



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO SAN PEDRO, CANTÓN
RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros Ambientales

**AUTORES: MIGUEL ALEJANDRO MENA MAYA
WENDY NICOLE PILA ROSERO**

TUTOR: EDWIN FABIÁN BERSOSA VACA

Quito - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Miguel Alejandro Mena Maya con documento de identificación N.º 1723569560
Wendy Nicole Pila con documento de identificación N.º 1718916487; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos que sin fines de
lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,



Miguel Alejandro Mena Maya
1723569560



Wendy Nicole Pila Rosero
1718916487

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Miguel Alejandro Mena Maya con documento de identificación No. 1723569560 Wendy Nicole Pila Rosero con documento de identificación No. 1718916487, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo Experimental: “Biodiversidad de la calidad del agua mediante el estudio de Macroinvertebrados Acuáticos en el río San Pedro, Cantón Rumiñahui, Provincia Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Ambientales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,



Miguel Alejandro Mena Maya
1723569560



Wendy Nicole Pila Rosero
1718916487

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Fabián Bersosa Vaca con documento de identificación N.º 1709204141, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: BIODIVERSIDAD DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO SAN PEDRO, CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA PICHINCHA, realizado por Miguel Alejandro Mena Maya con documento de identificación N.º 1723569560 y por Wendy Nicole Pila Rosero con documento de identificación N.º 1718916487, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,



Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca, M.Sc.
1709204141

DEDICATORIA

A mis padres por su esfuerzo y apoyo para que esta meta se cumpla, a mi hermana mi fuente de inspiración y mi guía más grande, a mis abuelos por su apoyo y su amor incondicional.

A Miguel, sin ti esto no sería posible.

Nicole

A mi abuelo quien siempre me apoyó en cada una de las aspiraciones de mi vida y me dio el ejemplo de nunca rendirme.

A mis padres, mis hermanos y mi abuela por todo su apoyo y esfuerzo para cumplir esta meta.

A Nicole, nuestro esfuerzo valió la pena.

Miguel

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la fortaleza para culminar este proyecto.

A mis padres Ximena y Marcelo, por su arduo trabajo, por su apoyo incondicional, por todo lo inculcado a lo largo de mi vida, a Grace y a mi familia que han sido un gran apoyo.

A Miguel, mi compañero de vida, por su apoyo, por su comprensión y su motivación, gracias por no soltar mi mano en todo este largo camino.

A mis amigos Andrea, Sofía, Alexis, Alisson y Juliana, que con cada palabra de aliento lograron animarme, porque ustedes son la familia que yo escogí.

A nuestro tutor por compartir sus conocimientos con nosotros.

A mis padres Ana Lucía y Vinicio, por el gran esfuerzo que les conllevó, por el apoyo que me brindaron a lo largo de mis estudios.

A Nicole, mi apoyo incondicional, por que supo ser el soporte en los momentos más difíciles, gracias por estar a mi lado motivándome, dándome fuerzas para siempre salir adelante, por ser quien me motivó a cada día ser una mejor persona y superarme.

A mis amigos y resto de familiares porque supieron ser un apoyo y brindarme palabras de aliento para poder culminar y lograr todos mis objetivos.

A nuestro tutor de investigación por ser quien nos compartió sus conocimientos con el fin de que el trabajo alcance lo anhelado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. PROBLEMA	2
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.5.1. <i>Hipótesis Nula</i>	4
1.5.2. <i>Hipótesis alternativa</i>	4
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA	4
2.2. RÍO.....	4
2.3. CALIDAD DEL AGUA.....	4
2.4. AGUA RESIDUAL.....	5
2.4.1. <i>Tipos de aguas Residuales</i>	5
2.4.1.1. <i>Aguas residuales Domésticas</i>	5
2.4.1.2. <i>Aguas residuales Industriales</i>	5
2.4.1.3. <i>Aguas residuales agrícolas</i>	5
2.5. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	6
2.5.1. <i>pH</i>	6
2.5.2. <i>DBO5</i>	7
2.5.3. <i>Oxígeno Disuelto</i>	7
2.5.4. <i>Temperatura</i>	7
2.5.5. <i>Turbidez</i>	7
2.5.6. <i>Sólidos Totales Disueltos</i>	7
2.5.7. <i>Nitratos</i>	7
2.5.8. <i>Fosfatos</i>	8
2.6. PARÁMETROS BIOLÓGICOS	8
2.6.1. <i>Macroinvertebrados</i>	8
2.6.2. <i>Macroinvertebrados como bioindicadores</i>	9
2.7. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	9
2.8. ÍNDICE (BMWP-COL)	9
2.9. ÍNDICE SHANNON	10
2.10. ÍNDICE DE LA CALIDAD DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA ANDINA (QBR-AND).....	10
2.11. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DEL FLOTADOR.....	11
2.12. MARCO LEGAL	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. MATERIALES	13
3.2. METODOLOGÍA.....	14
3.2.1. <i>Diseño Experimental</i>	14
3.2.2. <i>Delimitación del área de estudio</i>	14
3.2.3. <i>Descripción del punto uno</i>	16
3.2.4. <i>Descripción del punto dos</i>	16
3.2.5. <i>Descripción del punto tres</i>	17

3.2.6.	<i>Descripción del punto cuatro</i>	18
3.2.7.	<i>Determinación de caudal en los puntos de muestreo</i>	18
3.3.	METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE QBR.....	19
3.4.	METODOLOGÍA PARA TOMA DE MUESTRAS SEGÚN LA NORMA INEN 2169:2013.....	22
3.5.	METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	22
3.6.	METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRAS PARA MACROINVERTEBRADOS	25
3.6.1.	<i>Toma de muestras de macroinvertebrados</i>	25
3.6.2.	<i>Limpieza de las muestras de macroinvertebrados</i>	25
3.6.3.	<i>Identificación de los macroinvertebrados</i>	26
3.6.4.	<i>Cálculo de Índice BMWP/COL</i>	27
3.7.	ANÁLISIS Y MÉTODOS PARA PARÁMETROS FÍSICOS QUÍMICOS	29
3.7.1.	<i>Temperatura</i>	29
3.7.2.	<i>pH</i>	29
3.7.3.	<i>Turbidez</i>	29
3.7.4.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	29
3.7.5.	<i>Demanda Química del Oxígeno</i>	30
3.7.6.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)</i>	30
3.7.7.	<i>Nitratos</i>	30
3.7.8.	<i>Fosfatos</i>	31
3.7.9.	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	31
3.8.	VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES	31
3.8.1.	<i>Variables Dependientes</i>	31
3.8.2.	<i>Variables independientes</i>	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.1.	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	33
4.1.3.	<i>pH</i>	34
4.1.4.	<i>Temperatura</i>	35
4.1.5.	<i>Turbidez</i>	36
4.1.6.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	37
4.1.7.	<i>Nitratos</i>	38
4.1.8.	<i>Fosfatos</i>	39
4.1.9.	<i>DQO</i>	41
4.1.10.	<i>DBO5</i>	41
4.2.	RESULTADOS DEL ICA	42
4.3.	ÍNDICE QBR-AND.....	44
4.4.	ÍNDICE BMWP/ COL	44
4.5.	ÍNDICE SHANNON.....	47
4.6.	RESULTADOS DE LOS MÉTODOS SHANNON Y SIMPSON	48
4.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	50
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
5.1.	CONCLUSIONES.....	50
5.2.	RECOMENDACIONES	51
6.	BIBLIOGRAFÍA	52
7.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de calidad para el QBR-And.....	10
Tabla 2 Límites permisibles	12
Tabla 3. Materiales y equipos de medición.....	13
Tabla 4. Coordenadas y altitud del río San Pedro	15
Tabla 5. Información de los cuatro puntos de muestreo en el Río San Pedro	18
Tabla 6. Grado de cubierta de la zona de ribera.....	19
Tabla 7. Estructura de la cubierta.....	20
Tabla 8. Calidad de la cubierta	20
Tabla 9. Grado de naturalidad del canal fluvial	21
Tabla 10 Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col	28
Tabla 11. Descripción de los tratamientos estudiados	31
Tabla 12. Resultados de coliformes fecales en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro	32
Tabla 13 Resultados de Sólidos totales disueltos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro	34
Tabla 14 Resultados de pH en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro.....	35
Tabla 15. Resultados de temperatura en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro.....	36
Tabla 16. Resultados de turbidez en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro	37
Tabla 17. Resultados de Nitratos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro.....	39
Tabla 18. Resultados de Fosfatos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro.....	40
Tabla 19. Resultados de DQO en los diferentes puntos de muestreo del Río San Pedro.....	41
Tabla 20 Resultados de DBO 5 en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro.....	42
Tabla 21. Índice de calidad.....	42
Tabla 22 Clasificación Del ICA.....	43
Tabla 23. Resultados del índice QBR para los cuatro puntos de muestreo	44
Tabla 24 Número de individuos por cada punto de muestro.....	44
Tabla 25 Resultados BMWP/COL en los cuatro puntos de muestreo	45
Tabla 26 Método BMWP/COL.....	46
Tabla 27 Resultados de índices de diversidad en los puntos de muestreo	48
Tabla 28. Valoración Índice de Shannon-Wiener	48
Tabla 29. Resultado análisis estadístico	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación del Río San Pedro para los puntos de muestreo.....	15
Figura 2 Punto uno de muestreo	16
Figura 3. Punto dos de muestreo.....	16
Figura 4. Punto tres de muestreo	17
Figura 5. Punto cuatro de muestreo	18
Figura 6. Descripción para la conservación de muestras para diferentes parámetros.....	23
Figura 7. Descripción para la conservación de muestras para diferentes parámetros.....	24
Figura 8. Toma de muestras con Red Surber.....	25
Figura 9. Limpieza de macroinvertebrados	25
Figura 10. Identificación de macroinvertebrados con estereoscopio.....	26
Figura 21 Mapa del índice de calidad de agua.....	43
Figura 22 Porcentaje de individuos por cada familia	47
Figura 23. Resultado de los cuatro puntos de muestreo con el programa Past para el índice Shannon	49
Figura 24. Resultado de los cuatro puntos de muestreo con el programa Past para el índice Simpson	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de datos en los puntos de muestreo	54
Anexo 2. Toma de muestras de macroinvertebrados.....	54
Anexo 3. Toma de parámetros in situ	55
Anexo 4. Lectura de nitratos	55
Anexo 5. Diversidad de macroinvertebrados.....	56
Anexo 6. Clasificación de macroinvertebrados	56
Anexo 7. Comparación de coliformes fecales en los cuatro puntos de muestreo.....	57
Anexo 8. Comparación de SDT en los cuatro puntos de muestreo	57
Anexo 9. Comparación de SDT en los cuatro puntos de muestreo	58
Anexo 10. Comparación de pH en los cuatro puntos de muestreo.....	59
Anexo 11. Comparación de la temperatura en los cuatro puntos de muestreo.....	60
Anexo 12. Comparación de la turbidez en los cuatro puntos de muestreo	60
Anexo 13. Comparación del oxígeno disuelto en los cuatro puntos de muestreo	61
Anexo 14. Comparación de nitratos en los cuatro puntos de muestreo	61
Anexo 15. Comparación de nitratos en los cuatro puntos de muestreo	62
Anexo 16. Comparación de fosfatos en los cuatro puntos de muestreo	63
Anexo 17. Comparación de DQO en los cuatro puntos de muestreo	64
Anexo 18. Comparación de DBO5 en los cuatro puntos de muestreo.....	64

RESUMEN

El río San Pedro que cruza varios poblados como Cumbayá, Los Chillos, Amaguaña entre otras zonas, está lleno de residuos sólidos urbanos, aguas servidas y malos olores, existen todo tipo de descargas provenientes de los sectores agrícolas, industriales y urbanas además la expansión de la población de Sangolquí, Amaguaña y San Rafael es un factor considerable por la alteración del ecosistema provocada por la contaminación.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la calidad del agua del Río San Pedro mediante macroinvertebrados comparando los resultados con el ICA. Se estableció cuatro puntos de muestreo dependiendo la altitud, estos son: Parque Algarrobos, Boulevard San Pedro, Parque Balvina y Parque Cachaco.

La calidad del agua mediante el ICA se determinó midiendo nueve parámetros los cuales fueron pH, turbidez, temperatura, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y DBO5. El índice BMWP/COL se determinó mediante la toma de muestras, separación, identificación y clasificación de los macroinvertebrados asignándoles un puntaje de acuerdo con las guías de identificación de macroinvertebrados. El índice BMWP/COL obtuvo un valor de 22, encontrándose en una clase IV que indica que la calidad del agua es crítica correspondiente a aguas muy contaminadas, se determinó la presencia de 1221 individuos y las familias que predominan son: Xiphocentronidae, Tubificidae y Glossiphoniidae, el ICA reafirmó que calidad del agua es mala.

El punto donde se evidenció mayor nivel de contaminación es en el Parque Ecológico Balvina con un puntaje de 42.72 según el ICA y de 29 significando en ambos que el tipo de calidad del agua es crítica y perteneciente a aguas muy contaminadas.

Palabras clave: fisicoquímico, índice, calidad, macroinvertebrados, río

ABSTRACT

The San Pedro River that crosses several towns such as Cumbayá, Los Chillos, Amaguaña among other areas, is full of solid urban waste, sewage and bad odors, there are all kinds of discharges from agricultural, industrial and urban sectors, besides the expansion of the population of Sangolquí, Amaguaña and San Rafael is a considerable factor for the alteration of the ecosystem caused by pollution.

The objective of this study is to determine the water quality of the San Pedro River by means of macroinvertebrates and compare the results with the ICA. Four sampling points were established depending on the altitude, these are: Algarrobos Park, San Pedro Boulevard, Balvina Park and Cachaco Park.

Water quality was determined using the ICA by measuring nine parameters: pH, turbidity, temperature, dissolved oxygen, fecal coliforms, nitrates, phosphates, total dissolved solids, and BOD5. The BMWP/COL index was determined by sampling, separating, identifying and classifying the macroinvertebrates and assigning them a score according to the macroinvertebrate identification guidelines. The BMWP/COL index obtained a value of 22, being in class IV which indicates that the water quality is critical corresponding to very polluted waters, the presence of 1221 individuals was determined, and the predominant families are: Xiphocentronidae, Tubificidae and Glossiphoniidae, the ICA reaffirmed that water quality is poor.

The point where the highest level of contamination was evidenced is in the Balvina Ecological Park with a score of 42.72 according to the ICA and 29 meaning that the type of water quality is critical and belongs to highly polluted waters.

Key words: Physicochemical, quality, macroinvertebrates, river, index.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

El Río San Pedro evidencia diversas fuentes de contaminación debido al crecimiento demográfico, el incremento de actividades industriales y agrícolas en sus alrededores, las aguas que se generan son vertidas directamente al río sin ningún tipo de tratamiento previo, en la superficie se encuentran desechos sólidos alterando la composición y características del cuerpo de agua. Según el Municipio de Rumiñahui el 45% de contaminantes que se encuentran en el río son de origen industrial, el 30% doméstico y el 25% sobrante proviene de aguas utilizadas para la ganadería y agricultura (Carrera, 2011).

El Río San Pedro divide al cantón Rumiñahui en dos bloques de manera espacial, el primero corresponde a San Rafael, San Pedro de Taboada y Rumiloma y el segundo bloque pertenece a la ciudad de Sangolquí. Todos estos poblados se caracterizan por la concentración de actividades económicas, centros educativos y establecimientos de salud, estos asentamientos humanos han generado problemas sociales y ambientales que no han sido controlados (GAD RUMIÑAHUI, 2014).

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados uno de los bioindicadores más destacados debido a que tales organismos responden de manera inmediata a las variaciones ambientales y su presencia muestra las condiciones de calidad en las que se encuentra el agua. El índice que se empleó es el Biological Monitoring Working Party-Colombia (BMWP-Col) solo requiere analizar hasta nivel de familia y se obtiene datos cualitativos de ausencia o presencia. El puntaje es de 1 a 10 y depende de la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica (Roldán-Pérez, 2016).

El Índice de Calidad de Agua (ICA) mide nueve parámetros que son: coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbidez, sólidos

disueltos totales y oxígeno disuelto, se clasifica en: excelente, buena, regular, mala y pésima; la puntuación va del 1 al 100, los puntajes más altos indican una mejor calidad del agua (SNET, 2015).

1.2. Ubicación del área de estudio

El Río San Pedro se ubica en la provincia de Pichincha en el cantón Rumiñahui receipta aguas de los ríos Pedregal, Pita, Chiche y Guambi, traspasa el Valle de Machachi hacia el Valle de los Chillos hasta convertirse en el Río Guayllabamba. Limita entre dos zonas dentro del cantón Rumiñahui siendo el primero el sector domiciliario de San Rafael y San Pedro de Taboada, el otro sector con el que limita es zona residencial de Sangolquí (Hinojoza, 2018).

1.3. Preguntas de investigación

¿Cuál es la calidad del agua del río “San Pedro” en cada punto de muestreo?

¿Cuál de los puntos de muestreo presenta un mayor grado de contaminación?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad del agua mediante el índice BMWP/COL y el índice de calidad del agua en los puntos de muestreo a diversas altitudes del Río San Pedro ubicado en la provincia de Pichincha.

1.4.2. Objetivos Específicos

Evaluar la calidad de agua mediante el índice de calidad de agua (ICA) e índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)

Determinar la diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos en el Río San Pedro acorde a las diferentes altitudes.

Determinar el nivel de contaminación del río San Pedro mediante la relación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los límites establecidos por la normativa ambiental vigente.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis Nula

La calidad del agua y la diversidad de la población de macroinvertebrados en los puntos son similares.

1.5.2. Hipótesis alternativa

La calidad del agua y la diversidad de la población de macroinvertebrados en los puntos son diferentes.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Cuenca Hidrográfica

Es el área geográfica la cual contiene seres vivos y una gran variedad de recursos naturales, es en este espacio donde el ser humano realiza sus actividades para subsistir; además, hay que tomar en cuenta que este cuerpo de agua está conformado por otras cuencas de menor tamaño (Vásconez et al., 2019).

2.2. Río

El río describe como un flujo continuo de agua que se origina en su fuente, fluye hasta llegar a su punto final el cual puede ser un mar, un lago u otro río. El Caudal varía según las diferentes secciones del río alimentándose de varios medios como las precipitaciones, escorrentía y filtraciones. Estas diversas fuentes contribuyen al volumen general del río y sus características.(Quiroz et al., 2017).

2.3. Calidad del agua

La calidad del agua es el conjunto de características de un cuerpo de agua con el fin de realizar de una manera eficiente cierta función dentro del ecosistema. La importancia del agua para el desarrollo de la vida es indispensable debido a los diversos usos según criterios establecidos, específicamente el agua para el consumo humano el cual requiere que el nivel de calidad sea alto y para ser determinado se debe analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Gualdrón, 2016).

2.4. Agua Residual

La composición de las aguas residuales varía entre una serie de contaminantes como lo son los sólidos disueltos que representan el 1 % de la misma, este tipo de agua pueden ser producidas y vertidas por distintos medios como lo son las fuentes domésticas, industriales y comerciales (UNESCO, 2017).

2.4.1. Tipos de aguas Residuales

2.4.1.1. Aguas residuales Domésticas

Dentro de las aguas residuales domésticas es frecuente encontrar contaminantes emergentes debido a que se encuentran medicamentos de uso común con efectos a largo plazo, se encuentra relacionada la contaminación de este tipo con el crecimiento poblacional y expansión territorial (UNESCO, 2017).

2.4.1.2. Aguas residuales Industriales

Es la presencia de todos aquellos efluentes líquidos producidos durante un proceso industrial, varía según el tipo de industria teniendo como principales fuentes a las industrias mineras y agrícolas. Los contaminantes producidos por la industria pueden llegar a causar una serie de graves consecuencias en los recursos hídricos (Campoverde, 2019).

2.4.1.3. Aguas residuales agrícolas

Debido a la utilización e implementación de una serie de contaminantes agrícolas como es el exceso de fertilizantes u otros agroquímicos, estos pueden llegar a contaminar una fuente hídrica cercana debido a que los cultivos no logran captar o absorber el compuesto. De los desechos agrícolas pueden surgir una serie de contaminantes los cuales pueden ser tantos metales, patógenos, contaminantes emergentes, pesticidas, herbicidas y sobre todo materia orgánica (Baquerizo et al., 2019)

2.5. Parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua

Mediante las técnicas y procesos de monitoreo las cuales están sistematizadas y reguladas periódicamente se determina la calidad del agua tomando como base los parámetros fisicoquímicos y biológicos (Mejía, 2020).

Los parámetros proporcionan información acerca de las propiedades que componen al recurso hídrico, genera un gran número de datos por lo que para la valorización de la calidad del agua requiere de una interpretación (Samboni Ruiz, 2007).

Para la calidad del agua se involucran los parámetros como:

- pH
- Temperatura
- Oxígeno Disuelto
- DBO
- Sólidos disueltos totales
- Turbiedad
- Coliformes Fecales
- Nitratos
- Fosfato Total (Martinez, 2018)

2.5.1. pH

“El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia”, tiene un rango de medición que va del 0 al 14, cuando los valores se encuentran menores a 7 significa que es más ácido, mientras que si son mayores a 7 significa que alcalino y si los valores son igual a 7 indica neutralidad. El pH del agua se debe en mayor parte al equilibrio carbónico además de la actividad desarrollada por los microorganismos acuáticos (Mora & Tamayo, 2022).

2.5.2. DBO5

Parámetro que sirve para determinar la cantidad de oxígeno necesario para la biodegradación de materia orgánica en aguas residuales, domésticas, industriales y naturales, permite evaluar la calidad del agua (Londoño, 2020).

2.5.3. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno en los medios acuáticos a la que pueden acceder todos los organismos presentes en el agua y es necesaria para la vida acuática, el bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua es un signo de contaminación y es un factor importante para determinar la calidad del agua (Omid *et al.*, 2021).

2.5.4. Temperatura

La temperatura es un indicador de calidad del agua, es un parámetro fundamental para el adecuado funcionamiento de los cuerpos de agua, el aumento de la temperatura producirá mayor conductividad (Huallanca, 2019).

2.5.5. Turbidez

Es una expresión óptica que causa dispersión y la absorción de luz en lugar de su transmisión, la turbidez en el agua se origina por materia suspendida y coloidal, materia orgánica e inorgánica, plancton y otros microorganismos (Chacón, 2017).

2.5.6. Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos hacen referencia a materia suspendida o disuelta que se encuentra en el agua residual y pueden afectar de manera negativa la calidad del agua (Chacón, 2017).

2.5.7. Nitratos

Es la forma más oxidada del nitrógeno que se halla en el agua, existen compuestos que contienen nitrógeno que actúa como nutriente en los ríos, los fenómenos de eutrofización están relacionados con

una elevada concentración de nitratos en el agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas, pastos, aguas negras, detergentes y desechos de animales (Carrillo & Urgilés, 2016).

2.5.8. Fosfatos

Son compuestos químicos formados por fósforo y oxígeno, estos compuestos pueden ser arrastrados por la lluvia desde suelos agrícolas hasta el agua, si existe gran cantidad de fosfato se produce un alto crecimiento de algas y plantas en los cuerpos de agua (Carrillo & Urgilés, 2016).

2.6. Parámetros Biológicos

Las especies que habitan en un medio están adaptadas a las condiciones ambientales propias de ese medio y cualquier alteración de sus factores puede significar la desaparición de una o varias especies, cuando existe contaminación en un ecosistema acuático ya sea residencial, agrícola o industrial las condiciones fisicoquímicas del agua son alteradas y para muchas especies la solución es morir o adaptarse, por lo cual contaminación se miden por medio del cambio que experimentan las comunidades a medida que reciben descargas de desechos (Roldán & Ramírez, 2008).

2.6.1. Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que viven al fondo de ríos y lagos o están adheridos a la vegetación acuática, van desde 0.5 mm hasta los 5.00 mm (Roldán-Pérez, 2016).

2.6.2. Macroinvertebrados como bioindicadores

Los macroinvertebrados sirven como indicadores de las condiciones en las que se encuentra un recurso hídrico según los análisis que se determinen indicando así el grado de la contaminación que el río presenta. (Machado et al., 2018)

La existencia de estos organismos puede ser muy variada debido a que en el ecosistema acuático se pueden dar una serie de condiciones para su desarrollo por lo cual existe una gran variedad y se las puede clasificar mediante familias. (González, 2018)

2.7. Índice de Calidad de Agua (ICA)

El índice de calidad del agua dulce (ICA) es una herramienta desarrollada por científicos para ayudar a evaluar la calidad del agua de recursos hídricos. Resume grandes cantidades de datos sobre la calidad del agua en una única "puntuación" del 1 al 100. Las puntuaciones más altas reflejan un agua más limpia (EPA, 2017).

Para la determinación del "ICA" interviene 9 parámetros, los cuales son:

- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO3 en mg/L)
- Fosfatos (PO4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en ° C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)
- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL) (Salcedo et al., 2018).

2.8. Índice (BMWP-Col)

El Biological Monitoring Working Party es considerado un método sencillo y rápido para evaluar la calidad de agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, se analiza nivel de

familia, con datos cuantitativos de presencia y ausencia El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica.

Los valores de tolerancia que se utiliza para la evaluación de la calidad del agua mediante el método BMWP, son los proporcionados por Roldán en su obra “Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia” (Roldán-Pérez, 2016).

2.9. Índice Shannon

Es uno de los índices más utilizados para cuantificar la diversidad de los macroinvertebrados, refleja la heterogeneidad de una comunidad en base a dos aspectos primordiales como los son el número de las especies que se encuentran presentes y su abundancia relativa; con la cuantificación de la diversidad se pueden generar gráficos de dispersión los cuales se pueden comparar en función de la riqueza para determinar la dominancia alcanzada por parte de una especie. Asume que los individuos seleccionados de la muestra son al azar; cuando existe una sola especie este índice puede variar entre 0 y el logaritmo de las especies que están representadas por el mismo número de individuos. (Caicedo Rosero et al., 2017)

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

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa

ln = Logaritmo natural

2.10. Índice de la calidad de la vegetación de ribera Andina (QBR-And)

Estima el porcentaje la cobertura vegetal representada por las especies nativas e introducidas independientemente del número de cada una. Valora la calidad del ecosistema fluvial además de considerar a la población de macroinvertebrados y la calidad del agua (Acosta et al., 2009).

Tabla 1

Rangos de calidad para el QBR-And

Nivel de calidad	QBR-And	Color representativo
Vegetación de ribera sin alteraciones. Calidad muy buena. Estado natural	≥ 96	Azul
Vegetación ligeramente perturbada. Calidad Buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante. Calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración Fuerte. Mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema. Calidad pésima	≤ 25	Rojo

Nota. Rangos de calidad de conservación de la vegetación de ribera para el QBR-And

Obtenido de: (Acosta et al., 2009)

2.11. Estimación del caudal por el método del flotador

Con este método se puede calcular las velocidades superficiales de la corriente del río utilizando elementos de flotación cuyo material puede ser madera, botellas plásticas selladas o corcho (Chamorro, 2011). El caudal se calcula mediante la ecuación:

$$Q = Fc \times A \times (L/T)$$

Q= Caudal en m^3/s

L=Longitud entre los puntos en m

A=Área en m^2

T=tiempo promedio en s

Fc=Factor de corrección

Donde Fc depende del tipo de río y su profundidad, para el caso de estudio su factor de corrección es de 0.7 ya que corresponde a un canal en tierra con una profundidad mayor a 15 cm (MINAGRI, 2015).

2.12. Marco legal

La normativa en el Registro Oficial N° 387 donde unifica los acuerdos ambientales, establece los criterios que definen los límites permisibles de cada uno de los parámetros de calidad, dentro del registro se encuentran los valores para cada tipo de recurso hídrico, al tratarse de un río los límites de cada uno de los parámetros se encuentran definidos en la sección de los cuerpos de agua dulce (Ministerio del Ambiente, 2015).

Tabla 2
Límites permisibles

Parámetros	Unidad	Criterio de Calidad
pH	Unidades de pH	6.5-9
DBO5	mgO ₂ /L	<100
DQO	mgO ₂ /L	<250
Fosfatos	mgPO ₄ ³⁻ /L	0.1-10
Nitratos	mgNO ₃ ⁻ /L	<13
Sólidos Disueltos		
Totales	mg/L	<1500
Temperatura	° C	<28
Turbidez	NTU	<10
Oxígeno disuelto	mg/L	>6

Nota. Límites máximos permisibles de acuerdo con la normativa ambiental vigente Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015) Elaborado por: Los Autores (2023).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron para los análisis fisicoquímicos y de macroinvertebrados son los siguientes.

Tabla 3.
Materiales y equipos de medición

Parámetros	Equipos	Materiales
pH	pH-metro	Muestra de agua Agua destilada
	Agitador magnético	Probeta graduada 10 ml
DBO5	pH	Probeta Frascos Winkler
	Oxímetro	Vasos de precipitación Imán
DQO	Digestor	Viales para la DQO Vaso de precipitación
	Espectrofotómetro	Agua destilada
Fosfatos	Fotómetro	Muestra de agua
Nitratos	Fotómetro	Muestra de agua Propipeta Pipeta Reactivos
Temperatura	pH-metro	Muestra de agua Agua destilada
Oxígeno disuelto	Fotómetro	Pipeta Vaso de precipitación Probeta

Macroinvertebrados	Estereoscopio	Red Surber Pinzas Frascos de 250 ml Fundas ziploc Microtubos Alcohol
--------------------	---------------	---

Nota. Equipos y materiales que se utilizaron para determinar la calidad del río San Pedro. Elaborado por: Los Autores (2023)

3.2. Metodología

3.2.1. Diseño Experimental

El área donde se desarrolla el estudio emplea la metodología de investigación descriptiva con la caracterización de los puntos de muestreo del Río San para así poder analizarlos y detallar el estado actual de la calidad en la que se encuentra. Se utiliza Excel para el análisis y presentación de los datos recopilados a lo largo de la fase de campo, para la presentación de los resultados se elaboran gráficos se representan los datos en cada zona evaluada como son: el índice de calidad del agua y la variación que refleja entre cada punto.

Para el cálculo del Índice BMWP/Col se establecen los valores de abundancia y valor de sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados acordes al índice para la obtención del puntaje total por sector.

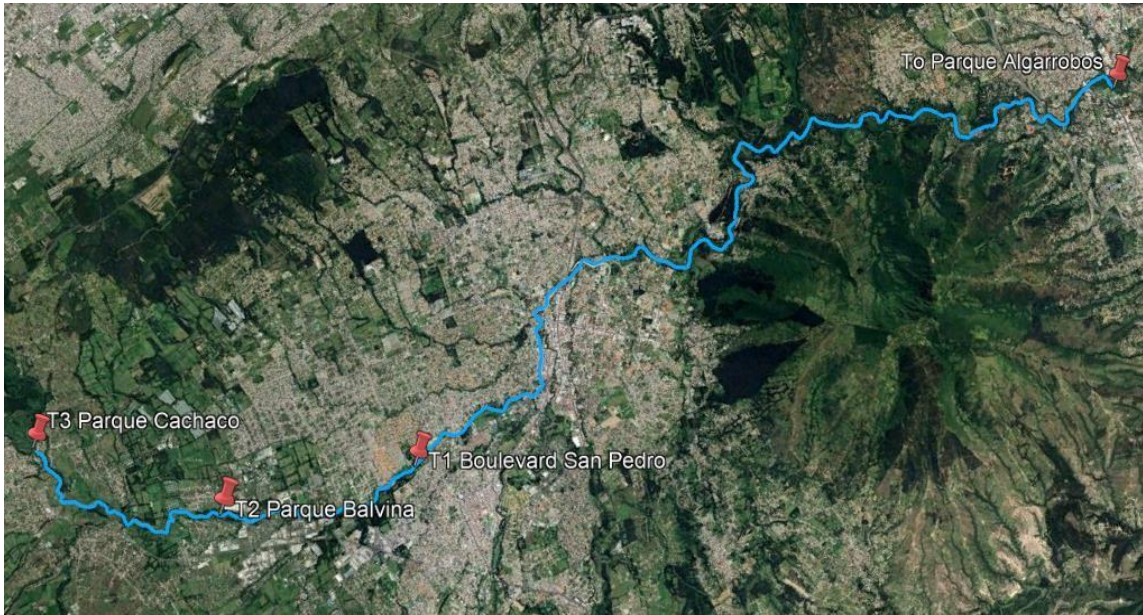
Se calculó los índices de Shannon y Simpson mediante el programa Past así como la abundancia y riqueza en cada una de las zonas de muestreo.

3.2.2. Delimitación del área de estudio

La Subcuenca del Río San Pedro está localizada en mayor parte en la provincia de Pichincha, atraviesa tres cantones: Cantón Mejía, Cantón Rumiñahui y Cantón Quito, tiene una superficie

aproximada de 750.89 km^2 , en todo el trayecto recibe aguas de diferentes ríos y quebradas entre los principales se tiene al Río Pita, Río Santa Clara, Río Cachaco y atraviesa varios centros poblados como Tambillo, Uyumbicho, Amaguaña, Sangolquí, San Rafael, Guangopolo, Tumbaco y Cumbayá (Pilalumbo, 2020).

Figura 1.
Delimitación del Río San Pedro para los puntos de muestreo



Nota. Puntos de muestreo del Río San Pedro
Elaborado por: Los Autores (2023)

En la tabla 4 se presenta las coordenadas de los cuatro puntos de muestreo del río a diferentes alturas.

Tabla 4.
Coordenadas y altitud del río San Pedro

Puntos	X	Y	Ubicación	Altitud (m.s.n.m)
T0	787199.94	9976996.97	Parque Algarrobos	2261
T1	782758.07	9963511.41	Boulevard San Pedro	2510.5
T2	780640.35	9960109.44	Parque La Balvina	2539.1

T3	777799.27	995888.91	Parque Cachaco	2596.1
----	-----------	-----------	-------------------	--------

Nota. Coordenadas y las diferentes altitudes para los cuatro puntos de muestreo

Elaborado por: Los Autores (2023)

3.2.3. Descripción del punto uno

El punto uno Parque Algarrobos ubicado en Cumbayá es una zona recreativa presenta mucha vegetación como árboles de Guarango (*Caesalpinia spinosa*), es una zona que no tiene actividad ganadera o industrial.

Figura 2

Punto uno de muestreo



Nota. Punto uno Parque Algarrobos

Elaborado por: Los Autores (2023)

3.2.4. Descripción del punto dos

El punto dos Boulevard San Pedro ubicado en San Rafael es una zona residencial y turística, presenta mucha vegetación como la Izo (*Dalea coerulea*) y el Suro (*Chusquea scandens*), es una zona con poca actividad ganadera o industrial.

Figura 3.

Punto dos de muestreo



Nota. Punto dos Boulevard San Pedro

Elaborado por: Los Autores (2023)

3.2.5. Descripción del punto tres

El punto tres está ubicado en el sector de La Balvina es un sector residencial y presenta actividad ganadera por parte de los moradores del sector en las orillas del río, existe vegetación como el Diente de león (*Taraxacum officinale*) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), de igual manera las personas que habitan la zona realizan sus actividades agrícolas, sin embargo, existe una gran cantidad de residuos sólidos urbanos que se encuentran a orillas de río.

Figura 4.

Punto tres de muestreo



Nota. Punto tres Parque Ecológico Balvina

Elaborado por: Los Autores (2023)

3.2.6. Descripción del punto cuatro

El punto cuatro está ubicado en el Parque Ecológico Cachaco es una zona turística y residencial, con presencia de vegetación como el Helecho costilla (*Blechnum occidentale*) y la Salvia de los chillos (*Salvia scutellarioides kunth*), se encontraron desechos sólidos urbanos en la superficie, también existe una descarga de aguas residuales domésticas al río. A pesar de ser una zona turística en su mayoría, los residentes realizan pocas actividades ganaderas generando desechos de los animales cerca de la zona del río.

Figura 5.

Punto cuatro de muestreo



Nota. Punto cuatro, Parque Cachaco donde existe descarga directa al Río San Pedro.

Elaborado por: Los Autores (2023).

3.2.7.

Determinación de caudal en los puntos de muestreo

Los resultados de la profundidad, velocidad y caudal en los cuatro puntos de muestreo son:

(Tabla 5)

Tabla 5.

Información de los cuatro puntos de muestreo en el Río San Pedro

Punto de muestreo	Profundidad (m)	Tiempo (s)	Ancho del río (m)	Velocidad (m/s)	Área (m^2)	Caudal Q (m^3/s)
PA	0.30	14.6	11.80	0.80	3.54	1.98

BSP	0.27	11.7	27	0.85	7.29	4.33
PEB	0.43	22.30	12.50	0.45	5.38	1.69
PC	0,50	5.45	9	1.83	4.5	5.76

Nota. Datos obtenidos en los cuatro puntos de muestreo mediante el método del flotador.

Elaborado por: Los Autores (2023).

3.3. Metodología para la determinación del Índice QBR

El método para la determinación de la calidad del bosque de la ribera considera el ancho total posible de la ribera con el fin de calcular el QBR, se diferencia visualmente la orilla y la ribera describiendo si la zona de la orilla del cauce y la zona de la ribera es inundable periódicamente.

El índice QBR está basado en cuatro bloques independientes en los cuales se asigna una puntuación positiva y no superior a 25 como se muestra en las tablas 6, 7, 8 y 9. En cada bloque se puede ingresar una puntuación de 0, 5, 10 o 25 según las condiciones a las que se encuentre la zona descrita en la parte inferior de cada bloque. La suma de los cuatro bloques refleja la puntuación obtenida dando valores que varían entre 0 y 100 los cuales indican en que rango de calidad se encuentra,

EL índice considera varios factores en el grado, estructura y calidad de la cobertura como es el porcentaje de la vegetación, los márgenes del río, el tipo de distribución de los árboles y el tipo de geomorfología de la ribera.

Tabla 6.
Grado de cubierta de la zona de ribera

PUNTUACIÓN	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de la ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de la ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de la ribera

+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50 %
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50 %
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

Nota. Puntaje del grado de cubierta de la zona de ribera.
Obtenido de:(F.E.M. Research Group, 2018).

Tabla 7.
Estructura de la cubierta

PUNTUACIÓN	
25	Recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y 25 %
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10%
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque
-5	Si existe una distribución regular en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	Si existe una distribución regular en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %

Nota. Puntaje de la estructura de cubierta de la zona de ribera.
Obtenido de:(F.E.M. Research Group, 2018).

Tabla 8.
Calidad de la cubierta

PUNTUACIÓN		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2	>3
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1-2
0	Sin árboles autóctonos			
+10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río uniforme y ocupado > 75 % de la ribera, si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre 50 – 75 % ribera)			
+5	Si existe una disposición en galería de diferentes comunidades	>2	>3	>4
+5	Si el número diferente de especies de arbustos es:			
-5	Si existe estructura construidas por el hombre			
-5	Si existe alguna sp. de árbol introducida (alóctona)** aislada			
-10	sí existe sp. Árboles alóctonas** formado comunidades			
-10	Si existen vertidos de basuras			

Nota. Puntaje de la calidad de cubierta de la zona de ribera. Obtenido de:(F.E.M. Research Group, 2018).

Tabla 9.

Grado de naturalidad del canal fluvial

PUNTUACIÓN	
25	El canal de río no ha estado modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo

Nota. Puntaje del grado de naturalidad del canal fluvial de la zona de ribera.
Obtenido de:(F.E.M. Research Group, 2018).

3.4. Metodología para toma de muestras según la norma INEN 2169:2013.

El método para la toma de muestras consiste en el llenar el recipiente sin permitir el ingreso de aire, una vez tomadas las muestras se deben mantener cada una a temperaturas bajas, si el tiempo es prolongado se debe congelar a -20° C. Las muestras se sellan previamente para protegerlas y se trasladan de manera inmediata, por último, para que las muestras se almacenen se debe etiquetar con anterioridad proporcionando la fecha y hora del muestreo, Nombre de la persona que realizó el muestreo y el tipo de análisis a realizar (INEN 2169, 2013).

3.5. Metodología de toma de muestras para análisis fisicoquímicos

Para la toma de muestra, se medirán los siguientes parámetros: Temperatura (T°), Velocidad (V), Profundidad (H), Caudal (Q), oxígeno disuelto pH y se recolectará muestras para medir DBO5, Solidos Totales, nitratos, fosfatos que serán analizados según STANDARD METHODS, la recolección de las muestras se lo realizará según lo especificado en la Norma NTE 2169:2013.

Para la conservación de las muestras físicas y químicas se toman una serie de parámetros como lo son las técnicas de envasado y preservación, el tipo de recipiente, y el tiempo de traslado y preservación antes del análisis (INEN 2169, 2013).

Las técnicas descritas para cada uno de los parámetros fisicoquímicos recomiendan lo siguiente:

Figura 6.*Descripción para la conservación de muestras para diferentes parámetros*

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación
Fósforo total	V o VB o P	250	Acidificar a pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄ d
pH	P	250	Congelar a -20°C
	P o V Llenar contenedor completamente para excluir el aire	100	Se enfría entre 1°C y 5°C
Turbiedad	P o V	100	Se enfría entre 1°C y 5°C. Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad
Nitrato	P o V	250	Se enfría hasta 1°C y 5°C
	P o V	250	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl
	P	250	Congelar a -20°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	P o V	1000 Llenar contenedor completamente para excluir el aire	Se enfría a 1°C y 5°C
Demanda química de oxígeno (DQO)	P	1000	Congelar a -20°C
	P o V	100	Acidificar a pH 1 a 2 con H ₂ SO ₄
	P	100	Congelar a -20°C
Oxígeno	P o V	300 Recipiente deberá rellenarse	

completamente

Nota. Características para la conservación de muestras físico químicas. Fuente: NTE INEN

Figura 7.*Descripción para la conservación de muestras para diferentes parámetros*

Parámetro	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Fósforo total	1 mes 1 mes	Ver “Fósforo, disuelto” 6 meses	
pH	6 h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible y, preferentemente, inmediatamente en el lugar después del muestreo	973
Turbiedad	24 h	Preferiblemente llevar a cabo en el campo	
Nitrato	24 h 7 días 1 mes		975 995
Demanda	24 h	Mantener muestras	1202
Bioquímica de Oxígeno (DBO)	1 mes	almacenadas en la oscuridad En caso de congelación para -20°C 6 meses (1 mes si <50 ml)	
Demanda química de oxígeno (DQO)	1 mes 1 mes	6 meses 6 meses	1203
Oxígeno	4 días	Fijar el oxígeno en el lugar y mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El método electroquímico puede ser utilizado también y se puede llevar a cabo en el sitio.	1106

Nota. Características para la conservación de muestras físico químicas. Fuente: NTE INEN

3.6. Metodología de toma de muestras para macroinvertebrados

3.6.1. Toma de muestras de macroinvertebrados

Para la toma de muestras de macroinvertebrados se lo realizó con la Red Surber, la red se colocó contra corriente y el fondo se removió de forma manual para recolectar el sedimento con la red, cubriendo aproximadamente 1 m² en todos los puntos de muestreo (Nugra, 2016)

Figura 8.

Toma de muestras con Red Surber



Nota. Toma de muestras con la Red Surber en el punto de las Balbinas

Elaborado por: Los Autores (2023).

3.6.2. Limpieza de las muestras de macroinvertebrados

El material que se recolectó es colocado en bandejas de metal limpiando y separando todos los organismos vivos de las ramas que se encuentran en la red con el uso de pinzas entomológicas, se coloca con alcohol al 75 % y debidamente etiquetado.

Figura 9.

Limpieza de macroinvertebrados



Nota. Limpieza de los macroinvertebrados

Elaborado por: Los Autores (2023).

3.6.3. Identificación de los macroinvertebrados

La identificación taxonómica se lo realizó en el laboratorio de microbiología de la Universidad Politécnica Salesiana con la ayuda del estereomicroscopio y cajas Petri, para el análisis de la diversidad se debe llegar hasta el nivel más bajo de clasificación (Andino et al., 2017). Según Andino y Espinosa en su “Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo” se pueden observar algunas características que ayuden a identificar a que familia pertenecen, también en la “Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca” de Gonzales y Crespo se utiliza para la identificación de indicadores biológicos.

Figura 10.

Identificación de macroinvertebrados con estereoscopio



Nota. Identificación de macroinvertebrados.

Elaborado por: Los Autores (2023)

3.6.4. Cálculo de Índice BMWP/COL

Para el cálculo del índice BMWP/COL se requirió llegar hasta el nivel de familia y el puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total del índice (Roldán-Pérez, 2016)

Tabla 10

Puntajes para el índice BMWP/Col clasificados por cada familia

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenida	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4

Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae,	3
Physidae, Tipulidae	
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Nota. Familias y su valoración de acuerdo con su grado de adaptación a las diferentes calidades de agua. Elaborado por: Los Autores (2023) Obtenido de (Roldán-Pérez, 2016)

3.7. Análisis y métodos para parámetros físicos químicos

3.7.1. Temperatura

Para determinar la temperatura de las muestras se realizó *in situ* con el ph-metro portátil marca Hanna tomando 250 ml de muestra de agua y colocando en un recipiente, se espera alrededor de 1 minuto y el equipo dará la lectura de la temperatura en ° C.

3.7.2. pH

El pH se midió *in situ* con el pH-metro marca Hanna, en una muestra de agua de 250 ml se coloca el aparato hasta que brinde la lectura del pH esto se lo realiza en todas las muestras de agua que se han recolectado.

3.7.3. Turbidez

La turbidez se analizó en el laboratorio con el turbidímetro, en primer lugar, se debe encerrar el turbidímetro con 10 ml de agua destilada en una celda de vidrio, posterior a esto se coloca 10 ml de nuestra muestra en una celda de vidrio hasta obtener la turbidez en NTU (Unidad Nefelométrica de turbidez).

3.7.4. Oxígeno Disuelto

Se colocó 50 ml de muestra en un vaso de precipitación de 400 ml se ingresó a la terminal del oxímetro para obtener los valores de Oxígeno en mgO₂/L.

3.7.5. Demanda Química del Oxígeno

Se utilizó el biodigestor a una temperatura de 150 ° C, se realizó la preparación del blanco con una jeringuilla de 1 ml se tomó 0.2 ml de agua destilada y se lo transfirió al vial de DQO. Para la preparación de la muestra se utilizó una jeringuilla de 1 ml y se tomó 0.2 ml de la muestra y se transfirió al vial de DQO HR de Hanna hasta homogenizarlo, cuando el biodigestor alcanzó la temperatura requerida se insertó los viales y se esperó el tiempo de digestión. Para medir la cantidad de DQO en mg/L se utilizó el espectrofotómetro Hanna con el método DQO HR, primero se encendió con el vial blanco, después de este proceso se insertó el vial con la muestra de los diferentes puntos a analizar y se obtuvo el valor.

3.7.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Para evaluar la demanda bioquímica de oxígeno se preparó el agua de dilución donde se agrega 1 ml de reactivos necesarios: Regulador de fosfatos pH 7.2, MgSO₄, CaCl₂, FeCl₃ y se debe airear durante una hora con bombas con un agitador magnético. Después de este proceso se llenó los frascos Winkler con agua de dilución hasta la mitad y se determinó la concentración de oxígeno disuelto inicial con el oxímetro, después se llenó los frascos con agua de dilución hasta el tope y taparlos. Posteriormente se procedió a incubar a 20 ° C por 5 días los frascos de DBO5 que contenga el factor de dilución, para determinar la DBO5 se lo realizó con la siguiente ecuación:

$$DBO \text{ (mg/L)} = \frac{\text{Oxígeno Disuelto}_{\text{inicial}} - \text{Oxígeno Disuelto}_{\text{final}}}{\text{factor de dilución}} * 100$$

3.7.7. Nitratos

Se colocó 10 ml de muestra en un vaso de precipitación de 100 ml, se añadió 1 ml de nuestra muestra en el vial de nitrato hasta que se homogenizó, este será el vial blanco con el que se encendió el espectrofotómetro Hanna, una vez encerrado se adicionó 1 paquete de reactivo de nitrato en el vial con la muestra y se procedió a colocar el temporizador de 5 minutos para leer el resultado en mg/L de

nitrógeno amoniacal (NO₃-N) (ver anexo 4).

3.7.8. Fosfatos

Se añadió 10 ml de muestra en una celda de vidrio, se colocó en el espectrofotómetro Hanna, se insertó el vial con la muestra para encerrar el equipo, después de este proceso se agregó un paquete de reactivo de fosfato y se agitó hasta que se homogenizó, se colocó el temporizador de 5 minutos y se esperó la lectura del instrumento en mg/L de fosfato (PO₃).

3.7.9. Sólidos Totales Disueltos

Se colocó 50 ml de muestra en un recipiente para insertar en pH metro hasta que arroje los resultados de TDS en ppt para posteriormente realizar la transformación a ppm.

3.8. Variables Independientes y dependientes

3.8.1. Variables Dependientes

Los parámetros que se analizaron en el Río San Pedro fueron los siguientes: Coliformes fecales, pH, DQO, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, oxígeno disuelto, índices biológicos como BMWP/COL, Shannon, corresponden a variables dependientes.

3.8.2. Variables independientes

Las variables independientes será el tratamiento de la Zona cero, alta, media y baja del Río San Pedro.

Tabla 11.

Descripción de los tratamientos estudiados

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	Altitud (m.s.n.m)
---------------------	--------------------	--------------------------

T0	Zona cero	2261
T1	Zona alta del efluente	2510.5
T2	Zona media del efluente	2539.1
T3	Zona baja del efluente	2596.1

Nota. Tratamientos estudiados en el Río San Pedro

Elaborado por: Los Autores (2023)

Se determinó que por cada tratamiento exista tres repeticiones por cada punto de muestreo, en total se recolecta doce muestras por los cuatro puntos de muestreo.

4. Resultados y Discusión

4.1.1. Sólidos Totales Disueltos

En la figura 12 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible establecido en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de sólidos totales disueltos. En los valores obtenidos se puede evidenciar una leve variación entre cada uno de los puntos de muestreo sin ser representativa la diferencia.

Los sólidos disueltos totales al estar presentes con una concentración elevada superan los límites permisibles, se percibió que en el cuerpo de agua existe un olor desagradable, una apariencia opaca u oscura además de afectar en otros aspectos con sus respectivas complicaciones (Jácome, 2014). Los cuatro puntos están por debajo de la norma establecida, los puntos con mayor concentración son el Boulevard San Pedro y el Parque Ecológico Balvina, estos valores corroboran lo observado en las figuras 2,3 y 4 donde se visualiza que el río no tiene ninguna apariencia oscura que indique saturación de sólidos disueltos.

Tabla 13*Resultados de Sólidos totales disueltos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro*

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	STD	Muestra	STD	Muestra	STD	Muestra	STD	
PA01	160	BSP01	200	PEC01	200	PC01	120	<1500
PA02	160	BSP02	190	PEC02	190	PC02	124	
PA03	180	BSP03	190	PEC03	190	PC03	120	
Promedio	166.6±		193.3		193.3		121.3	
Desviación estándar: 33.96								

Nota. Valores de sólidos disueltos totales en los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.2. pH

En la figura 13 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 9 y no son inferiores a 6.5, estos valores son descritos en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de potencial de hidrógeno.

Tanto los protocolos para la determinación de la calidad del agua y la normativa ambiental vigente establecen que el rango del parámetro de pH es de 6-9 debido que si el valor esta fuera de este rango puede indicar si el agua carece de nutrientes o presenta niveles de toxicidad causado por algún compuesto descargado en el río, el agua con un pH bajo puede incrementar la corrosión además de influir en otros procesos, en cuanto al pH alto que supera el límite puede alterar la composición afectando aspectos como la composición y el sabor. Los rangos de valores del Parque Algarrobos, Boulevard San Pedro, Parque Ecológico Balvina y Parque Cachaco son 8.22-8.37, 8.3-8.45, 8.51-8.59

y 8.34-8.57 respectivamente manteniéndose dentro de la norma indicando que en cuanto este parámetro no hay contaminación.

Tabla 14

Resultados de pH en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA	
Muestra	pH	Muestra	pH	Muestra	pH	Muestra	pH	Máx	Min
PA01	8.37	BSP01	8.3	PEC01	8.59	PC01	8.49	9	6.5
PA02	8.22	BSP02	8.38	PEC02	8.51	PC02	8.57		
PA03	8.35	BSP03	8.45	PEC03	8.57	PC03	8.34		
Promedio	8.31±		8.37		8.55		8.46		

Desviación estandar: 0.105

Nota. Valores del pH in situ en los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.3. Temperatura

En la figura 14 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 28 ° C descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de temperatura.

Los valores de la temperatura varían dependiendo de la altura en la que se realiza la toma de muestras, de ser el caso que excedan los límites permisibles pueden llegar a afectar a la solubilidad, contenido de oxígeno disuelto y la biodegradación orgánica (Gil-Marín, 2018). Los valores de temperatura del Parque Algarrobos se encuentran en un rango de 18.9-20.5, Boulevard San Pedro con 14.8-18.4, Parque Ecológico Balvina con 15.5-18.1 y el Parque Cachaco con un rango de 14.3-17.3; ninguno de los valores mencionados sobrepasa el límite máximo permisible y su variación es producido por las horas en las que se tomaron las mediciones

Tabla 15.*Resultados de temperatura en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro*

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	T °C	Muestra	T °C	Muestra	T °C	Muestra	T °C	Máx
PA01	19.8	BSP01	14.8	PEC01	15.5	PC01	14.3	<28
PA02	20.5	BSP02	15.2	PEC02	15.9	PC02	15.7	
PA03	21.3	BSP03	18.4	PEC03	18.1	PC03	17.3	
Promedio	20.53±		16.13		16.5		15.76	

Desviación estandar: 2.22

Nota. Valores de temperatura in situ en los cuatro puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.4. Turbidez

En la figura 15 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 10 NTU descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de turbidez.

La turbidez del agua es un parámetro que está directamente relacionado con los sólidos en suspensión además de los factores climáticos como la lluvia la cual puede alterar el valor incrementándolo, es importante que la turbidez no exceda el límite permisible debido a que puede causar que los microorganismos adquieran una mayor protección ante la desinfección y puede estimular la proliferación de las bacterias disminuyendo la calidad del agua (Amado-Alvarez, 2018). Se obtuvieron los siguientes rangos de valores, 6.63-7.13 para el Parque Algarrobos, 3.5-3.67 para el Boulevard San Pedro, 4.31-6.16 para el Parque Ecológico Balvina y 1.85-2.22 NTU para el Parque Cachaco. Ninguna de las zonas de muestreo presenta valores que superen el límite permisible del mismo

modo que los Sólidos Disueltos corroborando que no existe una alta concentración, es por esa razón que el agua tiene un aspecto claro.

Tabla 16.

Resultados de turbidez en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	Turbidez	Muestra	Turbidez	Muestra	Turbidez	Muestra	Turbidez	Máx
PA01	7.13	BSP01	3.67	PEC01	4.31	PC01	1.93	<10
PA02	6.63	BSP02	3.57	PEC02	6.16	PC02	2.22	
PA03	6.71	BSP03	3.5	PEC03	5.6	PC03	1.85	
Promedio	6.82±		3.58		5.35		2	
Desviación estándar: 2.096								

Nota. Valores de la turbidez en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.5. Oxígeno Disuelto

En la figura 16 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite mínimo permisible de 6 mg/L descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de oxígeno disuelto.

Los valores de oxígeno disuelto dependen del tipo de actividad que se realiza en el sistema siendo física, química o bioquímica, también depende de otro parámetro el cual es la temperatura que influye en la velocidad de reacciones químicas y biológicas, la concentración no puede ser baja debido a que no se podría desarrollar la vida dentro del río, y la concentración baja mientras que la temperatura aumenta (Yáñez, 2018). Los valores de oxígeno disuelto para todas las zonas de muestreo varían entre un rango de 8.08 que es el valor más bajo que se obtuvo en el Boulevard San Pedro y el valor más alto

de 8.35 en el Parque Ecológico Balvina, estos valores demuestran que al no las temperaturas no son muy elevadas lo cual ayuda que el oxígeno no disminuya hasta el punto del límite mínimo permisible indicando que si se puede desarrollar la vida en el río y aportando a la calidad del agua.

Tabla 12.

Resultados de oxígeno disuelto en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	OD	Muestra	OD	Muestra	OD	Muestra	OD	(mg/l)
PA01	8.24	BSP01	8.08	PEC01	8.26	PC01	8.28	>6
PA02	8.1	BSP02	8.12	PEC02	8.30	PC02	8.33	
PA03	8.18	BSP03	8.15	PEC03	8.35	PC03	8.30	
Promedio	8.17±		8.11		8.30		8.30	
Desviación estandar: 0.095								

Nota. Valores de oxígeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.6. Nitratos

En la figura 17 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 13 mg NO₃-/L descrito en el Acuerdo ministerial 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria para el parámetro de nitratos.

La cantidad de nitratos presentes en el agua al ser contaminantes no son adsorbidos, no se precipitan, este tipo de contaminación puede deberse a diversos factores como lo son los depósitos y los tanques séptico o por las amplias áreas del campo donde los fertilizantes son aplicados y dispersados en el cuerpo de agua (Del Puerto Rodríguez, 2018). Ninguna de las zonas de muestreo presenta las características que indiquen que sobrepasan los límites de nitrógeno sin embargo existen zonas que por

el tipo de actividad que se desarrollan a los alrededores provocan el incremento de este contaminante

como lo son las zonas del parque Cachaco con un valor promedio de 5.97 mgNO₃-/L y el Parque Ecológico Balvina con un valor de 5.03 mgNO₃-/L debido a que se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas en los alrededores a diferencia de la zona de Parque Algarrobos que tiene 4.80 mgNO₃-/L y el Boulevard San Pedro con 4 mgNO₃-/L.

Tabla 17.

Resultados de Nitratos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	Nitratos	Muestra	Nitratos	Muestra	Nitratos	Muestra	Nitratos	Max
PA01	3.7	BSP01	5.9	PEC01	6.4	PC01	5.1	<13
PA02	6.4	BSP02	3.3	PEC02	3.8	PC02	6.6	
PA03	4.3	BSP03	2.8	PEC03	4.9	PC03	6.2	
Promedio	4.8±		4		5.03		5.97	

Desviación estandar: 0.81

Nota. Valores de Nitratos en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023)

4.1.7. Fosfatos

En la figura 18 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 10 mg PO₄(3-)/L descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de fósforo total.

El Fosforo total al igual que los nitratos se encuentra en los fertilizantes al igual que en los detergentes, este contaminante llega al cuerpo de agua debido al escurrimiento en zonas donde existen actividades agrícolas; también son producto de los desechos industriales y de las aguas servidas, es considera contaminante cuando supera las concentraciones permitidas (Yáñez, 2018). En los puntos con mayor concentración de fosfatos que son Parque Ecológico Balvina con 1.91 mgPO₄³⁻/L y Parque Cachaco con 1.71 mgPO₄³⁻/L se debe a que en la existen actividades ganaderas y agrícolas sin embargo no superan el límite permisible al igual que el Parque Algarrobos con 0.68 mgPO₄³⁻/L y el Boulevard San Pedro con 0.08 mgPO₄³⁻/L debido a que no existe una saturación de la actividad en los puntos de muestreo

Tabla 18.

Resultados de Fosfatos en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	Fosfatos	Muestra	Fosfatos	Muestra	Fosfatos	Muestra	Fosfatos	
PA01	0.36	BSP01	0.08	PEC01	1.13	PC01	1.05	0.1-10
PA02	0.77	BSP02	0.09	PEC02	2.32	PC02	1.99	
PA03	0.90	BSP03	0.07	PEC03	2.27	PC03	2.09	
Promedio	0.67±		0.08		1.91		1.71	

Desviación estandar: 0.866

Nota. Valores de Fosfatos en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.8. DQO

En la figura 19 en cada uno de estos puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible de 250 mg/L descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de demanda química de oxígeno.

Tabla 19.

Resultados de DQO en los diferentes puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	DQO	Muestra	DQO	Muestra	DQO	Muestra	DQO	
PA01	53	BSP01	40	PEC01	65	PC01	40	<250
PA02	77	BSP02	85	PEC02	42	PC02	32	
PA03	35	BSP03	112	PEC03	79	PC03	64	
Promedio	55±		79		62		45.33	

Desviación estándar: 14.19

Nota. Valores de DQO en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.1.9. DBO5

En la figura 20 en cada uno de estos puntos de muestreo sobrepasan el límite máximo permisible de 100 mg/L descrito en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno.

Al estar relacionada la DQO con la DBO5 toma en cuenta la importancia de los vertidos de aguas residuales y su posibilidad para biodegradar (Raffo & Ruiz, 2014). Al ser una zona con una gran presencia de biota tanto acuática como ganadera la concentración biológica supera los límites permisibles es por esta razón que en todos los puntos se desarrolla la actividad macro biológica y su

DBO5 es alta, En el Parque Algarrobos se encuentra 626.66 mg/L, en el Boulevard San Pedro 714.66 mg/L, en el Parque Ecológico Balvina 732 mg/L por último el Parque Cachaco con 737.33 mg/L siendo los dos últimos puntos con mayor concentración debido al tipo de actividad ya mencionada.

Tabla 20

Resultados de DBO 5 en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

PARQUE ALGARROBOS		BOULEVARD SAN PEDRO		PARQUE ECOLÓGICO BALVINA		PARQUE CACHACO		NORMA
Muestra	DBO5	Muestra	DBO5	Muestra	DBO5	Muestra	DBO5	
PA01	608	BSP01	624	PEC01	772	PC01	740	<100
PA02	628	BSP02	760	PEC02	732	PC02	720	
PA03	644	BSP03	760	PEC03	692	PC03	752	
Promedio	626.66±		714.66		732.00		737.33	

Desviación estandar: 51.58

Nota. Valores de DBO5 en los diferentes puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores (2023).

4.2. RESULTADOS DEL ICA

Tabla 21.
Índice de calidad

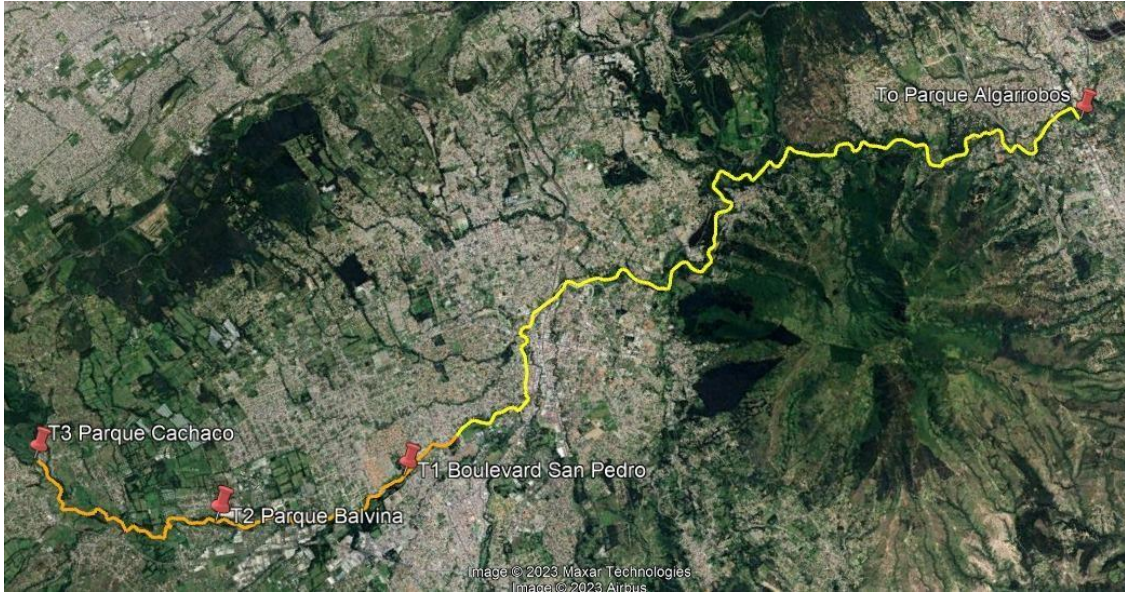
Parámetro	Temperatura	Solidos Disueltos	pH	Oxígeno Disuelto	Turbidez	Nitratos	Fosfatos	DBO5	ICA
Código del muestreo	°C	mg/L	U pH	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	
P1	20.53	166.67	8.31	8.17	6.82	4.8	0.68	626.67	37.93
P2	16.13	193.3	8.37	8.12	3.28	4	0.08	714.66	48.04
P3	16.50	193.33	8.55	8.30	5.35	5.03	1.90	732	44.08
P4	15.76	122.66	8.46	8.30	15.76	5.96	1.71	737.33	44.62

Nota. Cálculo del ICA obtenidos en los cuatro puntos de muestro.

Elaborado por: Los Autores (2023).

Según la clasificación del ICA el punto 1 Parque Algarrobos, el punto 2 Boulevard San Pedro, el punto 3 Parque Balvina y el punto 4 Parque Cachacose encuentran con una calidad de agua mala.

Figura 11
Mapa del índice de calidad de agua



Nota. Calidad de agua según del Río San Pedro según el ICA Elaborado por: (Autores,2023)

Tabla 22
Clasificación Del ICA

Calidad de agua	Valor	Color
Excelente	91 a 100	

Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Pésima	0 a 25	

Nota. Calidad de agua según el ICA. Fuente:(MARN, 2012)
Elaborado por: Los Autores (2023)

La calidad de un río depende de varios aspectos influyentes como la distribución geográfica de la cuenca, las condiciones climáticas a las que se encuentra sometido el río y de los aportes antropogénicos como las actividades agrícolas o ganaderas (Hinojoza, 2018). Para el caso de estudio los puntos reflejan los aspectos a los cuales están sometidos comenzando por la altura en la que se encuentran siendo el Parque Ecológico Balvina uno de los más bajos sin embargo también es la zona que posee varias actividades que se realizan a su alrededor como la ganadera además de que evidenciaban residuos regados por la zona.

4.3. INDICE QBR-And

Tabla 23.
Resultados del índice QBR para los cuatro puntos de muestreo

PUNTO	PUNTAJE QBR	NIVEL DE CALIDAD	COLOR
PA	55	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	
BSP	40	Alteración fuerte, mala calidad	
PEB	35	Alteración fuerte, mala calidad	
PC	30	Alteración fuerte, mala calidad	

Nota. Puntaje del índice de calidad del bosque de ribera para los cuatro puntos de muestreo
Elaborado por: Los Autores (2023)

4.4. ÍNDICE BMWP/ COL

En los cuatro puntos de muestreo, se identificaron siete familias de macroinvertebrados teniendo un total de 1221 individuos (Ver anexo 5).

Tabla 24*Número de individuos por cada punto de muestro*

Familia	PA	BSP	PEB	PC	N° de individuos por familias
<i>Xiphocentronidae</i>	38	181	87	29	335
<i>Leptohyphidae</i>	-	-	7	-	7
<i>Hyaellidae</i>	5	143	83	7	238
<i>Ceratopogonidae</i>	-	2	-	-	2
<i>Glossiphoniidae</i>	18	155	57	45	275
<i>Chironomidae</i>	10	29	25	3	67
<i>Tubificidae</i>	85	-	102	110	297
Total General	156	510	361	194	1221

Tabla 25*Resultados BMWP/COL en los cuatro puntos de muestreo*






Familia	PA	BSP	PEB	PC	Sensibilidad
<i>Xiphocentronidae</i>	38	181	87	29	9
<i>Leptohyphidae</i>	-	-	7	-	7
<i>Hyaellidae</i>	5	143	83	7	7
<i>Ceratopogonidae</i>	-	2	-	-	3
<i>Glossiphoniidae</i>	18	155	57	45	3
<i>Chironomidae</i>	10	29	25	3	2
<i>Tubificidae</i>	85	-	102	110	1
INDICE BMWP/COL	22	25	29	22	

Nota. Presentación de resultados de acuerdo con el índice de sensibilidad para cada familia.
Elaborado por: Los Autores (2023)

Según el índice BMWP/COL los cuatro puntos de muestreo se encuentran en una clase IV de calidad crítica ya que se encuentra en valores entre 16-35 por ende son aguas muy contaminadas.

Según (Carrera, 2011) en su trabajo de investigación obtuvo como resultado un alto contenido de contaminación en las aguas del Río San Pedro ya que indica que el río recibe todas las aguas servidas de los habitantes de Amaguaña, Sangolquí y San Rafael.

Tabla 26
Método BMWP/COL

Clase	Calidad	BMWP/COL	Significado	Color
I.	Buena	>100	Aguas muy limpias a limpias	
II.	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III.	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV.	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V.	Muy crítica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	

Nota. Método BMWP/COL. Fuente: (Roldán Pérez, 1999). Elaborado por: Los Autores (2023)

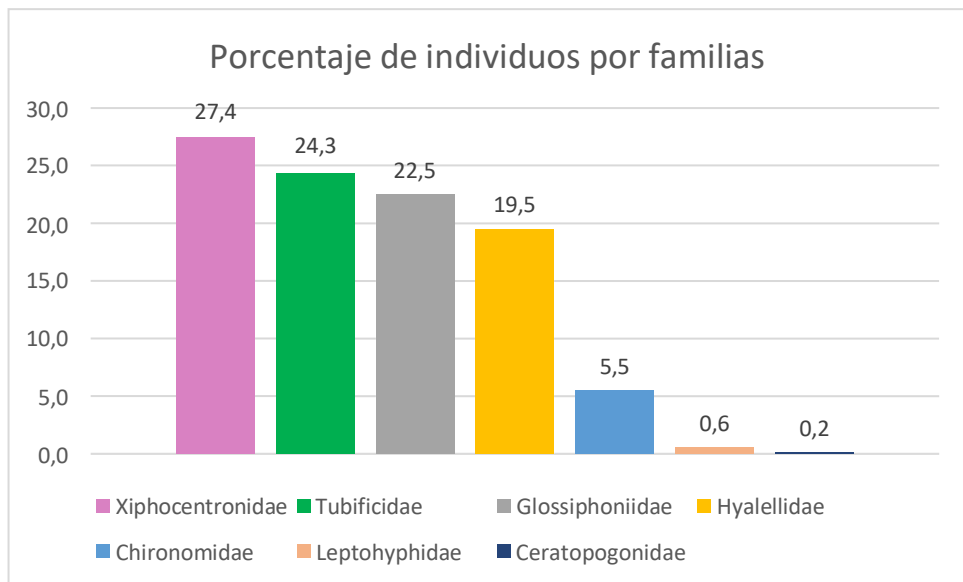
4.5. INDICE SHANNON

BIODIVERSIDAD

En las siete familias que se identificaron existen tres con más representatividad; la familia *Xiphocentronidae* es la más abundante con un 27.4 % contando un total de 335 número de individuos por los cuatro puntos de muestreo, *Tubificidae* representa 24.3 % con un total de 297 número de individuos, *Glossiphoniidae* con un porcentaje de 22.5 % en ella se encuentran 275 individuos, *Hyaellidae* con un 19.6 % encontrando 238 individuos, la familia *Chironomidae* está presente en porción menor y representa el 5.5 % con 67 individuos, se suma además a las de porción menor las familias *Leptohyphidae* y *Ceratopogonidae* con 7 y 2 individuos respectivamente.

Figura 12

Porcentaje de individuos por cada familia



Nota. Porcentaje de individuos por familia en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro

Elaborado por: Los Autores (2023)

Los resultados obtenidos para el caso de estudio en los cuatro puntos de muestreo del Río San Pedro reflejan que la diversidad de macroinvertebrados esta entre un rango de baja y media, como se muestra en la tabla 28 los valores que se encuentran entre un rango de 1.5-2.7 presenta una diversidad media como es el caso del Parque Ecológico Balvina, en cambio los valores que se encuentren por

debajo de 1.5 presentan una diversidad baja siendo este el caso del Parque Algarrobos, Boulevard San Pedro y el Parque Cachaco teniendo valores que van entre 1.12-1.27.

4.6. Resultados de los Métodos Shannon y Simpson

El Índice Simpson corrobora los valores obtenidos en el índice Shannon debido a que establece que mientras mayor sea el valor, existirá una mayor diversidad de especies, para la investigación el que presenta el mayor valor de Simpson es el punto del Parque Ecológico Balvina como se observa en la tabla 27 con un valor de 0.77 y el resto de los puntos se encuentran en un rango de valoración de 0.60-0.62.

Tabla 27

Resultados de índices de diversidad en los puntos de muestreo

	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
INDICE SHANNON	1.21	1.27	1.59	1.12
INDICE SIMPSON	0.62	0.69	0.77	0.60

Nota. Valores obtenidos mediante el programa Past. Elaborado por: Los Autores (2023)

Tabla 28.

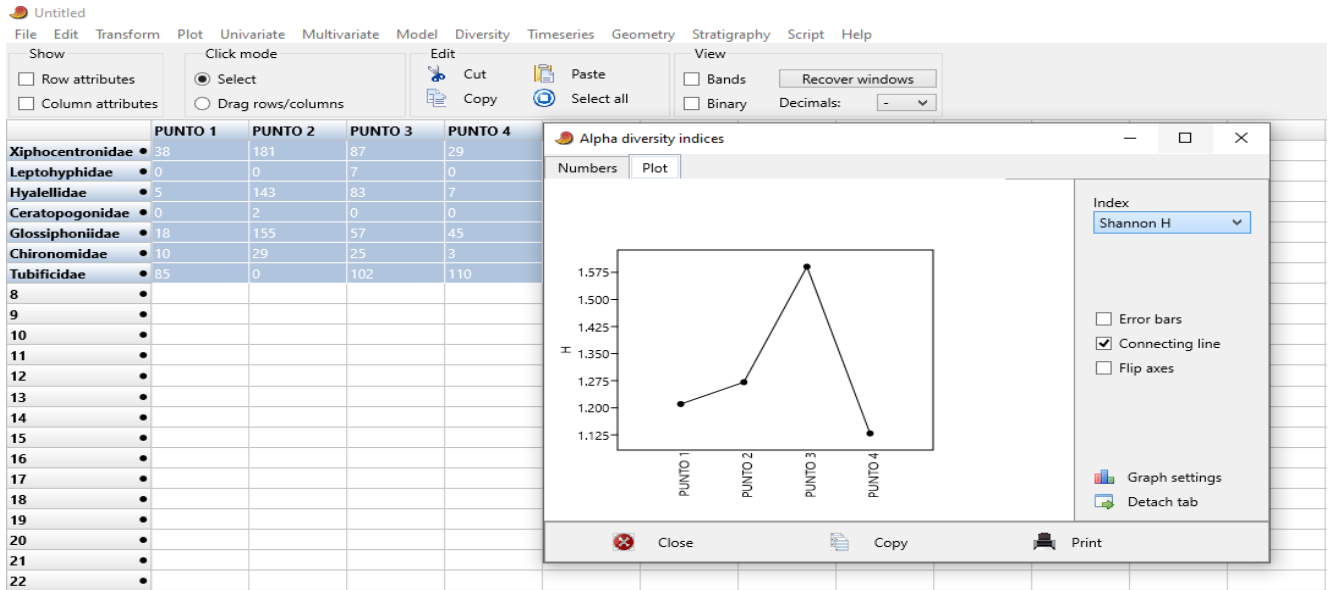
Valoración Índice de Shannon-Wiener

H'	Condición
>2.7	Diversidad alta
1.5-2.7	Diversidad media
<1.5	Diversidad baja

Nota. Valoración del índice de Shannon-Wiener con respecto a la diversidad de macroinvertebrados. Elaborado por: Los Autores (2023)

Figura 13.

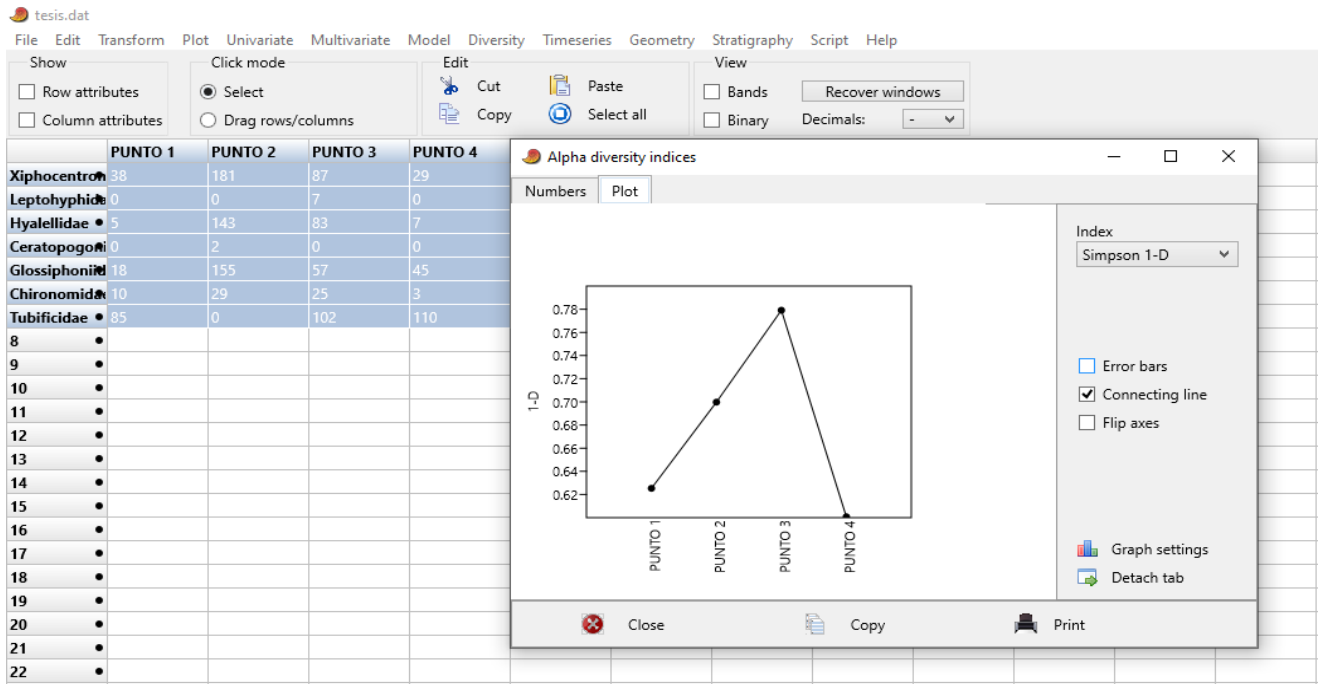
Resultado de los cuatro puntos de muestreo con el programa Past para el índice Shannon



Nota. Valoración del índice Shannon. Elaborado por: Los Autores (2023)

Figura 14.

Resultado de los cuatro puntos de muestreo con el programa Past para el índice Simpson



Nota. Valoración del índice de Simpson. Elaborado por: Los Autores (2023)

4.7. Análisis Estadístico

Tabla 29.

Resultado análisis estadístico

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre Grupos	24.6622	3	8.22074	0.01736	0.9967
Dentro de los Grupos	5680.97	12	473.415		
Total	5705.64	15			

Nota. Análisis de la varianza con el programa Past

Elaborado por: Los Autores (2023)

El valor de p que significa la probabilidad es de 0.01736 como es inferior a 0.05 quiere decir que la hipótesis no es significativa y por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

La diversidad de macroinvertebrados y el índice de calidad del agua son similares estadísticamente indicando que la calidad según ambos parámetros es la misma, aceptando que la calidad del agua y la diversidad de la población de macroinvertebrados en los puntos son similares.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Para el caso del estudio de la calidad del agua del Río San Pedro con el Índice de Calidad del Agua y el índice BMWP/Col, los parámetros analizados evidenciaron que la calidad del río se encuentra en un rango crítico por lo que significa que el agua se encuentra muy contaminada.

El Índice Shannon refleja la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados en cada uno de los puntos de muestreo por lo que el factor de la altura en la que se encuentra influye en cada punto.

Los parámetros del Índice de Calidad del Agua presentan valores afectados por diversos factores como la ganadería, actividades agrícolas y antropogénicas, en su gran mayoría ninguno de los parámetros sobrepasa el límite establecido por la normativa ambiental vigente, exceptuando casos como de la DBO5 que si sobrepasan el límite.

5.2. Recomendaciones

Considerar las diferentes épocas del año y las condiciones en las que se encuentran las zonas para llevar a cabo los muestreos y constatar la diversidad y abundancia presente en el cauce de un río.

Considerar la normativa ambiental vigente como la INEN 2169:2013 para controlar el manejo y conservación de las muestras y poder así evitar el riesgo de contaminación invalidando los posibles resultados que se obtendrán.

Plantear campañas de concientización a la población y moradores cercanos del río con respecto a la contaminación y como puede afectar a la calidad de la misma, además de establecer un límite de acceso al río para evitar actividades contaminantes producidas por las personas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & 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*.
- Amado-Alvarez, J., Pérez-Cutillas, P., Alatorre-Cejudo, L. C., Olguín-López, J. L., Ramírez-Valle, O., Segovia-Ortega, E. F., & Alarcón-Cabañero, J. J. (2018). Análisis multiespectral para la estimación de la turbidez como indicador de la calidad del agua en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista Geográfica de América Central*, 1(62), 49. <https://doi.org/10.15359/rgac.62-1.2>
- Andino, P., Espinoza, R., Guevara, R., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo*.
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis-Castro, M. (2019). Contamination of river: case Guayas river and its affluent. *Manglar*, 16(1), 63–70. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009>
- Campoverde, O. (2019). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelado*. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrera, G. (2011). “*MODELACIÓN DE OXÍGENO DISUELTOS Y MATERIA ORGÁNICA Y SU INFLUENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE INDICADORES BENTÓNICOS DE LA CUENCA DEL RÍO SAN PEDRO EN EL TRAMO AMAGUAÑA –GUANGOPOLO*”.
- Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). “*DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG*” TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL.
- Chacón, M. (2017). Análisis físico y químico de la calidad del agua. In Universidad Santo Tomás (Ed.), *instname: Universidad Santo Tomás*. Ediciones USTA. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/68990>
- Chamorro, G. (2011). *GUÍA DE HIDROMETRÍA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL POR EL MÉTODO DE FLOTADORES*.
- Del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., Solano Suárez, R., Cuellar Luna, L., Maldonado Cantillo, G., & Cantero Barroso, D. (2018). ENVIRONMENTAL FACTORS AND CONTAMINATION OF SOURCES OF WATER SUPPLY BY NITRATES IN A RURAL AREA. *Ambient*, 18(1), 1579–1587.
- EPA. (2017a). Freshwater Quality. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. <https://doi.org/10.1080/14634988.2014.980209>
- EPA. (2017b). *Freshwater Quality | US EPA*. <https://www.epa.gov/salish-sea/freshwater-quality>
- F.E.M. Research Group. (2018). *Índice de calidad del bosque de ribera: QBR*.
- GAD RUMIÑAHUI. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón Rumiñahui*.
- Gil-Marín, J. A., Vizcaino, C., & Montañó-Mata, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>
- Hinojoza, N. (2018a). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAN PEDRO, SECTOR VALLE DE LOS CHILLOS, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF)*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16821/1/T-UCE-0012-FIG-044.pdf>
- Hinojoza, N. (2018b). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAN PEDRO, SECTOR VALLE DE LOS CHILLOS, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF)*.
- Huallanca, K. (2019). *Aplicación del método “Índice de calidad de agua The National Sanitation Foundation – ICA NSF” en un tramo de la microcuenca de Huatatas, provincia de huamanga, departamento de Ayacucho*.
- INEN 2169. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION%20DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- José Him F, C. J. (2019). *CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SANTA MARÍA EN LOS ALREDEDORES DEL INGENIO LA VICTORIA, VERAGUAS, PANAMÁ*.
- Londoño, M. (2020). *ESTANDARIZACIÓN DE MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS CRUDAS Y RESIDUALES – DBO5, DQO, GyA, SST*. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18855/2/LondonoMauricio_2021_EstandarizacionMetodosFisicoquimicos.pdf
- MARN. (2012). “*Estrategias de Descontaminación de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa*.” <http://www.snet.gob.sv/estudios/uploads/DOCUMENTO.ESTRATEGIAS.pdf>
- Martínez, S. (2018). *EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DEL AGUA, PARA LA FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA MICROCUENCA QUEBRADA LA ARGENTINA, VILLAVICENCIO – META*.

- Mejía, J. (2020). *EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA CRUDA PROVENIENTE DE FUENTES SUBTERRÁNEAS PREVIO A SU DISTRIBUCIÓN PARA USO DOMÉSTICO DEL BARRIO SAN LUIS DE LA PARROQUIA LLOA*. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21135/1/CD_10651.pdf
- MINAGRI. (2015). *Manual N°5 Medición del agua*.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Registro Oficial N° 387*. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Mora, M., & Tamay, A. (2022). *Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macro invertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay*.
- Nugra, F. (2016). *GUÍA METODOLÓGICA PARA EL BIOMONITOREO DE MACROINVERTEBRADOS E ICTIOFAUNA EN LA CUENCA DEL RÍO NAPO*. 22–27.
- Omid, B. H., Mohammad Delpasand, & Hugo A. Loáiciga. (2021). *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-03830-2>
- Palacios, C. (2013). *DISTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN EL ÁREA MARINA DE LA COSTA ECUATORIANA EN LAS PROVINCIAS DE ESMERALDAS Y MANABÍ, 2008-2013*. 2.
- Pilalumbo, J. (2020). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SAN PEDRO, UBICADO DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO EN EL PERÍODO 2013-2019*". <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7084/1/PC-001049.pdf>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*.
- Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán Pérez, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*.
- Roldán-Pérez, G. (2016a). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.335>
- Roldán-Pérez, G. (2016b). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica*. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 8. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.335>
- Salcedo, M., Sánchez, J., Cruz, A., Álvarez, P., Florido, R., Ruiz, C., Garrido, A., & Díaz, R. (2018). *APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (WQI-NSF) EN LAGUNAS METROPOLITANAS Y RURALES*.
- Samboni Ruiz, C., Eugenia, N., Escobar, C., & Carlos, J. (2007). *Ingeniería e Investigación*. 27, 172–181. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- SNET. (n.d.). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA." 2015*.
- UNESCO. (2017). *AGUAS RESIDUALES EL RECURSO DESAPROVECHADO*. 40–43. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1_15.247647s.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1_15.247647s.pdf)
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas_hidrograficas.pdf
- Yáñez, S. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN LAS DESEMBOCADURAS DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES Y EFLUENTE DEL LAGO SAN PABLO, PROVINCIA DE IMBABURA (AÑO 2017)*.

7. ANEXOS

Anexo 1.

Toma de datos en los puntos de muestreo



Nota. Cálculo de caudal, velocidad y ancho del Río San Pedro
Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 2.

Toma de muestras de macroinvertebrados



Nota. Toma de muestras en el Parque Cachaco
Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 3.
Toma de parámetros in situ



Nota. Toma de pH in situ en el punto de muestreo
Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 4.
Lectura de nitratos



Nota. Lectura de nitratos en el fotómetro
Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 5.
Diversidad de macroinvertebrados



Nota. Diversidad de macroinvertebrados del Río San Pedro
Elaborado por: Los Autores (2023).

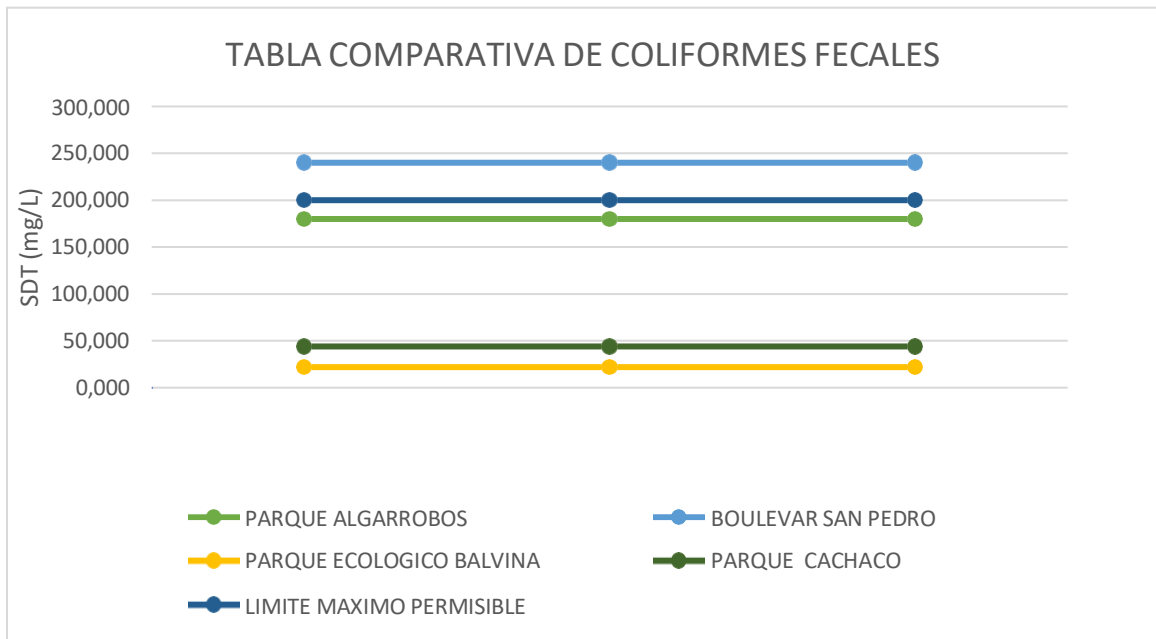
Anexo 6.
Clasificación de macroinvertebrados



Nota. Clasificación de macroinvertebrados
Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 7.

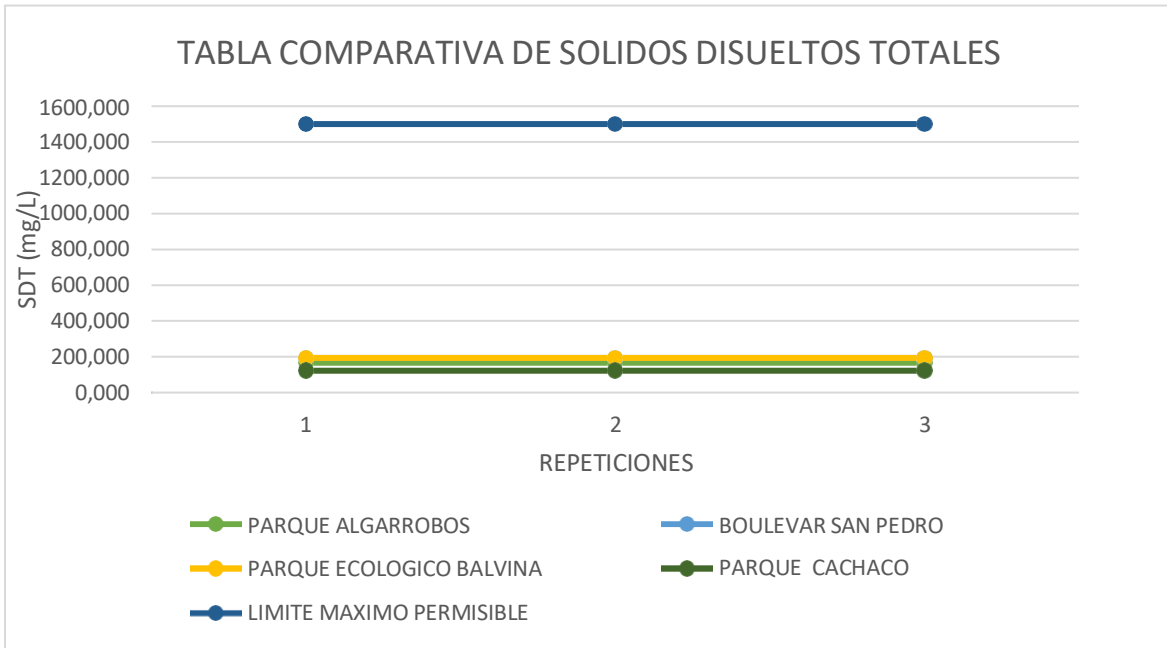
Comparación de coliformes fecales en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de coliformes fecales obtenidos en los cuatro puntos de muestreo Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 8.

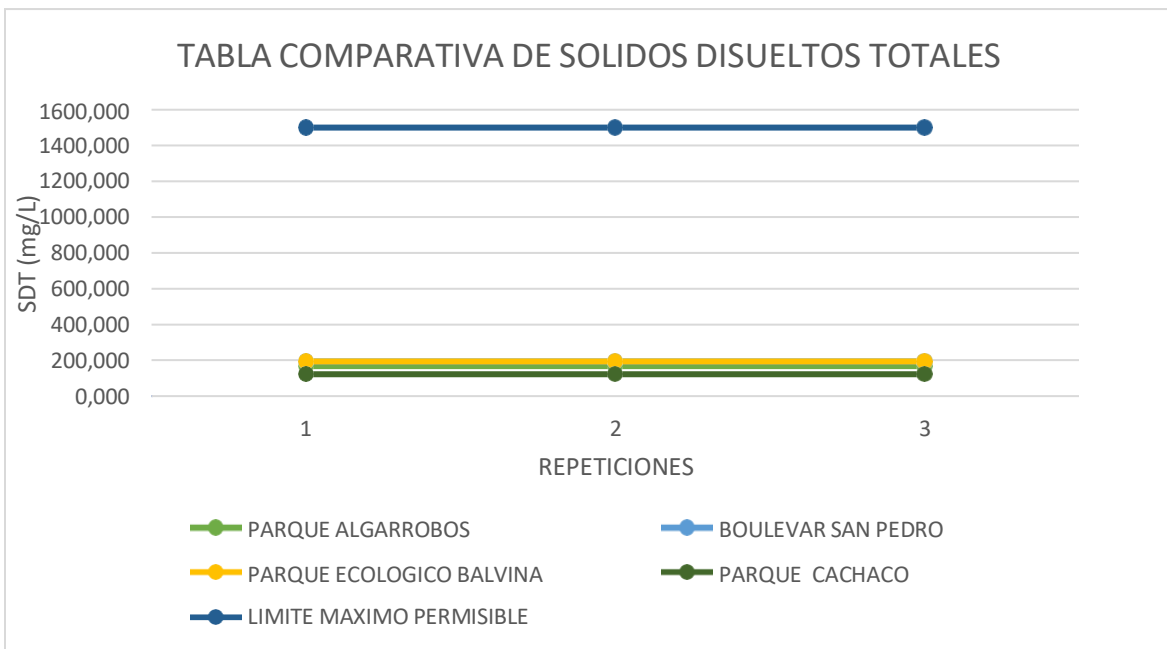
Comparación de SDT en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de SDT obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 9.

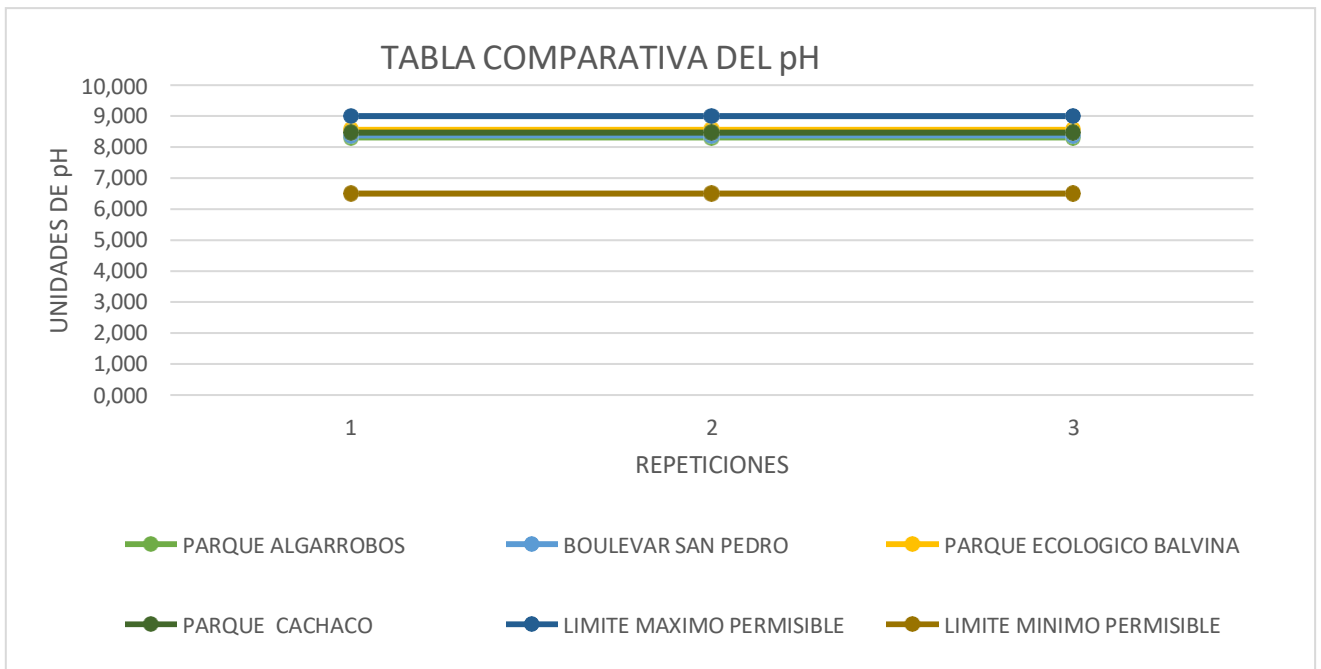
Comparación de SDT en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de SDT obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 10.

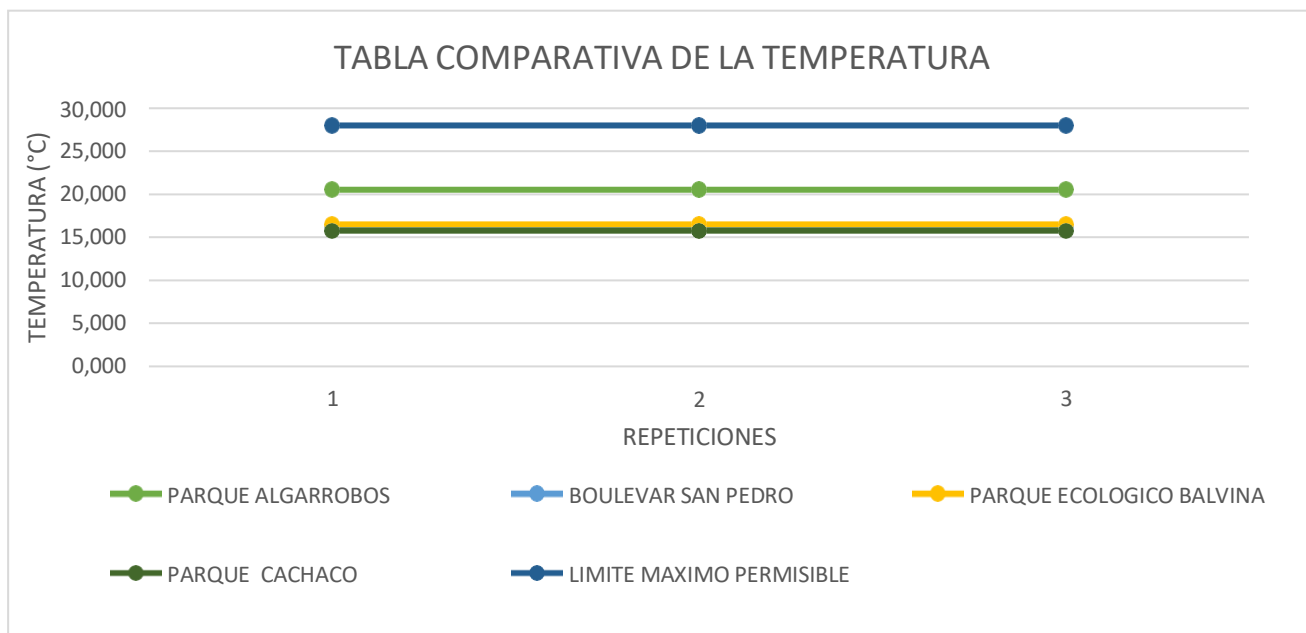
Comparación de pH en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de pH obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 11.

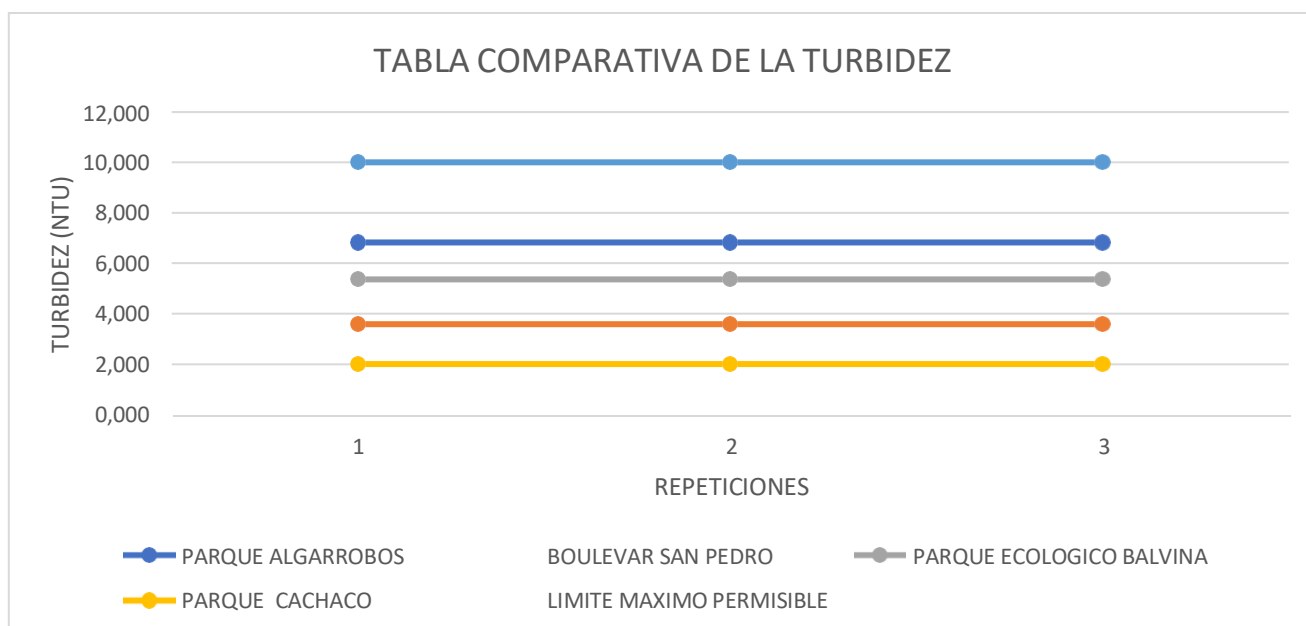
Comparación de la temperatura en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de temperatura obtenidos en los cuatro puntos de muestreo Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 12.

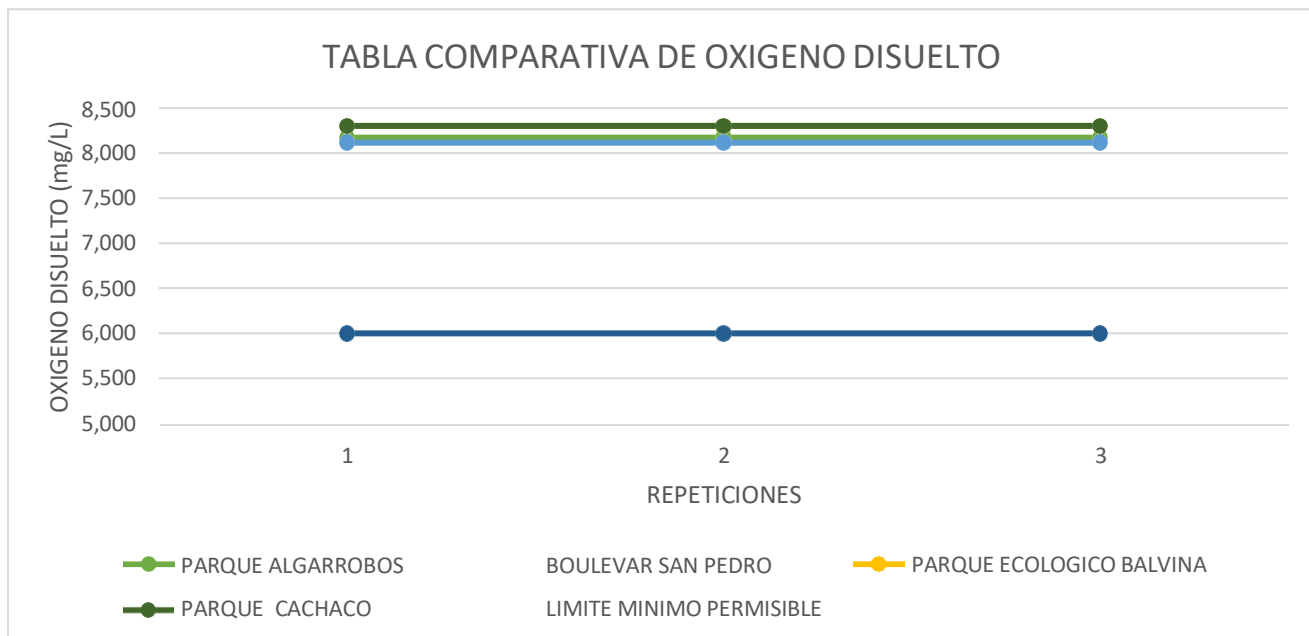
Comparación de la turbidez en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de turbidez obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 13.

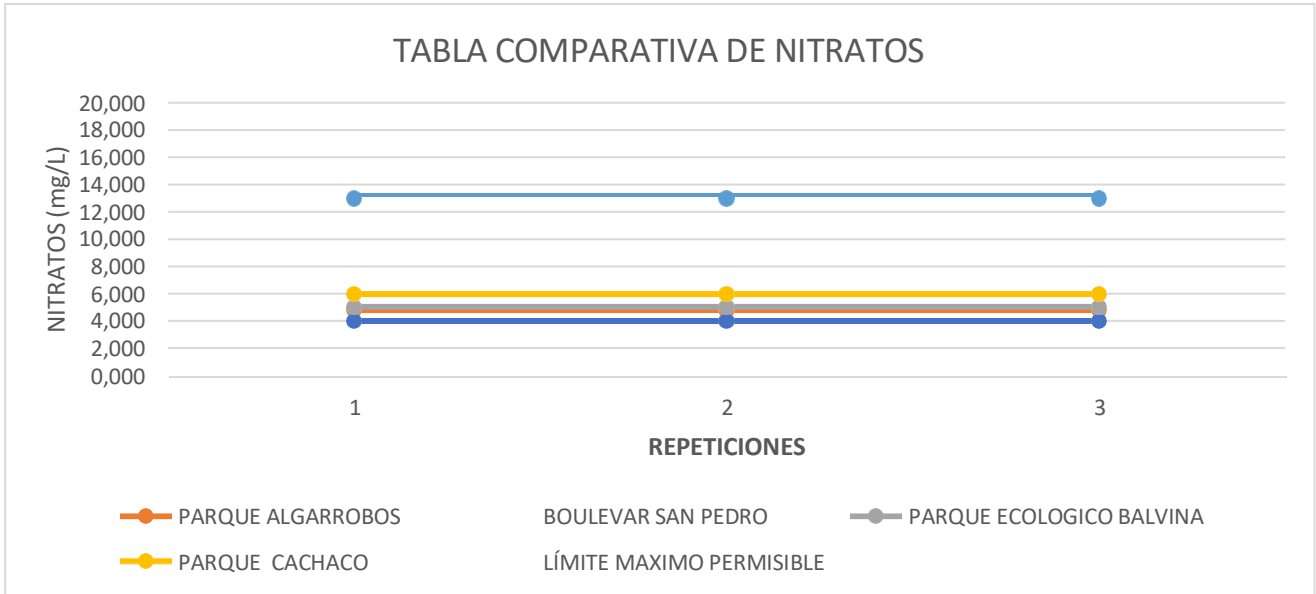
Comparación del oxígeno disuelto en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de oxígeno disuelto obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

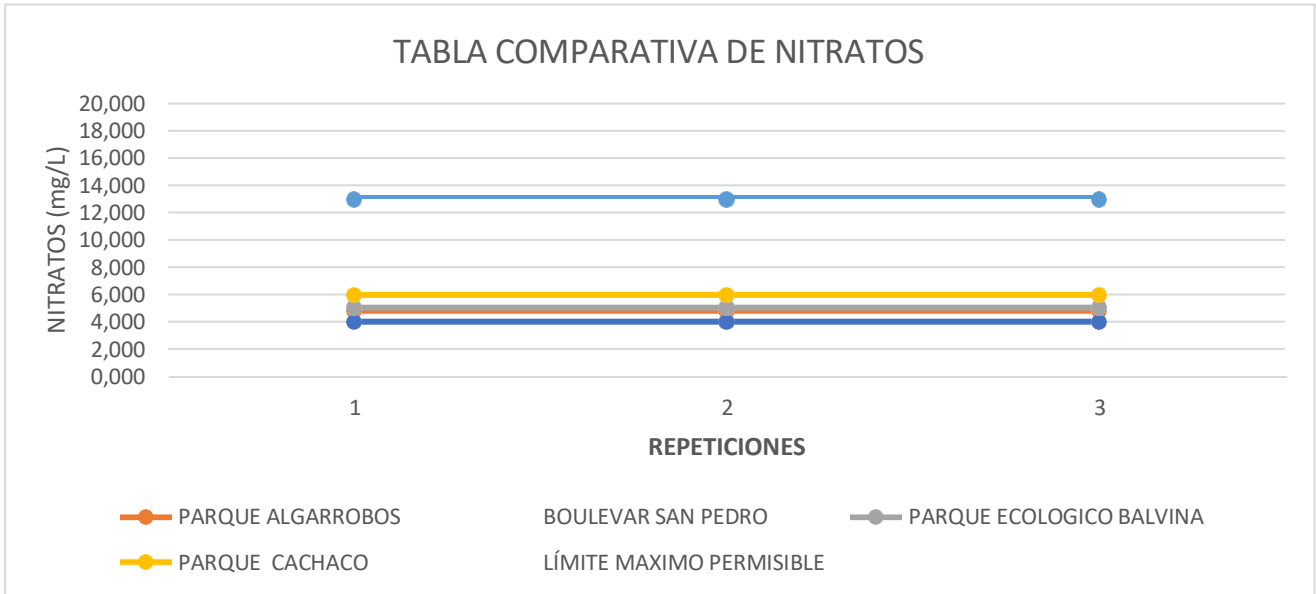
Anexo 14.

Comparación de nitratos en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de nitratos obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

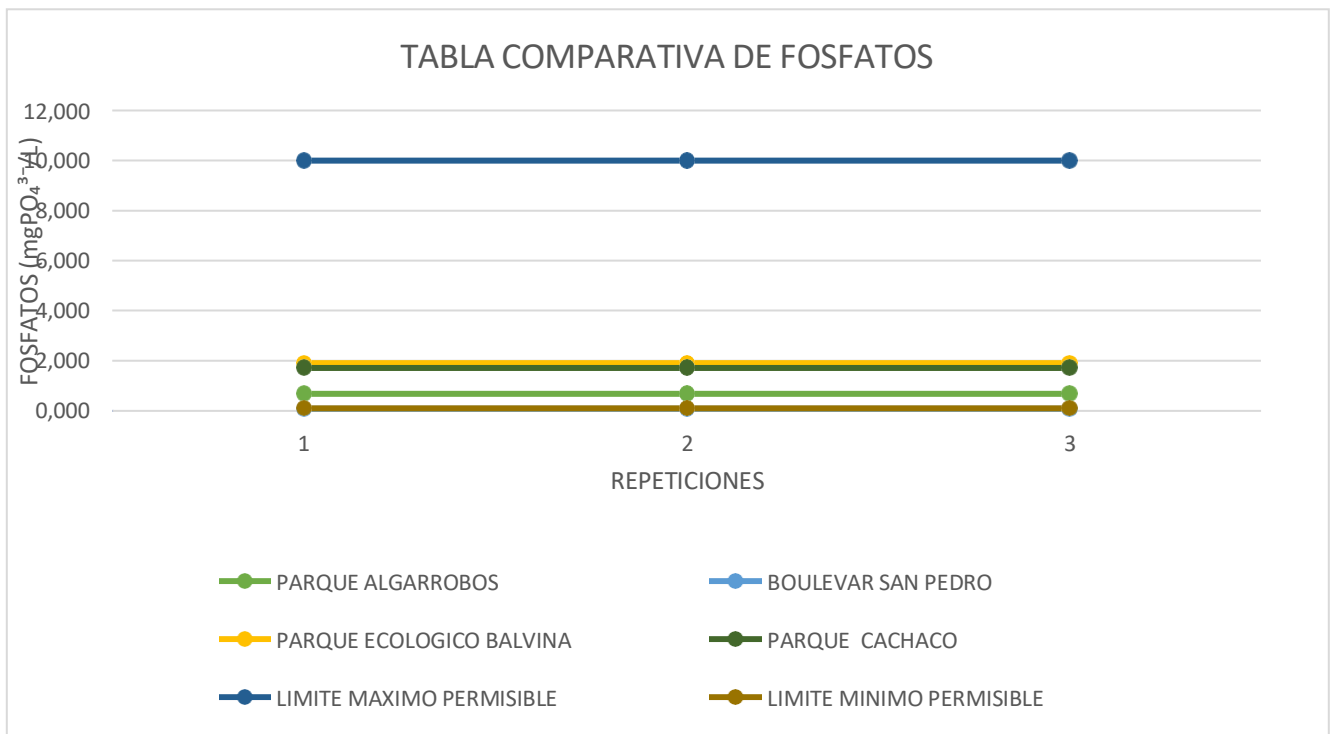
Anexo 15.
Comparación de nitratos en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de nitratos obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 16.

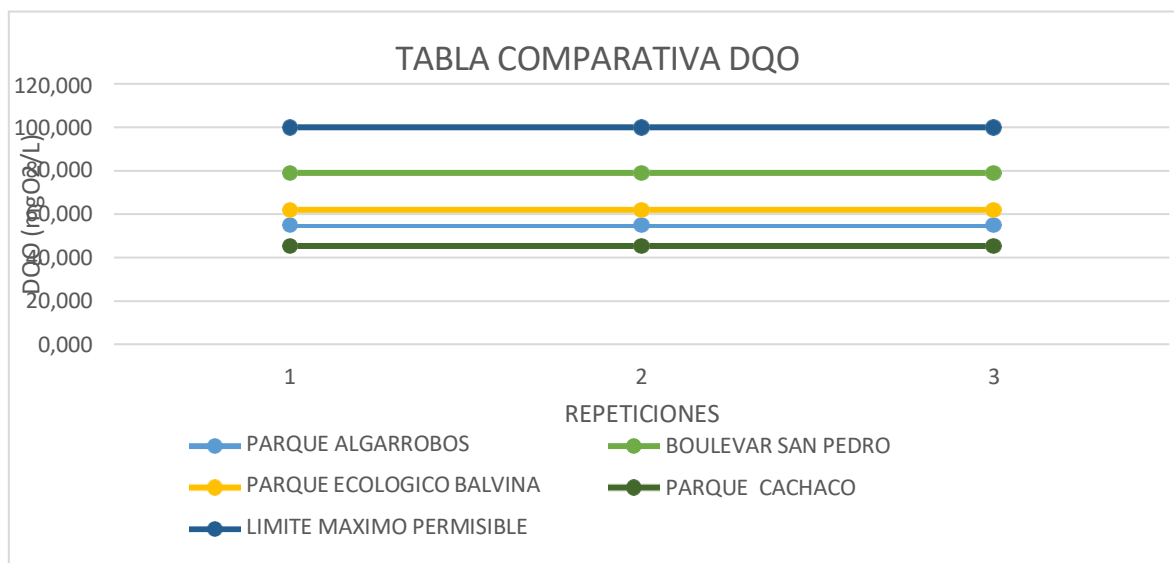
Comparación de fosfatos en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de fosfatos obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 17.

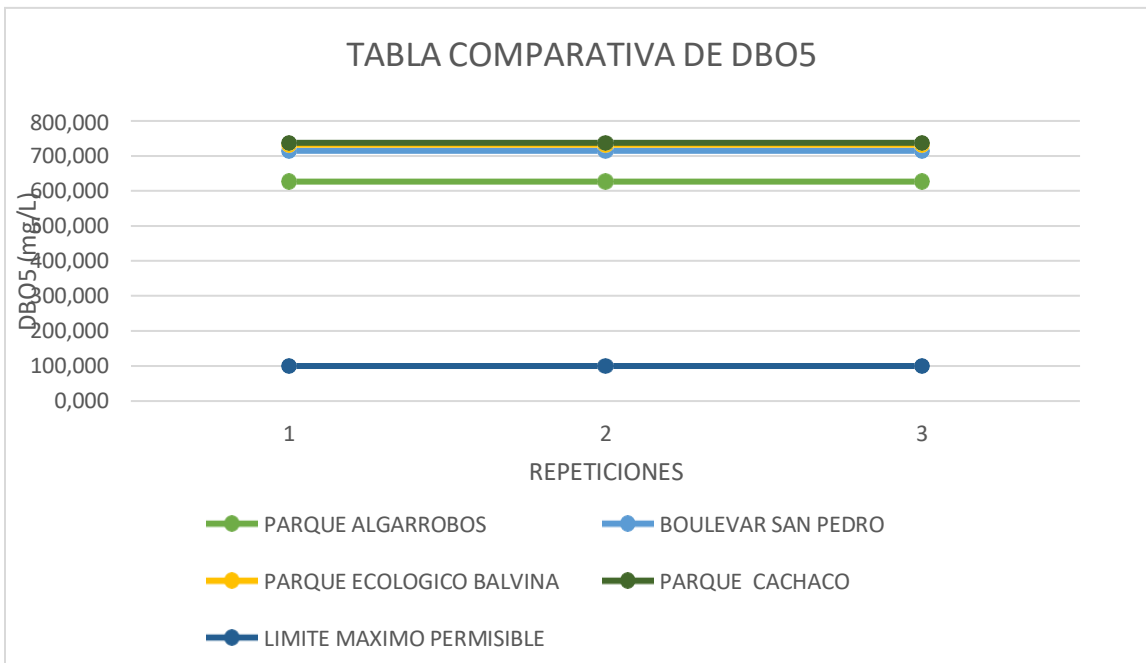
Comparación de DQO en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de DQO obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).

Anexo 18.

Comparación de DBO5 en los cuatro puntos de muestreo



Nota. Comparación de los límites máximos permisibles con los valores de DBO5 obtenidos en los cuatro puntos de muestro Elaborado por: Los Autores (2023).