes ya que en su análisis la única agrupación clúster fueron el punto 3 y 4, mientras que los puntos 1,2 y 5 no presentaron mayor semejanza entre sí.

4.3.3 Análisis de correspondencia canónica (ACC)

El análisis de correspondencia canónico muestra los parámetros bióticos que más inciden en la presencia de una especie de diatomea. Para que este análisis sea representativo se requiere un 40% de variabilidad, en este estudio el eje 1 tiene un 42,23% y el eje 2 un 18,24% dando un total de 60,47% lo que significa que es un buen ACC. Para ello se utiliza la abundancia relativa de cada especie y se eliminan las inferiores al 5% ya que pueden provocar errores a la hora de relacionar los parámetros y las especies (Blanco et al., 2014).

Como se observa en la (figura 32) el fósforo total influye en la presencia de la especie PTLA (*Planothidium lanceolatum*), esta especie se encuentra en aguas con contaminación moderada lo que explica los valores obtenidos de fósforo ya que se encuentran dentro del límite que en normas internacionales es de 5 mg/L.

Por otra parte, el oxígeno disuelto y el fósforo total influyen sobre las especies GPRI (*Gomphonema pumilum var. rigidum*), FVAU (*Fragilaria vaucheriae*), RGIB (*Rhopalodia gibba*) y RSIN (*Reimeria sinuata*), estas especies son de aguas con contaminación moderada, razón por la cual el oxígeno disuelto al igual que el fósforo se encuentran dentro del límite, además estas especies de diatomeas se encuentran en tierras más bajas por lo que son más abundantes en el punto 5 de todos los meses, como se observa en el (Anexo 5).

Los nitratos influyen sobre la especie UULN (*Ulnaria ulna*), la conductividad influye sobre las especies RABB (*Rhoicosphenia abbreviata*) y GSCL (*Gomphonema subclavatum*), que se caracterizan por encontrarse en aguas con contaminación leve, a pesar de que según el índice de polusensibilidad las aguas del río Yanuncay son de buena calidad, la presencia de estas especies son un indicador de que puede haber un indicio de contaminación, además si bien es cierto que los valores de nitratos y conductividad se encuentran todos dentro del límite del TULSMA, existen mediciones ligeramente altas indicando que estos parámetros están presentes aunque en concentraciones no muy elevadas.

Las coliformes fecales y la temperatura influyen en la especie CEUG (*Cocconeis euglypta*) y la DBO₅ influye en la especie MVAR (*Melosira varians*), estas especies generalmente son muy abundantes y prefieren zonas más bajas y sombreadas, también son indicadoras de contaminación moderada de las aguas, lo que justifica que los parámetros ambientales que influyen sobre estas especies se encuentren dentro de los límites establecidos por el TULSMA.

Finalmente, las especies FVUL (*Frustulia vulgaris*), HARC (*Hannaea arcus*), GTRU (*Gomphonema truncatum*) y GPAR (*Gomphonema parvulum*) no son influenciadas por ningún parámetro analizado en este estudio, pero pueden estar siendo afectadas por otros parámetros ambientales.

Los resultados obtenidos en la época de lluvias se diferencian en gran medida a los de la época seca realizados por (Ayala, 2021) debido a que al ser dos estaciones totalmente diferentes que influyen en todos los parámetros analizados la cantidad y tipo de especies que habitan en cada punto de monitoreo son diferentes.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Siguiendo el protocolo de QBR se determinó que los puntos 1, 3 y 5 son de mala calidad mientras que los puntos 2 y 4 son de calidad intermedia y presentan una alteración importante. Para el IHF se obtuvo que la calidad es regular en prácticamente todos los puntos de los tres meses y solamente en el punto 1 del mes de marzo la calidad es óptima. Pese a que en la zona de estudio si se encontraron una cantidad considerable de diatomeas, la calidad del hábitat fluvial indica que las condiciones para que estas se desarrollen no son las mejores.
- Los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos revelan que la calidad del agua en la zona de estudio del río Yanuncay en época seca es buena encontrándose dentro de los límites máximos permisibles.
- La riqueza de especies de diatomeas epilíticas fue mayor en relación con la época seca, encontrándose un total de 40 familias y 6000 individuos, sobresalen cuatro especies a las que se les denomina indicadoras de calidad.
- Al término del análisis tanto de los parámetros ambientales como el de los índices de calidad se encontró el mismo resultado con respecto a la calidad de agua del río Yanuncay en la época de lluvias, demostrándose que a pesar de las actividades antrópicas en las zonas aledañas a las orillas del cauce las aguas siguen siendo de buena calidad.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Continuar con la realización de estudios de calidad de agua mediante diatomeas epilíticas en los ríos de la región austral y a nivel nacional para así, aumentar la base de datos del Índice Biológico de Calidad de Agua para el Ecuador.
- Sembrar árboles nativos para aumentar la compactación del suelo en las orillas del río y evitar la erosión y la pérdida de suelo por degradación.
- Impedir la construcción de infraestructura para actividades antrópicas como el turismo ya que están afectando a la flora de las riberas del río.
- Realizar la caracterización de diatomeas epilíticas de la mayoría de los meses posibles para determinar la cantidad exacta de especies que existan en el río Yanuncay y observar si son indicadoras de calidad buena o mala y así evitar problemas de contaminación a futuro.
- Hacer cumplir las ordenanzas municipales para que la ganadería y la pesca deportiva no lleguen a ser un problema grave de contaminación ya que, en la actualidad ya se observan estas actividades en algunas partes de las orillas de la microcuenca del río Yanuncay.

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, Raúl, Ríos, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2009). 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.
- Alvarado, D. y Cárdenas, C. (2015). *Sistematización de la Información de las Plantas de Depuración de Aguas Residuales del Sector Rural del Cantón Cuenca - Azuay*.
- 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 RIO "GUANO", PROVINCIA DE CHIMBORAZO. 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](https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones/jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf)<https://www>
- Aurazo de Zumaeta, 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 SECA". <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Aznar Jimenez, A. (2008). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. (Vol. 2, Número 23).

- Badii, M. H., Castillo, J., Cortez, K., Wong, A. y Villalpando, P. (2007). Analisis de correlacion canonica (ACC) e investigacion cientifica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de Negocios*, 4(8), 405-422. http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/4.2/A9.pdf
- Bateman, A. (2011). Hidrología básica y aplicada. *Brazilian Journal of Biology*, 71(1), 241-253. <https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>
- Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C. y Arroyo, P. (2010). *Guía de las diatomeas de la cuenca del Duero*.
- Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Álvarez-Blanco, I., van Donk, E., Gross, E. M., Hansson, L. A., Irvine, K., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Moss, B., Nöges, T. y Bécares, E. (2014). Epiphytic diatoms along environmental gradients in Western European shallow lakes. *Clean - Soil, Air, Water*, 42(3), 229-235. <https://doi.org/10.1002/clen.201200630>
- Bojorge, M. y Cantoral, E. (2016). La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiologica*, 26(1), 1-8.
- Caicedo-Perlaza, L., Valverde-Medina, L. y Lima-Cazorla, L. (2017). Evaluación de impactos ambientales por acción antrópica en la cuenca del río Súa. *Dominio de las Ciencias*, 3(3), 689-713. <https://doi.org/10.23857/dc.v3i3>
- Calvo-Flores, F. G. (2015). *Contaminación del agua*. IV, 1-86.
- Cambra, J., Ector, L. y Sabater, S. (2005). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos. *Confederación Hidrográfica del Ebro*, 235. https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. En *Ciencias* (Vol. 72).
- Chang, J. (2002). Calidad de Agua. En *Acuicultura en Sistemas de Recirculación*. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad de Agua Unidad 1%2C2%2C3.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%202%203.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". En *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad* (Vol. 1).

- <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.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).
- Cocha, J. (2009). Estado Actual De La Calidad Físico-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>
- CONAGUA, 65 (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DECONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.
- De la Fuente, S. (2011). *ANÁLISIS CONGLOMERADOS*. http://www.estadistica.net/Master-Econometria/Analisis_Cluster.pdf
- ETAPA EP. (2019). Monitoreo eco-hidrológico de Cuenca. <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/>
- Farfán, G. (2016). *Las Diatomeas del perifiton de la cuenca del Guadalquivir y sus implicaciones en el diagnóstico de la calidad del agua*.
- Flachier, A. (2016). *Análisis de metodologías para el estudio de Caudales Ecológicos. Casos de estudio en ríos altoandinos ecuatorianos* (Vol. 147).
- 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" [Universidad Técnica De Cotopaxi]. En *Universidad Técnica De Cotopaxi* (Vol. 1). <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Galvín, R. (2008). Características Físicas, Químicas Y Biológicas De Las Aguas. En *Emacsa* (Vol. 1, Número c).
- Gil, J. A., Vizacino, C. y Montaña, N. J. (2018). Evaluación De La Calidad Del Agua

- Superficial. *Anales científicos UNALM*, 79(1), 111-119.
- GIRH. (2005). Planes De Gestión Integrada Del Recurso Hídrico. En *Planes GIRH*.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. y López-Ríos, G. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XII(1).
- Hahn, C., Toro, D., Grajales, A., Duque, G. y Serna, L. (2009). *Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, colombia* *. 13(2), 89-105.
- INEN, Instituto Ecuatoriano De Normalización 26 (2013). <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>
- Lobo, E., Heinrich, C., Schuch, M., Dupont, A., Da Costa, A., Wetzel, C. y Ector, L. (2016). *ÍNDICE TRÓFICO DE CALIDAD DA ÁGUA*. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Lobo, E., Wetzel, C., Ector, L., Katoh, K., Blanco, S. y Mayama, S. (2010). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. *Limnetica*, 29(2), 323-340.
- Longobardi, A., Villani, P., Grayson, R. B. y Western, A. W. (2003). On the relationship between runoff coefficient and catchment initial conditions. *Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*, 2(1), 1-6.
- López-Fuerte, F. O. y Altamirano-Cerecedo, M. C. (2011). *Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur*.
- 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. En *Reduca* (Vol. 5, Número 1).
- Mengo, L. V. (2017). Composición taxonómica y riqueza de diatomeas en el Río Suquía, Córdoba (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(2), 55-62. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/16626>
- Merchán, D. y Sparer, P. (2015). *Variación temporal de fitoplancton de seis lagunas altoandinas en relación a las características fisico-químicas del medio* (Número October 2015). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27089.94566>
- 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” [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. 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](https://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones_jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf) <https://ww>

Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, (2013). Protocolo del cálculo del índice de Polusensibilidad específica (IPS).

Mixquititla, G. y Villegas, Ó. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(3), 55-61.

Morales, K. (2021). *Uso de diatomeas como bioindicadoras de calidad de agua en la zona ganadera del río Tarquí*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>

Ordóñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico. En *Sociedad Geológica de Lima* (Vol. 1). http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf

Ortiz, M. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE DIATOMEAS COMO HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TEAONE* (Vol. 2015). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE EN ESMERALDAS ESCUELA.

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, L., Toro, M. y Vidal-Abarca, R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4), 115-133.

Paredes, J., Olazábal, S., Allard, J. y Valle, M. (2017). *Sistemas fluviales efímeros e inundaciones repentinas en Comodoro Rivadavia causas, procesos y mitigaciones*. (Número June). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20459.34081>

Ramallo, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*.

Rodríguez, S., San José, A. y Arribas, J. (2014). *Aportaciones a la caracterización limnológica de algunas lagunas 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

Sardi, C. (2018). LA DIVERSIDAD DE ALGAS DIATOMEAS COMO HERRAMIENTAS DE MONITOREO PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS, EN LOS PÁRAMOS DEL MACIZO DEL CAJAS [UNIVERSIDAD DEL AZUAY]. En *Universidad del Azuay* (Vol. 15, 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_

Tenjo, A. y Cárdenas, E. (2015). Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos. *Biodiversidad Colombia*, N-6(June), 39-48. <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/bi/article/download/3550/2826>

TULSMA, (Texto unificado de legislación secundaria de Medio Ambiente). (2015). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. In *Anexo, Libro VI*

Tuesca, R., Ávila, H., Sisa, A. y Pardo, D. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano: Análisis de tendencia de variables para consolidar mapas de riesgo - El caso de los municipios ribereños del departamento del Atlántico*. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>

Urrea, G. y Sabater, S. (2009). Epilithic diatom assemblages and their relationship to environmental characteristics in an agricultural watershed (Gadiana River, SW Spain). *Ecological Indicators*, 9(4), 693-703. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.09.002>

Vásquez Silva, G., Castro Mejía, G., Gonzáles Mora, I., Pérez Rodríguez, R. y Castro Barrera, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *ContactoS*, 60, 41-48. <http://www.izt.uam.mx/contactos/n60ne/Bio-agua.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Tabla 3. de los 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		mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	Cd	mg/l			
Zinc	CN ⁻		0,01	0,01	0,01

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
Cloro residual	Zn	mg/l			0,17
	Cl	mg/l	0,18	0,18	0,01
Estaño	Sn	mg/l	0,01	0,01	2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Fenoles monohídricos					
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
	Hierro	mg/l	0,3	0,3	0,3
	Fe				
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
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de	µg/l	10,0	10,0	10,0

PARÁMETROS	EXPRESADOS COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
Plaguicidas organoclorados totales	organoclorados totales				
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
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 ⁽³⁾		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 monohídricos	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
Niquel	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 Suspendedos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condicion natural	-

Fuente: (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2015)

Anexo 3: Hoja de campo QBR

P1-Mar-Yonun

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

APARTADOS	PUNTAJÓN	
	Orilla Izq.	Orilla Der.
1. Grado de cubierta de la zona de ribera		
> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral arbustivo)	12.5	12.5
50-80 % de cubierta vegetal de la ribera	5	5
10-50 % de cubierta vegetal de la ribera	2.5	2.5
< 10 % de cubierta vegetal de la ribera	0	0
La conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total	5	5
La conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%	2.5	2.5
La conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre 25-50%	-2.5	-2.5
La conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25%	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		18
2. Calidad de la cubierta		
Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral arbustivo, almohadillas)	12.5	12.5
Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidos (luchemilla, Paspalum, Rumex, Cotula australis)	5	5
Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas	2.5	2.5
Ribera con > 80% de la cobertura con especies introducidas	0	0
Evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%	-2.5	-2.5
Evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%	-5	-5
Presencia de cultivos, pastizales o actividad ganadera	-5	-5
Evidencia de derrumbes (erosión) en el talud de la orilla	-2.5	-2.5
Presencia de construcciones (p. ej. casas, industrias)	-5	-5
Presencia de senderos o caminos	-2.5	-2.5
Presencia de vías asfaltadas	-5	-5
Presencia de otras actividades que modifiquen las riberas (p. ej. dragados, minería informal)	-5	-5
SUBTOTAL		
TOTAL (Sumar ambas orillas)		18
3. Grado de naturalidad del canal fluvial		
El canal del río no ha estado modificado		25
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal		10
Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río		5
Presencia de alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río		-15
Presencia de alguna estructura sólida dentro del lecho del río (p. ej. columnas de puentes)		-10
Presencia de pequeños vertidos		-5
Presencia de grandes vertidos		-15
Presencia de pequeñas derivaciones del flujo normal del agua		-5
Presencia de grandes derivaciones del flujo normal del agua		-15
Presencia de basuras de forma puntual pero abundantes		-5
Presencia de un basurero permanente en el tramo estudiado		-10
Presencia de lavanderías informales de ropa		-5
TOTAL		-
PUNTAJÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)		36
TOTAL		
PUNTAJÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)		

Fuente: (Acosta et al., 2014)

Anexo 4: Hoja de campo IHF

P5 - Mar - Yanun

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

APARTADOS		PUNTUACIÓN		
1. Inclusión y limitación de sustrato				
Pedras y cantos no fijados por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%		10		
Pedras y cantos poco fijados por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%		5 ✓		
Pedras y cantos medianamente fijados por sedimentos finos. Inclusión > 60%		3		
Sólo sustrato fino (arena y/o lino)		1		
Sólo grandes bloques		0		
TOTAL (escoger una categoría)		10		
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)		10		
3. Composición del sustrato				
	Bloques y Piedras	Cantos y Gravas	Arena	Arcilla y Lino
Unid. Muest. 1	✓			
Unid. Muest. 2		✓		
Unid. Muest. 3	✓			
Unid. Muest. 4		✓		
Unid. Muest. 5				
Unid. Muest. 6	✓			
Unid. Muest. 7		✓		
Unid. Muest. 8	✓			
Total Observ.			✓	
% Bloques y piedras		≤ 2 Observaciones	2 ✓	
		> 2 Observaciones	5	
% Cantos y gravas		≤ 2 Observaciones	2 ✓	
		> 2 Observaciones	5	
% Arena		≤ 2 Observaciones	2	
		> 2 Observaciones	5 ✓	
% Arcilla y lino		≤ 2 Observaciones	2	
		> 2 Observaciones	5 ✓	
TOTAL (sumar categorías)			14	
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)			6	
5. Sombra en el cauce				
Sombreado con ventanas			10	
Totamente 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)			8	
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 ✓	
Plecon	10 - 50%		10	
	< 10% o > 50%		5 ✓	
Fanerógamas	10 - 50%		10	
	< 10% o > 50%		5 ✓	
TOTAL (sumar categorías)			15	
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones de cada apartado)			68	

Fuente: (Acosta et al., 2014)

Anexo 5: Diatomeas epilíticas encontradas en la época lluviosa

Especies de diatomeas epilíticas encontradas en la época lluviosa							
N°	Especies	P1	P2	P3	P4	P5	Abundancia
1	<i>Achnathidium minutissimum</i>	0	0	1			1
2	<i>Aulacoseira granulata</i>	18	21	2	11	9	61
3	<i>Cocconeis euglypta</i>	59	63	41	111	160	434
4	<i>Cymbella tumida</i>	24	7	6	18	5	60
5	<i>Diatoma ehrenbergii</i>	0	0	2			2
6	<i>Diatoma mesodon</i>	0	0	3		1	4
7	<i>Encyonema silesiacum</i>	12	15	13	11	5	56
8	<i>Encyonema sp1</i>	20	16	19	12	35	102
9	<i>Encyonema minutum</i>	4	0	6	9	10	29
10	<i>Epithemia adnata</i>	16	22	6	7	6	57
11	<i>Epithemia turgida</i>	6	6	5			17
12	<i>Eunotia monodon</i>	0	0	1			1
13	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	46	24	28	11	54	163
14	<i>Frustulia vulgaris</i>	24	0			1	25
15	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	57	64	89	28	91	329
16	<i>Gomphonema subclavatum</i>	38	11	22	15	44	130
17	<i>Gomphonema sp1</i>	0	0	6	7	38	51
18	<i>Gomphonema parvulum</i>	52	22	29	9	22	134
19	<i>Gomphonema truncatum</i>	2	4	5			11
20	<i>Hannaea arcus</i>	44	28	47	20	11	150
21	<i>Hydrosera whampoensis</i>	0	0	1			1
22	<i>Melosira varians</i>	82	279	86	461	51	959
23	<i>Navicula cryptocephala</i>	0	1				1
24	<i>Navicula gregaria</i>	1	0				1
25	<i>Navicula lanceolata</i>	1	2	7			10
26	<i>Navicula radiosa</i>	11	20	5	9	6	51
27	<i>Nitzschia dissipata</i>	24	20	16	11	14	85
28	<i>Odontidium mesodon</i>	0	0	1			1
29	<i>Pinnularia borealis</i>	4	1				5
30	<i>Pinnularia notabilis</i>	3	5				8
31	<i>Planothidium biporum</i>	8	0				8
32	<i>Planothidium lanceolatum</i>	36	14	32	11	20	113
33	<i>Pleurosira laevis</i>	0	1		4		5
34	<i>Reimeria sinuata</i>	39	75	70	38	72	294
35	<i>Rhoicospeniaphenia abbreviata</i>	281	299	419	231	368	1598
36	<i>Rossithidium pusillum</i>	37	70	30	67	51	255
37	<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0		1		1
38	<i>Surirella sp1</i>	13	15	1	5	2	36
39	<i>Tabellaria flocculosa</i>	3	7	10	6	6	32
40	<i>Ulnaria ulna</i>	235	88	191	87	118	719
Total		1200	1200	1200	1200	1200	6000

Anexo 6: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de marzo

Muestreo marzo 2021					
Especies	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Achnathidium minutissimum</i>			1		
<i>Aulacoseira granulata</i>	15	13	2	8	9
<i>Cocconeis euglypta</i>	42	15	13	43	109
<i>Cymbella tumida</i>	3	2	2	2	3
<i>Diatoma ehrenbergii</i>			2		
<i>Diatoma mesodon</i>			3		1
<i>Encyonema silesiacum</i>	2	5	1		
<i>Encyonema minutum</i>			5	9	10
<i>Encyonema sp1</i>	11	4	6	5	14
<i>Epithemia adnata</i>		16	2	6	2
<i>Epithemia turgida</i>		5	1		
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	13	5	8	5	10
<i>Frustulia vulgaris</i>	3				1
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	9	6	6	4	15
<i>Gomphonema subclavatum</i>	7	4	6	9	13
<i>Gomphonema parvulum</i>	23		14	5	3
<i>Gomphonema truncatum</i>		2	1		
<i>Hannaea arcus</i>	8	4	12	14	3
<i>Hydrosera whampoensis</i>			1		
<i>Melosira varians</i>	58	235	13	29	17
<i>Navicula radiosa</i>	3	11	5	4	3
<i>Navicula cryptocephala</i>		1			
<i>Navicula lanceolata</i>		2	7		
<i>Nitzschia dissipata</i>	10	2	9	8	11
<i>Pinnularia borealis</i>	3	1			
<i>Pinnularia notabilis</i>		1			
<i>Planothidium biporum</i>	8				
<i>Planothidium lanceolatum</i>	7	2	14	5	7
<i>Reimeria sinuata</i>	13	1	15	28	2
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	95	32	180	158	92
<i>Rossithidium pusillum</i>	14		8	1	5
<i>Surirella sp1</i>	12	13	1	5	2
<i>Tabellaria flocculosa</i>			10	6	4
<i>Ulnaria ulna</i>	41	18	52	46	64
Total	400	400	400	400	400

Anexo 7: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de abril

Muestreo abril 2021					
Especies	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Aulacoseira granulata</i>	2	8		2	
<i>Cocconeis euglypta</i>	15	38	16	37	23
<i>Cymbella tumida</i>	2		2	6	1
<i>Encyonema silesiacum</i>	9	7	7	8	2
<i>Encyonema minutum</i>	4		1		
<i>Encyonema sp1</i>	9	12	4	3	10
<i>Epithemia adnata</i>	1	2	2	1	2
<i>Epithemia turgida</i>		1	2		
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	23	14	8	3	19
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	12	12	37	21	53
<i>Gomphonema subclavatum</i>	7	6	5	3	25
<i>Gomphonema parvulum</i>	22	19	6	2	6
<i>Gomphonema truncatum</i>	1		2		
<i>Hannaea arcus</i>	13	17	16	4	3
<i>Melosira varians</i>	10	3	29	213	15
<i>Navicula radiosa</i>	3	6		3	
<i>Navicula gregaria</i>	1				
<i>Navicula lanceolata</i>	1				
<i>Nitzschia dissipata</i>	9	14	3	3	2
<i>Pinnularia borealis</i>	1				
<i>Pinnularia notabilis</i>	1	2			
<i>Planothidium lanceolatum</i>	29	8	7	3	6
<i>Pleurosira laevis</i>		1		4	
<i>Reimeria sinuata</i>	23	64	26	7	36
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	110	66	129	26	144
<i>Rossithidium pusillum</i>	22	69	8	28	27
<i>Rhopalodia gibba</i>				1	
<i>Surirella sp1</i>	1	2			
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	6			1
<i>Ulnaria ulna</i>	68	23	90	22	25
Total	400	400	400	400	400

Anexo 8: Diatomeas epilíticas encontradas en el mes de mayo.

Muestreo mayo 2021					
Especies	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Aulacoseira granulata</i>	1			1	
<i>Cocconeis euglypta</i>	2	10	12	31	28
<i>Cymbella tumida</i>	19	5	2	10	1
<i>Encyonema silesiacum</i>	1	3	5	3	3
<i>Encyonema sp1</i>			9	4	11
<i>Epithemia adnata</i>	15	4	2		2
<i>Epithemia turgida</i>	6		2		
<i>Eunotia monodon</i>			1		
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	10	5	12	3	25
<i>Frustulia vulgaris</i>	21				
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	36	46	46	3	23
<i>Gomphonema subclavatum</i>	24	1	11	3	6
<i>Gomphonema parvulum</i>	7	3	9	2	13
<i>Gomphonema truncatum</i>	1	2	2		
<i>Gomphonema sp1</i>			6	7	38
<i>Hannaea arcus</i>	23	7	19	2	5
<i>Melosira varians</i>	14	41	44	219	19
<i>Navicula radiosa</i>	5	3		2	3
<i>Nitzschia dissipata</i>	5	4	4		1
<i>Odontidium mesodom</i>			1		
<i>Pinnularia notabilis</i>	2	2			
<i>Planothidium lanceolatum</i>		4	11	3	7
<i>Reimeria sinuata</i>	3	10	29	3	34
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	76	201	110	47	132
<i>Rossithidium pusillum</i>	1	1	14	38	19
<i>Tabellaria flocculosa</i>	2	1			1
<i>Ulnaria ulna</i>	126	47	49	19	29
Total	400	400	400	400	400

Anexo 9: Valores de tolerancia (V) y de sensibilidad (S) de las diatomeas epilíticas

N°	Especies	V	S	Código
1	<i>Achnathidium minutissimum</i>	1	5	ADMI
2	<i>Aulacoseira granulata</i>	1	2,9	AUGR
3	<i>Cocconeis euglypta</i>	1	3,6	CEUG
4	<i>Cymbella tumida</i>	3	3	CTUM
5	<i>Diatoma ehrenbergii</i>	3	4	DEHR
6	<i>Diatoma mesodon</i>	3	5	DMES
7	<i>Encyonema silesiacum</i>	2	5	ELSE
9	<i>Encyonema sp1</i>	2,4	4,9	ENCY
8	<i>Encyonema minutum</i>	2	4	ENMI
10	<i>Epithemia adnata</i>	3	4	EADN
11	<i>Epithemia turgida</i>	2	5	ETUR
12	<i>Eunotia monodon</i>	2	5	EMON
13	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1	3,4	FVAU
14	<i>Frustulia vulgaris</i>	3	4	FVUL
15	<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	1	3,5	GPRI
16	<i>Gomphonema subclavatum</i>	1	5	GSCL
19	<i>Gomphonema sp1</i>	1,9	3,6	GOMP
17	<i>Gomphonema parvulum</i>	1	2	GPAR
18	<i>Gomphonema truncatum</i>	1	4	GTRU
20	<i>Hannaea arcus</i>	2	5	HARC
21	<i>Hydrosera whampoensis</i>	3	2	HWHA
22	<i>Melosira varians</i>	1	4	MVAR
23	<i>Navicula cryptocephala</i>	2	3,5	NCRY
24	<i>Navicula gregaria</i>	1	3,4	NGRE
25	<i>Navicula lanceolata</i>	1	3,8	NLAN
26	<i>Navicula radiosa</i>	2	5	NRAD
27	<i>Nitzschia dissipata</i>	3	4	NDIS
28	<i>Omnitidium mesodon</i>	3	5	ODME
29	<i>Pinnularia borealis</i>	3	5	PBOR
30	<i>Pinnularia notabilis</i>	2,3	4,7	PNOT
31	<i>Planothidium biporum</i>	1	4,6	PLBI
32	<i>Planothidium lanceolatum</i>	1	4,6	PTLA
33	<i>Pleurosira laevis</i>	3	2	PLEV
34	<i>Reimeria sinuata</i>	1	4,8	RSIN
35	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	1	4	RABB
36	<i>Rossithidium pusillum</i>	3	5	RPUS
37	<i>Rhopalodia gibba</i>	1	5	RGIB
38	<i>Surirella sp1</i>	2,2	3,6	SURI
39	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	5	TFLO
40	<i>Ulnaria ulna</i>	1	3	UULN

Anexo 10: Parámetros físicos y químicos medidos in situ

Parámetros físicos y químicos del río Yanuncay					
Mes	Muestras	Campo			
		Temperatura (°C)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)
Marzo	Punto 1	11,4	6,63	6,8	22
	Punto 2	11,7	6,66	7,03	26
	Punto 3	12	6,71	6,65	28
	Punto 4	14,3	6,57	7,1	28
	Punto 5	14,3	6,93	7,16	46
Abril	Punto 1	11,3	7,85	7,69	40
	Punto 2	11,9	7,85	7,58	35
	Punto 3	12,1	7,52	7,14	49
	Punto 4	12,6	7,75	7,54	47
	Punto 5	13,3	7,65	7,57	49
Mayo	Punto 1	9,5	8,05	7,82	52
	Punto 2	9,7	8,03	7,98	58
	Punto 3	10	7,84	7,52	59
	Punto 4	10,2	7,92	8,03	62
	Punto 5	10,7	7,81	8,01	67

Anexo 11: Parámetros medidos en el laboratorio CIITT

 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-001
CODIGO MUESTRA:	CAR-001	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Yanuncay	SOLICITANTE:	Jhinson Cordova
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Jhinson Cordova
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:	
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	1/3/2021	HORA DE RECOLECCION:	
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	1/3/2021	HORA DE RECEPCION:	
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	1/3/2021	FECHA DE FIN DE ENSAYOS:	

Análisis	Método de Referencia / Técnica	Unidad	MUESTRA			
			Punto	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOS)	Método 5210-Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	P1	7	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	13		
		mg/L	P3	1,1		
		mg/L	P4	2,6		
		mg/L	P5	3,7		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	5,3	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	6,7		
		mg/L	P3	7,9		
		mg/L	P4	8,1		
		mg/L	P5	8,7		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal:E Técnica: Espectrofotometria	mg/L	P1	0,88	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	0,95		
		mg/L	P3	0,95		
		mg/L	P4	0,98		
		mg/L	P5	0,99		

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	13		
		NMP/100 ml	P3	17		
		NMP/100 ml	P4	15		
		NMP/100 ml	P5	15		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	17	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	26		
		NMP/100 ml	P3	29		
		NMP/100 ml	P4	32		
		NMP/100 ml	P5	15		

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
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

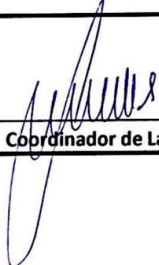

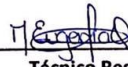
 Universidad Católica de Cuenca		CIITT- LABORATORIO DE CONTAMINACION Y AGUAS RESIDUALES HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE		
CODIGO: UCC-LCAR-F06	ELABORADO: Ing. Maria Eugenia Quinteros Msc.	ELABORADO Y REVISADO: Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	Nº INFORME: CAR-004	IN-
CODIGO MUESTRA:	CAR-004	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021	
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Yanuncay	SOLICITANTE:	Jhinson Cordova	
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Jhinson Cordova	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:		
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	27/4/2021	HORA DE RECOLECCION:		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	27/4/2021	HORA DE RECEPCION:		
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	27/4/2021	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 (DBOS)	Método 5210-Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	P1	2,8	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	3,1		
		mg/L	P3	0,5		
		mg/L	P4	Ausencia		
		mg/L	P5	1,5		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	5,5	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	0,5		
		mg/L	P3	0,45		
		mg/L	P4	1,25		
		mg/L	P5	1,5		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	2,3	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	1,5		
		mg/L	P3	1,1		
		mg/L	P4	1,6		
		mg/L	P5	0,85		

Coliformes Fecales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	12	200 NMP/100ml	>1,0 NMP/ml
		NMP/100 ml	P2	14		
		NMP/100 ml	P3	17		
		NMP/100 ml	P4	19		
		NMP/100 ml	P5	9,3		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	17	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	20		
		NMP/100 ml	P3	23		
		NMP/100 ml	P4	27		
		NMP/100 ml	P5	14		

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: CAR-005	IN-
CODIGO MUESTRA:	CAR-005	FECHA DE EMISION DEL INFORME:	6/7/2021	
PROYECTO:	Proyecto de diatomeas-Yanuncay	SOLICITANTE:	Jhinson Cordova	
UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:	Ingenieria Ambiental	RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Jhinson Cordova	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural	MODO DE CONSERVACIÓN:		
FECHA DE RECOLECCION DE MUESTRAS:	11/5/2021	HORA DE RECOLECCION:	7:00	
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS:	11/5/2021	HORA DE RECEPCION:	11:00	
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	11/5/2021	FECHA DE FIN DE ENSAYOS:	16/5/2021	

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	1,3	No aplica	0-700 mg/L
		mg/L	P2	0,2		
		mg/L	P3	2,9		
		mg/L	P4	4,4		
		mg/L	P5	2,6		
Nitratos	Método 4500-NO3 Literal: E. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	8,7	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	P2	0,5		
		mg/L	P3	1,8		
		mg/L	P4	1,2		
		mg/L	P5	1,8		
Fosforo Total	Método 4500-P Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	P1	1,06	No aplica	0,06-3,5 mg/L
		mg/L	P2	0,73		
		mg/L	P3	0,3		
		mg/L	P4	0,33		
		mg/L	P5	0,38		

Coliformes Fecales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	9,2	200 NMP/100ml	>1,0 NMP/ml
		NMP/100 ml	P2	11		
		NMP/100 ml	P3	13		
		NMP/100 ml	P4	5,6		
		NMP/100 ml	P5	7,4		
Coliformes Totales	Método 9223 Literal: B Técnica: Tubos múltiples	NMP/100 ml	P1	12	No aplica	No aplica
		NMP/100 ml	P2	15		
		NMP/100 ml	P3	17		
		NMP/100 ml	P4	8,3		
		NMP/100 ml	P5	10		

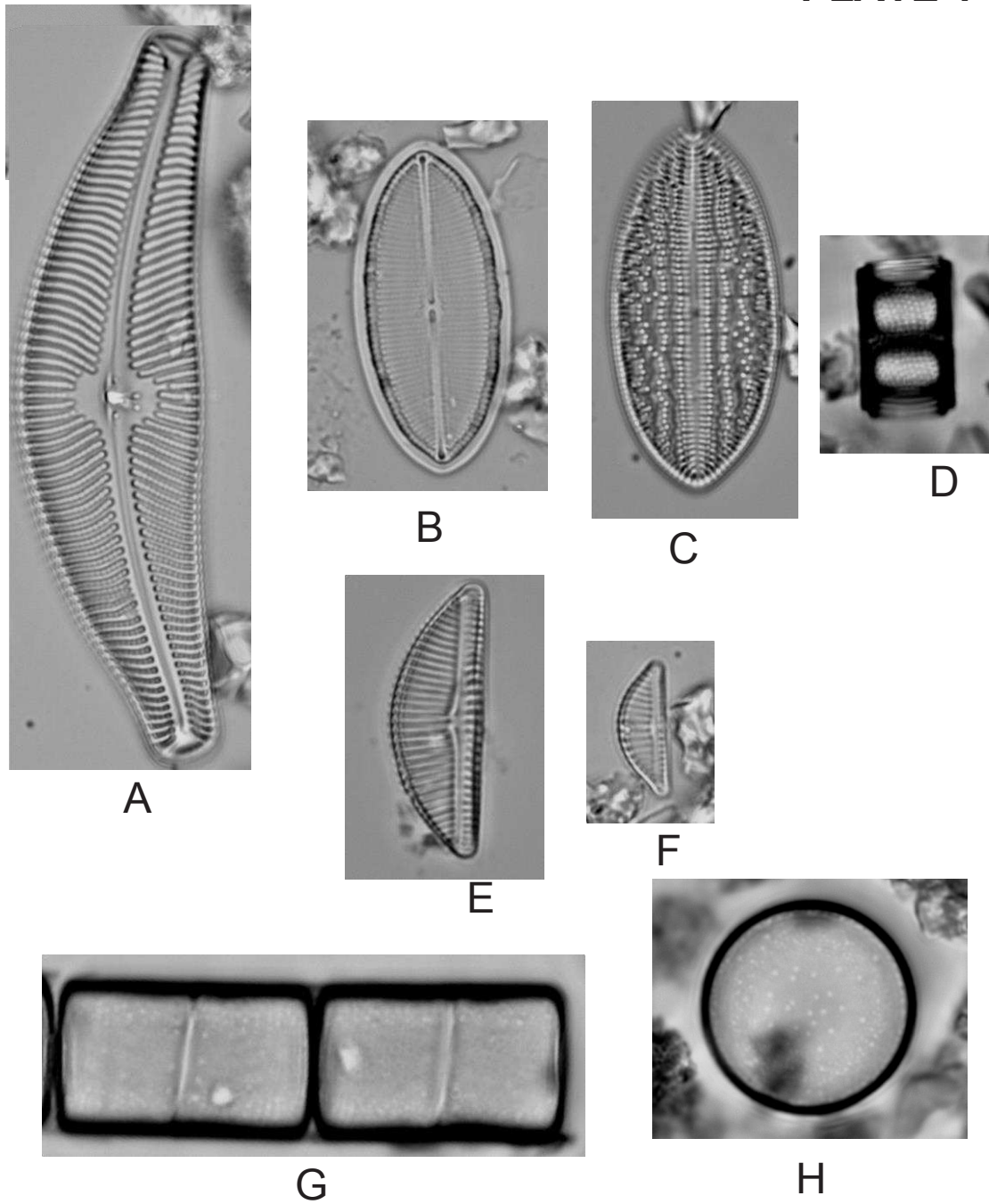
NOTAS:	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con Libro VI Anexo 1: Tabla 3 Criterio de calidad admisible para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o calidas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

Observaciones:

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

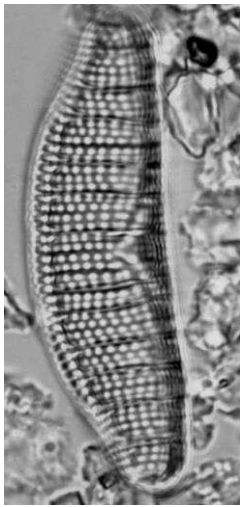
Anexo 12: Fotografías de los taxones de diatomeas epilíticas identificadas en el río Yanuncay en la época lluviosa

PLATE 1

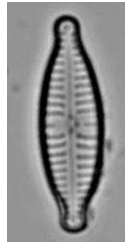


A - Cymbella tumida; *B - C Cocconeis euglypta*; *D - Aulacoseira granulata*
E - Encyonema silesiacum; *F - Encyonema minutum*; *G - H Melosira varians*

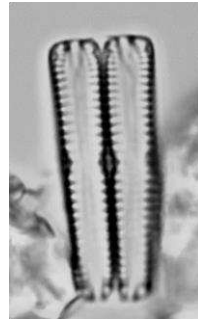
PLATE 2



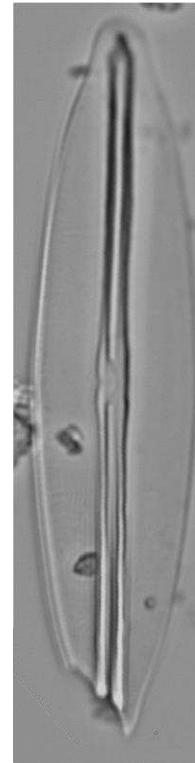
A



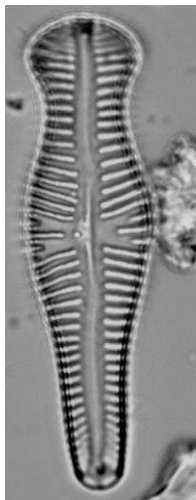
B



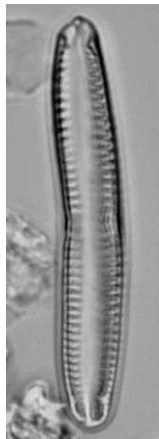
C



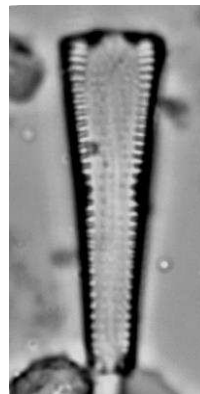
D



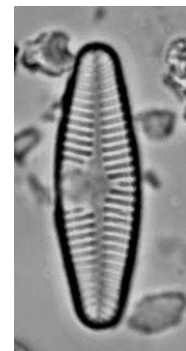
E



F



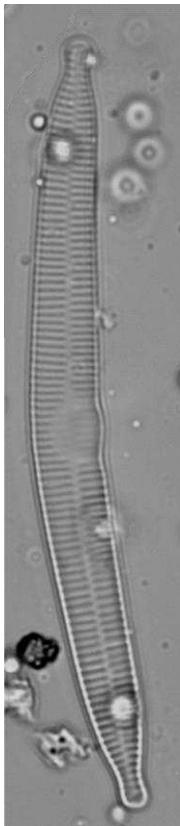
G



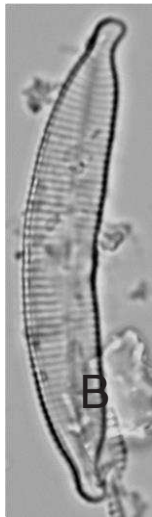
H

A - *Epithemia turgida*; B - *Gomphonema parvulum*; C - *Fragilaria vaucheriae*
D - *Frustulia vulgaris*; E - *Gomphonema truncatum*; F - *Gomphonema* sp1
G - *Gomphonema subclavatum*; H - *Planothidium lanceolatum*

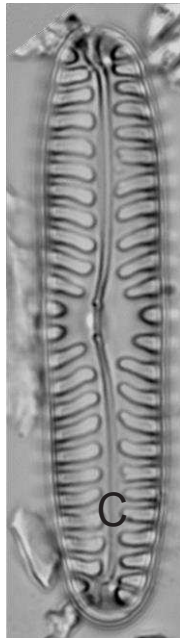
PLATE 3



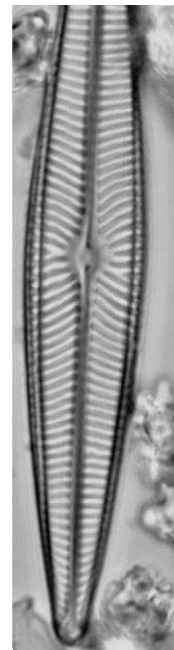
A



B



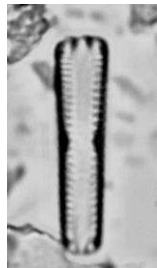
C



D



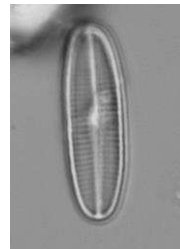
E



F



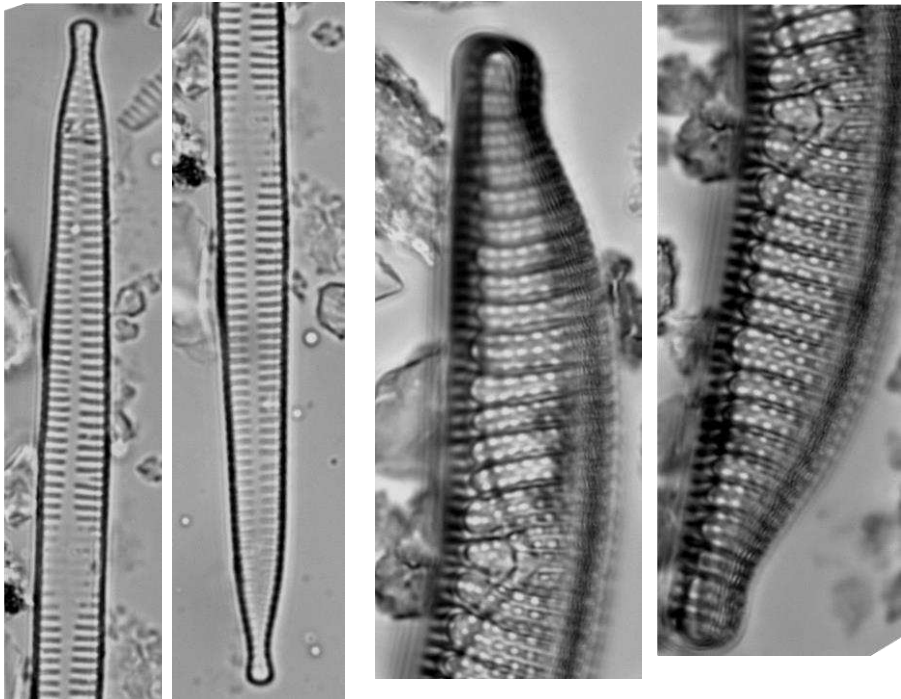
G



H

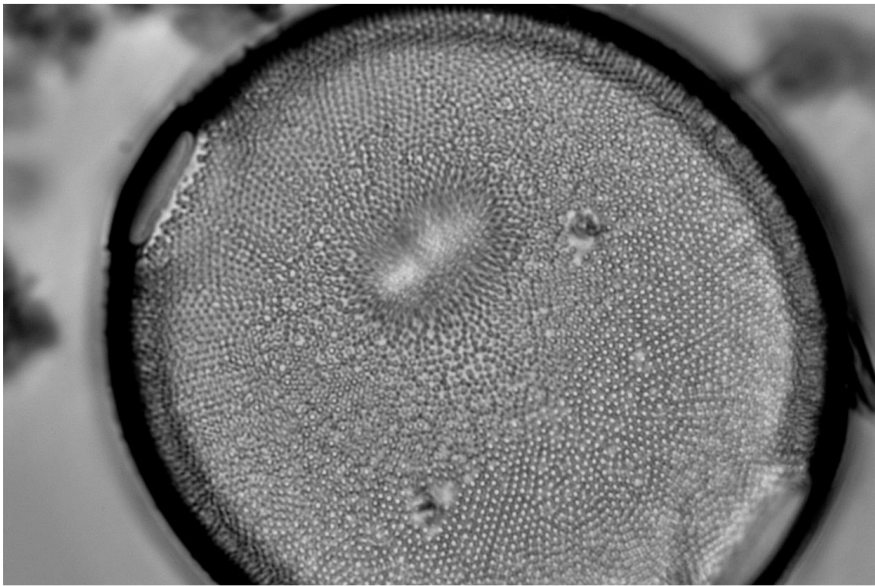
A - B Hannaea arcus; C - Pinnularia borealis; D - Navicula radiosa
E - F Rhoicospenia abbreviata; G - Reimeria sinuata; H Rossithidium pusillum

PLATE 4

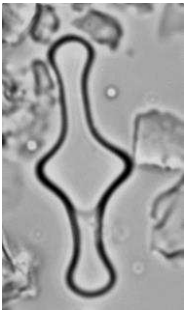


A

B



C



D

A - *Ulnaria ulna*; B - *Epithemia adnata*; C - *Pleurosira laevis*
D - *Tabellaria flocculosa*

Anexo 13: Imágenes salidas de campo



Figura 33: Medición de parámetros in situ



Figura 34: Estado ecológico del río Yanuncay



Figura 35: Hojas de campo QBR e IHF



Figura 36: Recolección de diatomeas epilíticas en sustratos rocosos



Figura 37: Contaminación antrópica por infraestructura en el punto 1



Figura 38: Descarga directa de contaminantes al río

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Jhinson Javier Córdova Zúñiga portador de la cédula de ciudadanía N.º 1450173958. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Establecimiento de la calidad del agua mediante diatomeas epilíticas durante la época lluviosa en el río Yanuncay” 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:
Jhinson Javier Córdova Zúñiga
1450173958