

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

Título:

“Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF.”

Autor:

Jhon Toapanta

Tutora:

Ing. Ana Belén Mejía MSc.

Riobamba – Ecuador Año 2022

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES E ÍNDICE ICA-NSF**".

Presentado por: Jhon Patricio Toapanta Tene

Dirigido por: Ing. Ana Belén Mejía Pérez MSc.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Benito Guillermo Mendoza Trujillo PhD

Presidente del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO

Firma

Ing. Ana Belén Mejía Pérez MSc.

Director del Proyecto



Firmado electrónicamente por:
ANA BELEN
MEJIA

Firma

Ing. Carla Fernanda Silvia Padilla

Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
CARLA
FERNANDA
SILVA PADILLA

Firma

Ing. María Fernanda Rivera Castillo MSc.

Miembro del Tribunal



Firmado electrónicamente por:
MARIA FERNANDA
RIVERA CASTILLO

Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el Tema: “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES E ÍNDICE ICA-NSF.**”, ha sido elaborado por Toapanta Tene Jhon Patricio, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



MSc. Ana Belén Mejía Pérez
CI: 060387749-9

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Toapanta Tene Jhon Patricio, con cédula de identidad 060436554-4; hacemos constar que soy autor del presente trabajo de investigación, titulado: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES E ÍNDICE ICA-NSF.”**, el cual constituye una elaboración, dirigida por la Tutora del Proyecto MSc. Ana Belén Mejía Pérez.

En tal sentido, manifestamos la originalidad de la Conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado debidamente en el texto del documento.



.....
Toapanta Tene Jhon Patricio

C.I. 060436554-4

CERTIFICACIÓN

Que, **TOAPANTA TENE JHON PATRICIO** con CC: **060436554-4**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES E ÍNDICE ICA-NSF.**”, que corresponde al dominio científico **HÁBITAT SUSTENTABLE Y SEGURO PARA EL DESARROLLO TERRITORIAL** y alineado a la línea de investigación **MEDIO AMBIENTE Y BIODIVERSIDAD**, cumple con el 9 %, reportado en el sistema Anti plagio nombre del sistema, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.



MSc. Ana Belén Mejía Pérez
CI: 060387749-9

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios por ser mi fortaleza, se lo dedico a mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional y acompañarme durante toda mi vida estudiantil, su amor y esperanza siempre estarán presentes en mí.

A todas las personas que a lo largo de mi formación me acompañaron brindándome su amistad y consejos quienes no dudaron que yo lograría culminar mis estudios superiores y que siempre fueron mi apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Siento un profundo agradecimiento a Dios por permitirme culminar un peldaño más en mi formación profesional, al mismo tiempo quiero agradecer a mis padres quienes me brindaron su apoyo a lo largo de mi vida estudiantil para poder finalizar esta ardua tarea.

Agradezco a mi tutora Anita Belén Mejía por su aporte científico, apoyo, consejos y revisión minuciosa en el desarrollo de la presente investigación y más que nada por su paciencia y responsabilidad.

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, a su personal docente que a lo largo del tiempo me brindó los conocimientos y valores para poder realizar este trabajo, agradezco al servicio de laboratorio de Ciencias Químicas de la universidad por todo su apoyo para la realización de este trabajo.

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	IV
Índice de tablas.....	VIII
Índice de figuras.....	IX
Índice de imágenes.....	X
Índice de anexos.....	XI
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. Planteamiento del problema.....	1
1.1. Justificación y Problemática.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Cuenca Hidrográfica.....	4
2.2. Contaminación del agua.....	4
2.2.1. Fuentes de contaminación.....	5
2.3. Calidad del agua.....	6

2.4. Microcuenca del río Chibunga	7
2.5. Macroinvertebrados acuáticos.....	8
2.6. Bioindicadores.....	9
2.7. Índices Biológicos.....	10
2.7.1. Índice Biológico Andino	10
2.7.2. El índice ETP (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera)	10
2.8. El Índice de Calidad del Agua (ICA NSF).....	11
CAPÍTULO III	13
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Caracterización del área de estudio.....	13
3.1.1. Delimitación del área de estudio	13
3.1.2. Selección y descripción de los puntos de muestreo.....	13
3.2. Medición de Caudales	14
3.3. Parámetros físico-químicos.....	15
3.4. Recolección y muestreo de bioindicadores	15
3.5. Identificación de bioindicadores en el laboratorio	15
3.6. Cálculo del ETP	16
3.7. Cálculo del índice ICA	17
CAPÍTULO IV	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18

4.1. Puntos de toma de muestras	18
4.2. Caudal.....	18
4.3. Calidad del agua	19
4.3.1. Parámetros físico-químicos	19
4.3.2. Potencial Hidrógeno (pH).....	21
4.3.3. Temperatura.....	22
4.3.4. Sólidos disueltos totales.....	23
4.3.5. Turbidez.....	24
4.3.6. Oxígeno Disuelto.....	25
4.3.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	26
4.3.8. Coliformes Fecales	27
4.3.9. Nitratos	28
4.3.10. Fosfatos	29
4.4. Índice ICA.....	30
4.5. Índice ETP.....	31
CAPÍTULO V	32
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1. Conclusiones	32
5.2. Recomendaciones.....	34
CAPÍTULO VI.....	35

6.	BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	35
6.1.	Referencias Bibliográficas	35
6.2.	Anexos.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Valores de Referencia del Índice ETP	11
Tabla 2. Valores del Índice de Calidad de Agua	11
Tabla 3. Ubicación de los Puntos de Muestreo	18
Tabla 4. Caudales Totales en cada Punto de Monitoreo	19
Tabla 5. Parámetros Físico-químicos y Microbiológicos del Tramo del Río Chibunga.....	20
Tabla 6. Calidad de Agua del Tramo del Río Chibunga "ICA NSF"	30
Tabla 7. Índice ETP del Tramo de Estudio en el Río Chibunga	31
Tabla 8. Ancho y Profundidad del río en PM1 sector Ricpamba.....	38
Tabla 9. Ancho y Profundidad del río en PM2 sector San José del Batán	38
Tabla 10. Ancho y Profundidad del río sector U.E. Pensionado Olivo.....	39
Tabla 11 . Ancho y profundidad del río en PM4 sector Parque Ecológico	40
Tabla 12. Resultados del cálculo del ICA en los diferentes Puntos de Muestreo	43

Índice de figuras

Figura 1. Microcuenca del Río Chibunga.	8
Figura 2. Ubicación de los Puntos de Muestreo Dentro del Área de Estudio	14
Figura 3. Valores de pH en los Puntos de Muestreo	21
Figura 4. Valores de Temperatura en los Puntos de Muestreo.....	22
Figura 5. Valores Obtenidos de Sólidos Disueltos Totales en los Puntos de Muestreo	23
Figura 6. Valores de Turbidez en los Puntos de Muestreo.....	24
Figura 7. Valores de Oxígeno Disuelto en los Puntos de Muestreo.....	25
Figura 8. Valores de DBO ₅ en los Puntos de Muestreo	26
Figura 9. Valores de Coliformes Fecales en los Puntos de Muestreo	27
Figura 10. Valores de Nitratos (NO ₃) ⁻ en los Puntos de Muestreo.....	28
Figura 11. Valores de Fosfatos (PO ₄) ⁻ en los Puntos de Muestreo.....	29
Figura 12. Batimetría en PM1 sector Ricpamba	38
Figura 13. Batimetría en PM2 sector San José del Batán	39
Figura 14. Batimetría en PM3 sector U.E. Pensionado Olivo.....	39
Figura 15. Batimetría en PM4 sector Parque Ecológico	40

Índice de imágenes

Imagen 1. Presencia de contaminación en el río Chibunga.....	44
Imagen 2. Recolección de muestra de agua para análisis físico-químicos.....	44
Imagen 3. Recolección de muestras de macroinvertebrados.....	44
Imagen 4. Muestras de agua para análisis físico-químicos.....	44
Imagen 5. Medición de parámetros en equipo espectrofotométrico	45
Imagen 6. Medición de la turbidez.....	45
Imagen 7. Equipo medidor multi-parámetros.....	45
Imagen 8. Equipo medidor de DBO ₅	45
Imagen 9. Medición de DBO ₅	46
Imagen 10. DBO ₅ en PM1 se encuentra bajo el rango de detección del equipo medidor ..	46
Imagen 11. Medición de nitratos y fosfatos	46
Imagen 12. Muestras para identificación de macroinvertebrados.....	46
Imagen 13. Tabla de identificación de macroinvertebrados.....	46
Imagen 14. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio	46

Índice de anexos

Anexo 1. Batimetrías.....	38
Anexo 1.1. Batimetría PM1 sector San José del Batán.....	38
Anexo 1.2. Batimetría PM2 sector Ricpamba.....	38
Anexo 1.3. Batimetría PM3 sector U.E. Pensionado Olivo	39
Anexo 1.4. Batimetría PM4 sector Parque Ecológico.....	40
Anexo 2. Cálculo del ICA	43
Anexo 3. Medios de verificación de cumplimiento de trabajo de campo y laboratorio.....	44

RESUMEN

El agua de un tramo específico de la microcuenca del río Chibunga fue monitoreada en cuatro puntos de muestreo, en época lluviosa para determinar la calidad que presenta sus aguas, con el estudio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos a más de analizar los macroinvertebrados presentes que también ayudaron a determinar la calidad del agua. Se realizó recorridos dentro de este tramo de estudio iniciando en el sector Ricpamba y finalizando en el sector Parque Ecológico donde se pudo observar actividades que provocan que existan aguas contaminadas. Los principales problemas ambientales que afectan a este tramo de la microcuenca están relacionados con descargas directas de aguas domésticas e industriales, presencia de basura, actividades agrícolas ganaderas y de recreación. El cálculo del Índice de calidad de agua se realizó con los parámetros calculados y propuestos: pH, temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, coliformes fecales, fosfatos, nitratos, sólidos suspendidos totales, turbidez. Las variables que no han sido afectadas de manera considerable son el pH y nitratos, pero en la parte baja del tramo de estudio la calidad se ve afectada de Regular a Mala en variables como la DBO₅ y fosfatos. Según el valor de coliformes fecales, la calidad del agua dentro de la zona de estudio es Pésima. Según el valor de ETP obtenido con el análisis de macroinvertebrados, la calidad de agua es Mala. La calidad del agua promedio para este tramo específico de la microcuenca es de 59%, lo que indica un estado Regular o Medianamente contaminado del mismo.

Palabras clave: ICA, ETP, macroinvertebrados, contaminación, parámetros fisicoquímicos, descargas, Río Chibunga.

SUMMARY

The water of a specific stretch of Chibunga River micro-basin was monitored at four sampling points, during the rainy season, to determine the quality of its waters, with the study of physicochemical and microbiological analyzes in addition to analyzing the macroinvertebrates present, which also helped to determine the quality of the water. Tours were carried out within this section of the study, starting in the Ricpamba sector and ending in the Ecological Park sector, where activities that cause contaminated water could observe. The main environmental problems that affect this section of the micro-basin are related to direct discharges of domestic and industrial water, the presence of garbage, agricultural, livestock, and recreational activities. The Water Quality Index was carried out with the calculated and proposed parameters: pH, temperature, dissolved oxygen, BOD5, fecal coliforms, phosphates, nitrates, total suspended solids, turbidity. Variables that have not been considerably affected are pH and nitrates, but in the lower part of the study section, the quality is affected from Fair to Poor in variables such as BOD5 and phosphates. According to the value of fecal coliforms, the water quality within the study area is Terrible. According to the ETP value obtained with the analysis of macroinvertebrates, the water quality is Poor. The average water quality for this specific section of the micro-basin is 59%, which indicates a Regular or Moderately contaminated status.

Keywords: ICA, ETP, macroinvertebrates, pollution, physicochemical parameters, discharges, Chibunga River.

Reviewed by:



Firmado electrónicamente por:
EDUARDO SANTIAGO
BARRENO FREIRE

Lic. Eduardo Barreno Freire

ENGLISH PROFESSOR C.C.

0604936211

INTRODUCCIÓN

Las primeras investigaciones para estudiar el daño ecológico provocado por los diferentes residuos domésticos e industriales, en los cuerpos de agua fueron elaborados en el siglo XX por Kolenati (1848), quienes encontraron que existen relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad de agua.

Ecuador es un país con una gran cantidad de recursos hídricos, la mayoría de estos recursos tienen buena calidad, siendo usados principalmente en la generación hidroeléctrica, abastecimiento de agua consumible y riego, estos recursos se encuentran amenazados por las actividades antrópicas que se realizan cerca a estas fuentes de agua, generalmente las ciudades, poblados, zonas de alta explotación minera, petrolífera y agropecuaria generan vertidos con altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, metales pesados, hidrocarburos, entre otros contaminante (Toledo & Mendoza, 2016).

Los sistemas de agua dulce son espacios muy sensibles a modificaciones antrópicas, que, a través del tiempo han sido usados como depósitos de desechos, cuya consecuencia ha sido la desaparición y reducción de manera sustancial de algunas especies que conforman las comunidades bióticas, dentro de estas comunidades, se encuentran los macroinvertebrados bénticos, representados por un gran número de especies que realizan diferentes interacciones biológicas, los macroinvertebrados acuáticos están considerados como los mejores bio-indicadores de la calidad del agua, debido a su tamaño, su amplia distribución y a su adaptación a diferentes circunstancias físico-bióticas (Pérez & Quishpi, 2016).

El Río Chibunga posee un recurso hídrico cuya calidad se ha visto sumamente afectada por las descargas de aguas tanto domésticas como agrícolas, inclusive actividades ganaderas en las riberas, siendo considerado actualmente como uno de los ríos más contaminados dentro de la Zona 3 del Ecuador, por ello el determinar la calidad de este recurso hídrico abre la oportunidad a que se planteen estrategias para la utilización sostenible del agua del Río Chibunga a fin de conservar la microcuenca y medidas de remediación que permitan estos nuevos usos para el recurso hídrico.

CAPÍTULO I

1. Planteamiento del problema

1.1. Justificación y Problemática

El agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta Tierra. También es gran responsable de la posibilidad de desarrollo de las distintas formas de vida: vegetales, animales y el ser humano. Los organismos de todos los seres vivos están compuestos de agua en una alta proporción, siendo que está es la que compone los músculos, órganos y los diferentes tejidos. Por esto, sin agua no es posible la vida (Acosta & Martínez, 2010).

En la provincia de Chimborazo la actividad agropecuaria es la más difundida, esto es debido principalmente al tipo de suelo, su disponibilidad hídrica y los microclimas que permiten el desarrollo de estas actividades, por lo que es necesario estudiar las características de los recursos hídricos y la calidad de los mismo a manera de garantizar el equilibrio entre las actividades antrópicas y los ecosistemas acuáticos (Toledo & Mendoza, 2016).

Actualmente el marco legal relacionado al recurso agua, es más estricto y exige garantizar la conservación, recuperación y manejo integral del recurso hídrico, como lo señala la Ley de Aguas, Codificación 16, 2004 en su art. 22. “Prohíbese toda contaminación del agua que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora y la fauna”.

La calidad del agua es un punto preponderante para el consumo humano, flora y fauna, esta investigación permitirá levantar y tabular datos acerca del índice de calidad de agua en una extensión aproximada de 5231 m de la microcuenca del Río Chibunga (Sector Ricpamba – Parque Ecológico), la razón del área de estudio se debe a que, dentro de la misma se presentan varios escenarios tales como, un mayor número de descargas de aguas residuales domésticas y agrícolas

hacia el recurso hídrico, así como su uso en actividades recreativas y ganaderas. El problema está en que todas las diferentes actividades alteran directamente la calidad del recurso hídrico, afectando no solo a los ecosistemas acuáticos y a la diversidad biológica, sino también a las personas, el uso y consumo de agua contaminada provoca una serie de afecciones a la salud, y su empleo en las actividades agrícolas genera una acumulación de metales pesados en los cultivos (Velóz, 2018) esto hace que, la calidad de agua sea un problema que afecta a todo el ecosistema a su alrededor y que se evidencia en la microcuenca del Río Chibunga volviéndose una problemática a tratar de manera necesaria.

Por lo mencionado anteriormente, se ha visto la necesidad de realizar un estudio de la calidad del agua en la microcuenca del Río Chibunga (Sector Ricpamba – Parque Ecológico), mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad y análisis de parámetros fisicoquímicos estipulados en el ICA, y permitir así diagnosticar el estado de contaminación del Río Chibunga, e identificar los sitios con mayor problema de acuerdo a los resultados obtenidos y proponer técnicas de mitigación, ya que la investigación responde a motivaciones relacionadas con el cuidado y mantenimiento del ambiente orientados hacia la generación y aplicación de conocimiento.

Dentro de la microcuenca del río Chibunga es importante realizar este tipo de estudio, ya que sus resultados dan a conocer el grado de afección del agua y su estado de calidad actual, producto de las actividades antropogénicas a lo largo de toda la microcuenca. Este problema se acentúa en los flancos de la microcuenca, ya que existen comunidades dedicadas a la producción agrícola y pecuaria, lo cual genera un consumo desmedido del agua, acompañado de un desconocimiento técnico de prevención y/o de una debida regulación, lo que ocasiona un cambio drástico del caudal y en su calidad.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Evaluar la calidad de agua de la microcuenca del río Chibunga (Sector Ricpamba – Parque Ecológico), del cantón Riobamba mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Seleccionar los puntos de monitoreo para el estudio del río Chibunga (Sector Ricpamba – Parque Ecológico) con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Evaluar la calidad del agua mediante los índices ETP (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera) y ABI (Índice Biológico Andino).
- Evaluar la calidad del agua mediante el índice ICA-NSF.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cuenca Hidrográfica

Es la superficie de terreno definida por el patrón de escurrimiento del agua, es decir, es el área de un territorio que descarga en una quebrada, un río, un lago, un pantano, el mar o un acuífero subterráneo (Aguirre, 2011).

Ordóñez (2011) señala que una cuenca incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida”, en la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos alto, medio y bajo.

2.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua de los ríos se puede dar de forma natural y antropogénica, la primera, se debe particularmente al arrastre de partículas o de gases atmosféricos, pero, debido a la capacidad natural de autodepuración que tiene un río, este hace que la mayor parte de estos elementos sean eliminados. La segunda forma se debe principalmente a las industrias, vertidos urbanos, la navegación, la agricultura y la ganadería (Abarca, 2016).

El agua es necesaria para cultivar y procesar alimentos, también brinda energía a la industria con el objeto de satisfacer a una población en constante crecimiento, la gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, conlleva a que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente. La contaminación del agua también provoca que parte de los ecosistemas acuáticos terminen

desapareciendo por la rápida proliferación de algas invasoras que se nutren de todos los nutrientes que les proporcionan los residuos (Vásquez, 2017).

Un aspecto importante es la división del agua según su grado de contaminación:

- a) La polisaprobiana: agua que está fuertemente contaminada con carbono orgánico, caracterizada por una población de organismos específicos y normalmente con una concentración muy baja e incluso total ausencia de oxígeno.
- b) La mesosaprobiana: los organismos que viven en medios con una cantidad moderada de materia orgánica y variable cantidad de O₂ en disolución, como algunas algas.
- c) La oligosaprobiana: zonas de vertido de aguas residuales a un río, donde las aguas han alcanzado el aspecto y características de su estado natural (Vásquez, 2017).

2.2.1. Fuentes de contaminación

Existen dos tipos de fuentes de contaminación puntuales y no puntuales

- a) Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ejemplo: fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc.
- b) Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ejemplo: vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos (Acosta, 2011).

Existen diferentes aspectos y elementos que contaminan el agua como:

- a) Agentes Patógenos: Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos, los mismos que pueden ser descompuestos por bacterias que usan

oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas (Acosta, 2011).

- b) Sustancias químicas inorgánicas: Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua, los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua causando la muerte de las especies marinas (zona muerta) (Aguirre, 2011).
- c) Sustancias químicas orgánicas: Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida. Sedimentos o materia suspendida. Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación (Aguirre, 2011).
- d) Calor: Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables (Acosta, 2011).

2.3. Calidad del agua

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Coello *et al.*, 2015).

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (Torres *et al.*, 2018).

Christine *et al.*, (2009) señala que, ante factores condicionantes como densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales e imposibilidad de manejo integral de las cuencas.

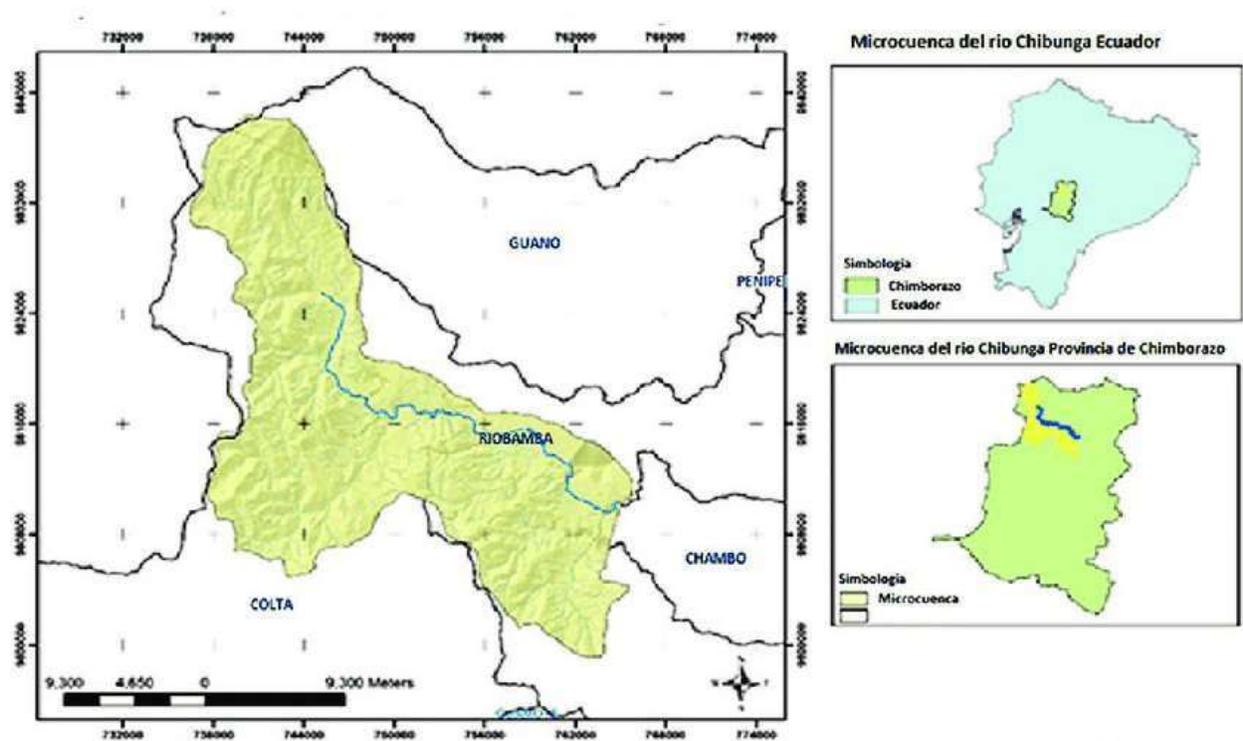
2.4. Microcuenca del río Chibunga

SENAGUA (2018) señala que el río Chibunga forma parte de la subcuenca del río Chambo, que es una de las tres subcuencas que forman parte de la cuenca del río Pastaza, es la tercera cuenca de drenaje más importante del Ecuador, cubriendo un área total de 32182 km². Tiene un gradiente altitudinal de más de 5000 metros en la vertiente oriental de los Andes y posee una descarga de 2051 m³ por segundo.

Dentro de la cuenca alta que forma el Pastaza se encuentra el río Chibunga que nace desde los deshielos del nevado Chimborazo para luego unir sus aguas con el río Cajabamba formando así el río Chibunga que atraviesa de noroeste a sureste por diferentes comunidades (Calpi, Gatazo, Licán, Riobamba, Yaruquies, San Luis), en la figura 1 se muestra la ubicación geográfica de la microcuenca del río Chibunga, la cual, con el paso del tiempo y las actividades humanas, el río Chibunga se ha deteriorado y ha sido afectado en su caudal, calidad de agua, riveras y paisaje, debido a que se le considera no como río sino como canal de riego y el lugar para la disposición final de desechos sólidos y líquidos (Mendoza, 2010).

Figura 1

Microcuenca del Río Chibunga.



Nota. Fuente: Cecilia *et al.*, (2019)

2.5. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5 mm hasta alrededor de 5.0 mm, por lo que se les puede observar a simple vista (Roldán-Pérez, 2016).

Los macroinvertebrados bentónicos se encuentran en todo tipo de ambiente acuático de agua dulce, como ríos o lagunas, donde son importantes para el monitoreo de ese ecosistema acuático en particular. También han sido muy utilizados como bioindicadores de la calidad de

fuentes de agua. Esto se debe a sus características y requerimientos especiales que hacen a estos organismos muy sensibles a diversos impactos sobre las fuentes hidrográficas, como contaminación orgánica, química, desaparición de vegetación ribereña, entre otros (González, 2014).

Entre todos los grupos de organismos acuáticos, los macroinvertebrados constituyen el grupo de bioindicadores más utilizados a nivel mundial. Ellos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren de una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas muy contaminadas. Esto se debe a que las diferentes especies tienen diferentes grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos (Guinard & Vega, 2013).

2.6. Bioindicadores

Un bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua, es definido como: especie (o ensamble de especies) que poseen requerimientos particulares con relación a uno o a un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indiquen que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia. Es decir, que un bioindicador es aquel cuyas respuestas biológicas son observadas frente a una perturbación ecológica y están referidos como organismos o sistemas biológicos que sirven para evaluar variaciones en la calidad ambiental (Roldán-Pérez, 2016).

2.7. Índices Biológicos

Permiten caracterizar la alteración de un medio acuático e informan de su estado tanto momentáneo y cómo se encontraba algún tiempo antes de la toma de muestras mediante el uso de bioindicadores conocidos como macroinvertebrados acuáticos y el aumento o la disminución de los mismos (Sardi *et al.*, 2017).

2.7.1. Índice Biológico Andino

Es una modificación del Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), adaptado específicamente para arroyos entre los 2000 y 4000 m.s.n.m; por Acosta *et al.*, (2009). Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejor conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua (Roldán-Pérez, 2016).

2.7.2. El índice ETP (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera)

Este índice utiliza tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. Se usan estos grupos por su sensibilidad a la contaminación debido a que son los primeros en desaparecer cuando los ríos se contaminan (Roldán-Pérez, 2016). En la tabla 1 se muestran los valores de referencia para determinar la calidad de agua con base a los resultados obtenidos.

Tabla 1*Valores de Referencia del Índice ETP*

Valor (%)	Calidad del agua	Color
75 - 100	Muy Buena	
50 - 74	Buena	
25 - 49	Regular	
0 - 24	Mala	

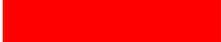
Nota. Fuente: Roldán-Pérez (2016).

2.8. El Índice de Calidad del Agua (ICA NSF)

Indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0%, en tanto que el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100% como se muestra en la tabla 2.

El índice de calidad de agua establecido por Brown en una versión modificada del ICA, que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de EE. UU. que, en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país (Greenberg *et al.*, 1992).

Tabla 2*Valores del Índice de Calidad de Agua*

Cantidad	Valor (%)	Color
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Regular	51-70	
Mala	26-50	
Muy Mala	0-26	

Nota. Fuente: Toledo (2015).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. Para la determinación del ICA intervienen 9 parámetros (Clesceri *et al.*, 1992), los cuales son:

- a) pH
- b) Temperatura (en °C)
- c) Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- d) Turbidez (en NTU)
- e) Oxígeno Disuelto (OD en mg/L).
- f) Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/L)
- g) Coliformes Fecales (en NMP/100mL)
- h) Nitratos (NO_3 en mg/L)
- i) Fosfatos (PO_4 en mg/L)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Caracterización del área de estudio

3.1.1. *Delimitación del área de estudio*

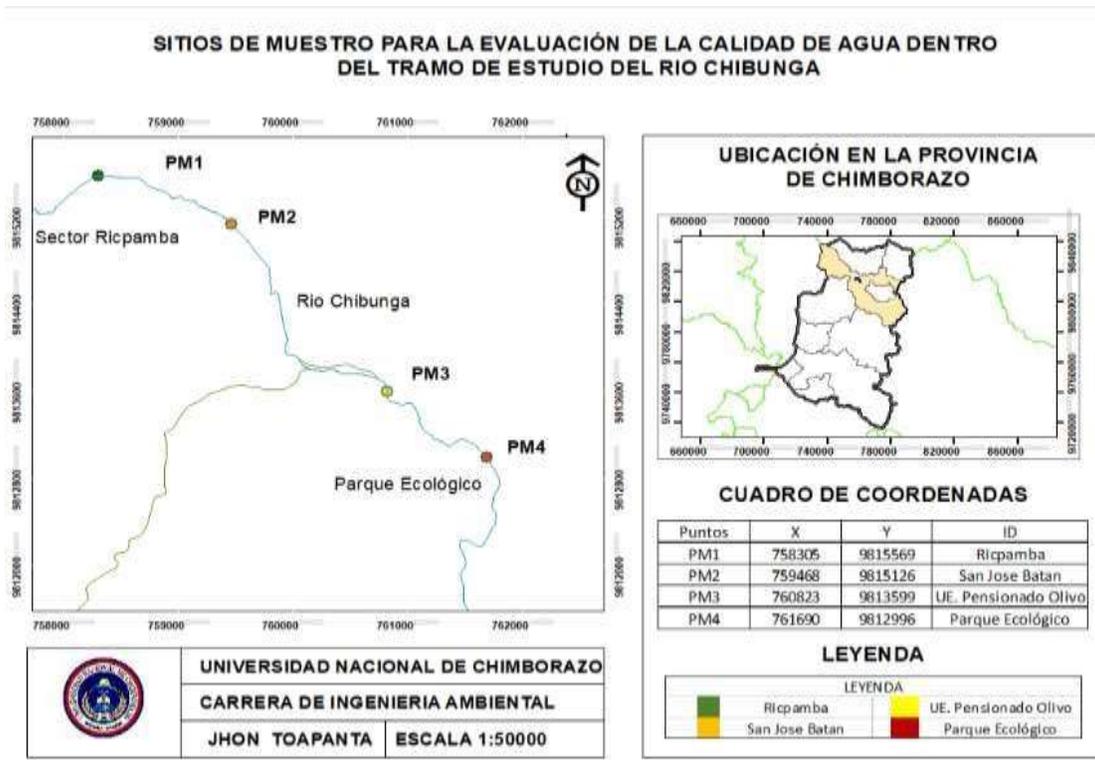
El área de estudio corresponde a un tramo de la microcuenca del río Chibunga, dicho tramo posee una extensión aproximada de 5231 m, que abarca desde el sector Ricpamba, hasta el sector Parque lineal Chibunga (parque Ecológico), para ello, con la ayuda de sistemas de información geográfica y la cartografía de la zona de estudio a escala 1:50000, se delimitó la microcuenca del río Chibunga, posteriormente se realizó la cartografía referente a la ubicación, de los diferentes puntos de muestreo dentro del tramo del río que está sujeto al estudio, con el objetivo de adquirir una información aproximada de los diferentes factores de presión y tipos de contaminación presentes en la micro cuenca.

3.1.2. *Selección y descripción de los puntos de muestreo*

Para realizar el monitoreo de los parámetros físicos químicos y bioindicadores acuáticos se realizó una visita de campo previa a la zona de estudio, en el mes de enero del 2020, donde se establecieron 4 puntos de muestreo como se muestra a continuación en la figura 2, los cuales se eligieron tomando en consideración factores como: la accesibilidad al sitio para muestrear, vegetación a riberas del río, y elementos que intervienen en la calidad del agua en la microcuenca, para ubicar los puntos de muestreo se utilizó el software ArcGis 10.x; el cual permitió elaborar los mapas de ubicación de la microcuenca y la georreferenciación del cauce principal, así como el tramo de río (Ricpamba – Parque Ecológico) que es el área de estudio.

Figura 2

Ubicación de los Puntos de Muestreo Dentro del Área de Estudio



3.2. Medición de Caudales

Para la medición del caudal del río se emplea el método del flotador según Altamirano (2013) se procede a medir las diferentes profundidades a lo ancho del río para obtener una profundidad promedio, luego procedemos a medir el ancho del río para poder calcular el área. Posteriormente se ubicó un flotador en la superficie del río, para cronometrar la distancia que recorre, la misma que fue seleccionada de 5 metros y así poder determinar la velocidad del río en los puntos de muestreo.

Mediante la ecuación (1) se obtiene la información de los caudales en los distintos puntos de muestreo.

$$Q=V \times AT \times K \quad (1)$$

Dónde:

Q = Caudal m³/s

V = Velocidad en m/s

AT = Área transversal del río

K = Factor de corrección para profundidad de ríos

3.3. Parámetros físico-químicos

Para medir los parámetros físico-químicos como: potencial de hidrogeno (pH), temperatura (T), sólidos disueltos totales (SDT) y oxígeno disuelto (OD) se lo realiza mediante el equipo multiparámetro HACH HQ40d de manera in-situ.

3.4. Recolección y muestreo de bioindicadores

El muestreo de bioindicadores se realizó con la ayuda de una red de mano, se remueve el sustrato del fondo del río con la ayuda del pie y se coloca la red río abajo en contra corriente, esto para poder atrapar a los macroinvertebrados presentes en el área, se realizan 3 réplicas en un tramo de 10 metros cubriendo los márgenes del río, las muestras obtenidas se colocaron en una bandeja blanca para su identificación y recolección, con ayuda de una pinza entomológica, los especímenes separados se colocan en frascos de plásticos de boca ancha y son debidamente etiquetados, con formol al 10% para la conservación, para su posterior identificación en el laboratorio.

3.5. Identificación de bioindicadores en el laboratorio

Para la identificación de los bioindicadores acuáticos se utiliza los siguientes materiales:

- a) Pinzas
- b) Bandeja blanca
- c) Alcohol industrial
- d) Cajas Petri
- e) Filtro artesanal
- f) Estereoscopio
- g) Envases plástico pequeños
- h) Láminas de identificación de macroinvertebrados

Se abrieron los envases con las muestras obtenidas de campo, procediendo a lavar la muestra con abundante agua y con movimientos circulares ayudados del filtro artesanal para la separación del sustrato que se halle en las muestras de los macroinvertebrados, cuando la muestra está limpia se trasvasa a la bandeja blanca con un poco de agua limpia, se comienza a separar a los macroinvertebrados para su identificación en el estereoscopio con ayuda de las láminas de identificación.

3.6. Cálculo del ETP

El cálculo del índice ETP se lo realiza después de la identificación de los macroinvertebrados, a nivel de familias de cada una de las muestras en el laboratorio, posteriormente se procedió a calcular el total de individuos de cada muestra, además del número de individuos de los grupos

ETP identificados. El valor que obtenemos de ETP presentes es dividido para el valor total de individuos identificados, el resultado se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de la

calidad de agua, comparamos con los valores de referencia del índice ETP, y establecemos la calidad del agua de cada punto (Moya *et al.*, 2011).

3.7. Cálculo del índice ICA

Se seleccionó el índice desarrollado por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos (ICA-NSF) por su gran aplicación en diferentes estudios a nivel internacional, además que es el índice más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial. Siendo importante considerar que el índice se puede modificar y adaptar de acuerdo a las condiciones prevalecientes en cada sistema acuático en particular. Para el cálculo del índice ICA se utilizó la ecuación (2) que representa una suma lineal de los subíndices (ICA), estas agregaciones se expresan matemáticamente de la siguiente forma:

$$ICA-NSF = \sum_{i=1}^9 (li \times Wi) \quad (2)$$

Donde:

Wi: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Ii), ponderados entre 0 y 1 de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Ii: Subíndice del parámetro i.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Puntos de toma de muestras

Para realizar el estudio de la calidad del agua de la microcuenca del Río Chibunga se describe las características físicas de la microcuenca, para ello se delimitaron los puntos de toma de muestra cómo se indica en la tabla 3.

Tabla 3

Ubicación de los Puntos de Muestreo

Puntos de muestreo	Lugar	Características del sector	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
			X	Y	
PM 1	Sector Ricpamba	Área rodeada de vegetación ribereña	758305	9815569	2791
PM 2	Barrio San José del Batán (Puente)	Área con presencia de descarga de agua residual	759480	9815137	2761
PM 3	UE Pensionado Olivo (Puente)	Área con presencia de actividades agrícolas	760870	9813599	2722
PM 4	Parque Ecológico (Final)	Área con espacios de recreación	761673	9812983	2703

4.2. Caudal

En la tabla 4 se presentan los caudales promedios medidos durante el período de monitoreo en el tramo del río Chibunga, se evidencia un caudal alto debido a la época de lluvias que aumentan el flujo de agua en el río, aun así, existen variaciones entre los caudales de cada punto de muestreo.

Tabla 4*Caudales Totales en cada Punto de Monitoreo*

Punto de monitoreo	Sector	Caudal (m³/s)
PM1	Ricpamba	1.103
PM2	San José del Batán	0.876
PM3	U.E. Pensionado Olivo	2.103
PM4	Parque Ecológico	2.164

Los resultados obtenidos son comparaciones de las medianas y rangos de variación de los caudales máximos y mínimos fundamentados en el equilibrio volumétrico de las masas de agua de nuestra zona de estudio. Así se obtuvo que en PM4 se registró el caudal máximo de 2.164 m³/s y en el PM2 presentó su mínimo caudal con 0.876 m³/s.

4.3. Calidad del agua

4.3.1. Parámetros físico-químicos

Los resultados obtenidos en Laboratorio de Ciencias Químicas de la UNACH, fueron sometidos a comparaciones y contrastados con valores establecidos (límites permisibles), en la normativa vigente; que establece condiciones para evaluar la calidad del agua mediante parámetros físico- químico y microbiológicos, los cuales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5*Parámetros Físico-químicos y Microbiológicos del Tramo del Río Chibunga*

N.º	parámetros	unidades	PM1	PM2	PM3	PM4	Límites Permisibles
1	Potencial hidrogeno	-	7	6.8	6.8	6.8	6.5-8.5
2	Temperatura	°c	17.66	16.53	16.61	17.31	de +3 a +20
3	Sólidos disueltos totales	mg/L	319	410	384	390	1000
4	Turbidez	NTU	13.6	17.4	14.6	21.3	10
5	Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	9.37	9.56	9.37	9.56	no menor a 6
6	DBO ₅	mg/L	-	10	8	24	10
7	Coliformes fecales	nmp/100 mL	1200	11000	50000	280000	200
8	Nitratos	mg/L	0.9	0.8	1	0.6	13
9	Fosfatos	mg/L	0.48	0.69	0.59	5,8	0.05

Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E. Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico. Los límites permisibles fueron obtenidos de TULSMA (2015).

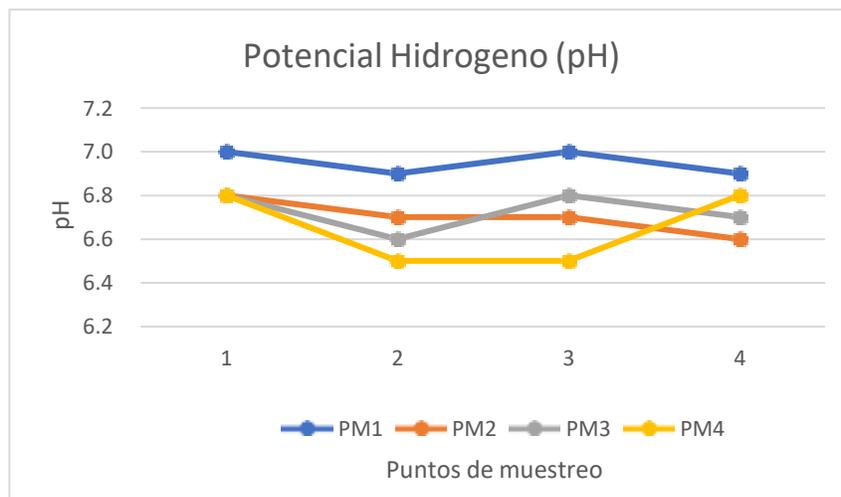
En la tabla 5 se muestran los resultados de los análisis físico-químicos en cada uno de los puntos de muestreo del tramo de estudio, así se obtuvo que, los parámetros de pH, temperatura, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y nitratos, no sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA (2015), por otro lado, parámetros como la turbidez, DBO₅, coliformes fecales y fosfatos, sí sobrepasan el límite máximo permitido.

Según González & Larroude (2017) los parámetros que no cumplen con los valores establecidos por la norma y que sobrepasan su límite máximo, posiblemente están siendo alterados por la contaminación presente a lo largo de la microcuenca del río Chibunga donde existen varias fuentes contaminantes como las aguas domésticas que provienen de núcleos urbanos y contienen sustancias procedentes de la actividad humana, actividades agrícolas donde las sustancias químicas producto del uso de pesticidas llegan al agua a través de la escorrentía, actividades de riego y ganadería, que pueden aportar al agua grandes cantidades de estiércol y orines.

4.3.2. *Potencial Hidrógeno (pH)*

Figura 3

Valores de pH en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E. Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico

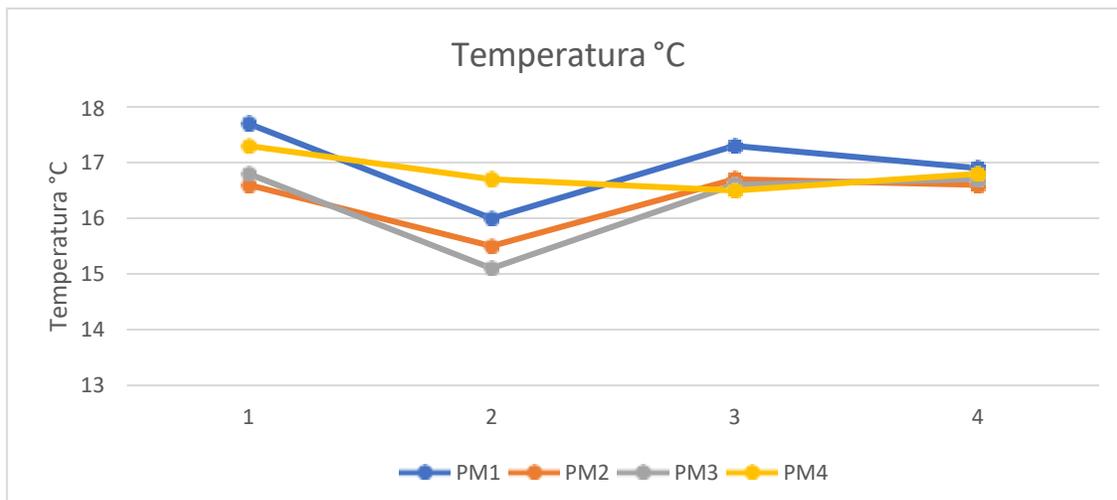
En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis de pH, los cuales indican que en el punto de monitoreo PM1 (Sector Ricpamba) el agua presenta un estado neutro con valores de 7 unidades, viéndose sus valores más bajos en el punto de monitoreo PM4 (parque Ecológico) con valores de 6.5 unidades, alejándose así de un estado neutro y pasando a un estado alterado, aun así, este parámetro cumple con los límites permisibles del TULSMA cuyo rango se encuentra entre 6.5 a 8.5 unidades.

Según Bautista (2014) las alteraciones de pH del río Chibunga se deben posiblemente a las actividades agrícolas que se realizan alrededor de los puntos de monitoreo, incluyendo también los puntos de descarga de aguas residuales.

4.3.3. Temperatura

Figura 4

Valores de Temperatura en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo
PM4: Sector Parque Ecológico.

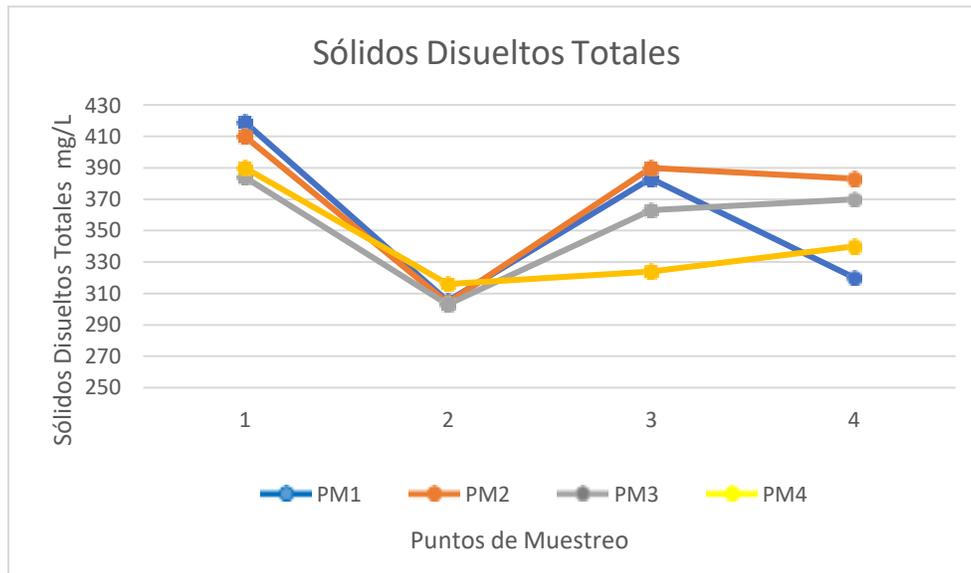
Los resultados obtenidos de la medición de la temperatura como se muestra en la figura 4 indican valores que van desde el más bajo de 15.1 °C en PM3 (U.E Pensionado Olivo) hasta el más alto de 17.7 °C en PM1 (sector Ricpamba) por lo tanto, este parámetro cumple con los límites permisibles del TULSMA cuyo rango va de +3 °C hasta los +20 °C.

Según García (2013) la temperatura tiene una relación directa con los factores que influyen en la supervivencia de organismos acuáticos en los cuerpos de agua. Este parámetro no mostró signos de alteración esto posiblemente se debe a que, dentro de esta área de estudio del río Chibunga no existen vertidos de agua caliente de plantas industriales o también llamadas aguas de refrigeración, por lo que la temperatura del cuerpo de agua no se ve alterada.

4.3.4. Sólidos disueltos totales

Figura 5

Valores Obtenidos de Sólidos Disueltos Totales en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico.

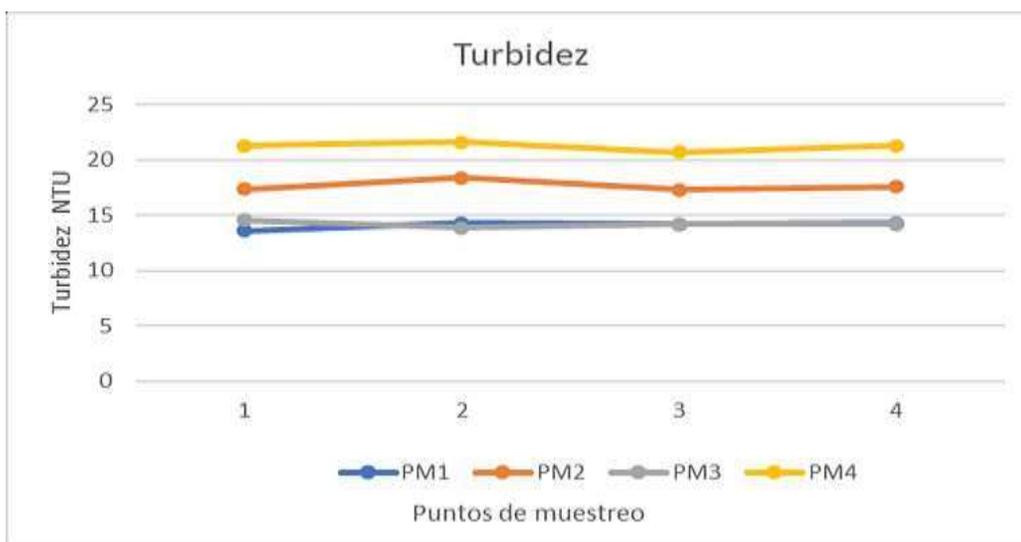
En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos de la medición de sólidos disueltos totales cuyos valores más bajos se hallan en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) con 303 mg/L y el valor más alto se encuentra en PM1 (sector Ricpamba) con un máximo de 419 mg/L, por lo tanto, este parámetro cumple con los límites permisibles del TULSMA el cual nos dice que los sólidos disueltos totales no deben sobrepasar de un valor de 1000 mg/L.

Según Velóz (2018) la escorrentía agrícola y urbana puede transportar el exceso de minerales a las fuentes de agua, al igual que las descargas de aguas residuales. Estas son actividades que se desarrollan dentro del área de estudio y son posiblemente las fuentes de la presencia de sólidos disueltos en el agua, así como también de la turbidez.

4.3.5. Turbidez

Figura 6

Valores de Turbidez en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico

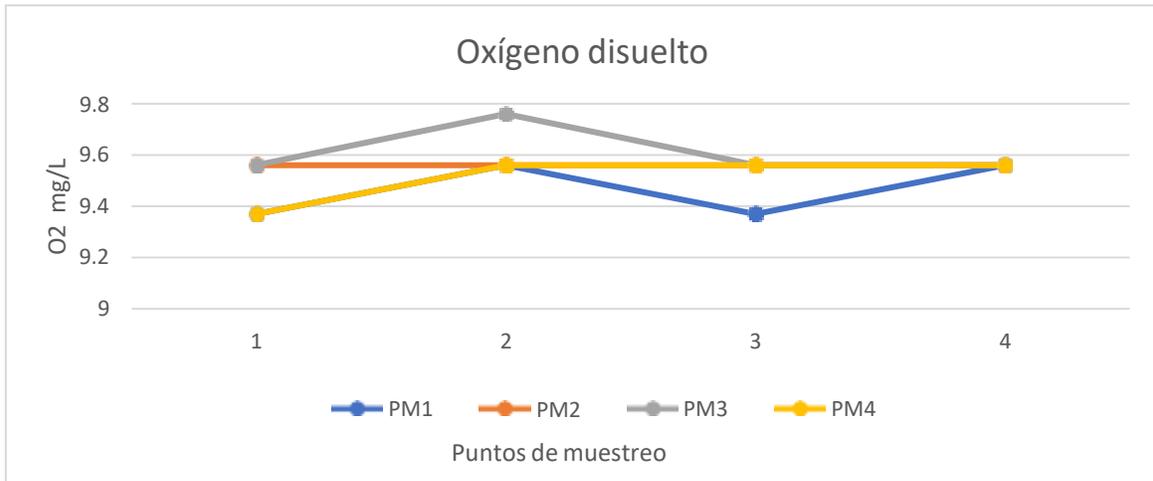
Como se ve en la figura 6, los valores de la turbidez alcanzan su punto más bajo en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) con 13.9 NTU y su valor más alto en PM4 (parque Ecológico) con 21.6 NTU, por lo tanto, este parámetro no cumple con los límites permisibles del TULSMA ya que en todos los puntos de muestreo la turbidez sobrepasa los 10 NTU.

Según Sierra (2018) la presencia de mucha turbidez se puede producir por una variedad de situaciones donde las más importantes son la erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos (origen inorgánico) y la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos (origen orgánico), esta segunda opción es la más acertada ya que en PM4 existe presencia de descargas de agua residual y actividades agrícolas.

4.3.6. Oxígeno Disuelto

Figura 7

Valores de Oxígeno Disuelto en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo
PM4: Sector Parque Ecológico.

La medición de oxígeno disuelto como se muestran en la figura 7, indica que su valor más bajo se encuentran en PM4 (parque Ecológico) con 9.37 mg/L, mientras que su valor más alto se encuentra en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) con 9.76 mg/L, de acuerdo con el TULSMA, sólo se aceptan valores de oxígeno disuelto para la preservación de flora y fauna cuando estos son mayores a 6 mg/L por lo tanto el área de estudio cumple con esta condición.

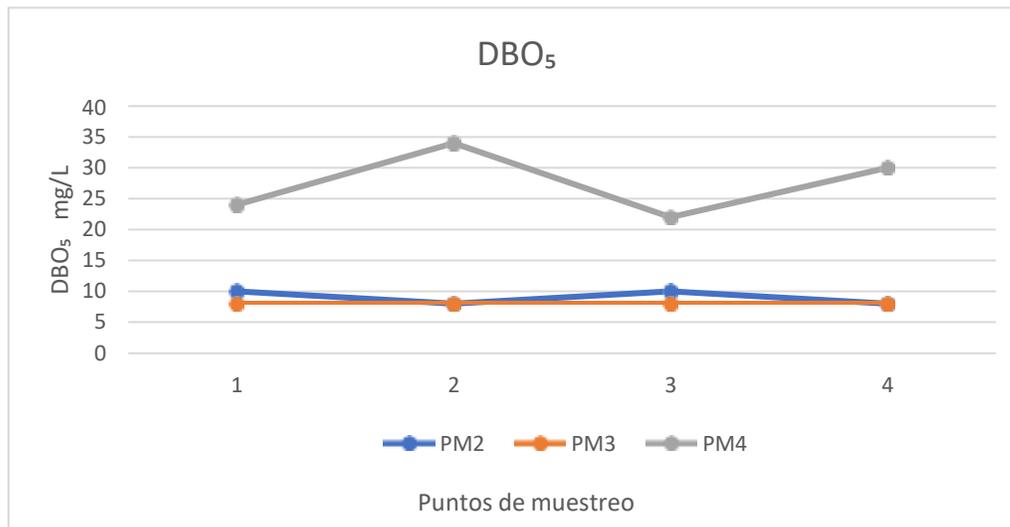
Pese a que en la zona de estudio existen descargas de agua residual y se realizan actividades agrícolas, la cantidad de oxígeno disuelto no se ve particularmente afectada, posiblemente se debe a que no existen vertidos de aguas de refrigeración y la temperatura del agua no está alterada.

Generalmente, los niveles altos indican agua de mejor calidad; ya que en agua con bajos niveles, algunas especies de peces y otros organismos no pueden sobrevivir (García, 2018).

4.3.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Figura 8

Valores de DBO₅ en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico.

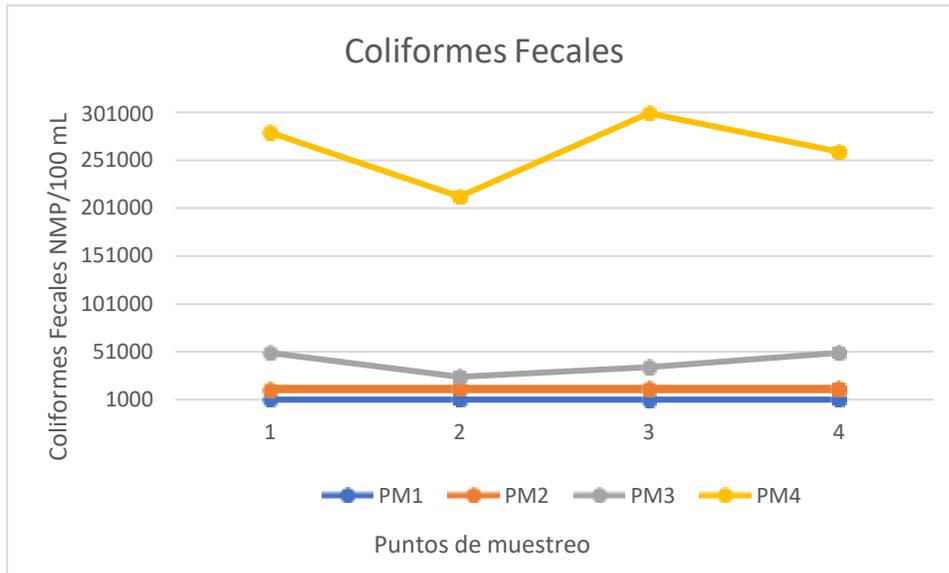
En la figura 8 no se muestran todos resultados de la medición de DBO₅ debido a que en PM1 (sector Ricpamba) su valor es tan bajo que no puede ser detectado por el equipo de medición del laboratorio, mientras que su valor más alto se encuentra en PM4 (parque Ecológico) con 34 mg/L, por lo tanto, este parámetro no cumple con los límites permisibles del TULSMA al sobrepasar los 20 mg/L.

Según Bautista (2014) un valor elevado de DBO₅ es producto de la contaminación a causa de la descomposición de materia orgánica debido principalmente a aguas residuales de origen doméstico, lo cual es verificable ya que en PM4 existen descargas de agua residual que se vierten directamente en el río Chibunga.

4.3.8. Coliformes Fecales

Figura 9

Valores de Coliformes Fecales en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico.

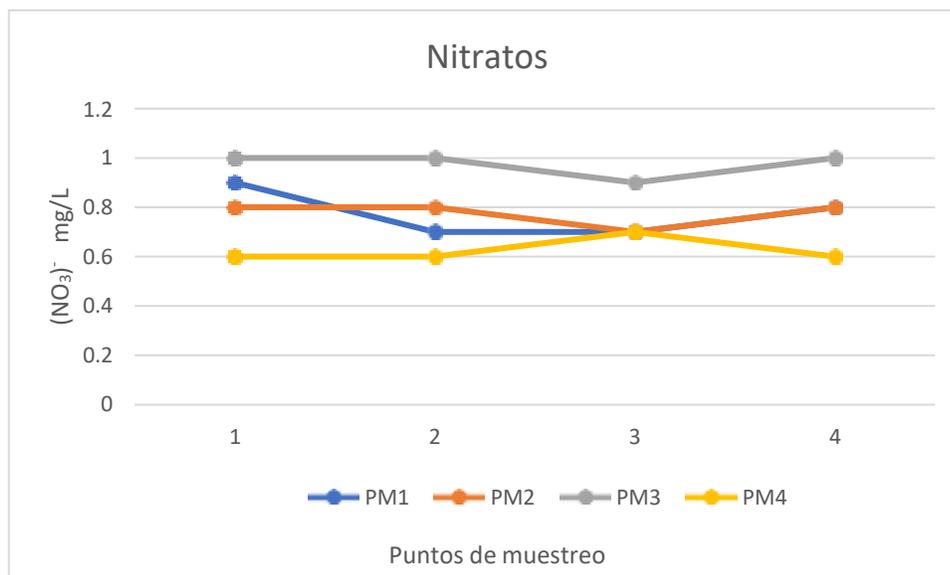
La figura 9 muestra que existe una gran diferencia en cuanto a la concentración de coliformes fecales en los diferentes puntos de muestreo donde su valor más bajo se encuentra en PM1 (sector Ricpamba) con 1000 NMP/100 mL y su valor más alto se encuentra en PM4 (parque Ecológico) con 300000 NMP/100 mL, por lo tanto, este parámetro no cumple con los límites permisibles del TULSMA ya que sobrepasa en gran medida los 200 NMP/100 ml.

La gran presencia de coliformes en el agua es producto de actividades ganaderas ya que los animales a orillas del río tiran sus excretas directamente en ella, el uso de productos químicos por parte de las comunidades quienes se dedican a la actividad agrícola y la descarga directa de aguas residuales en río Chibunga (Cadme *et al.*, 2018).

4.3.9. Nitratos

Figura 10

Valores de Nitratos (NO_3^-) en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico.

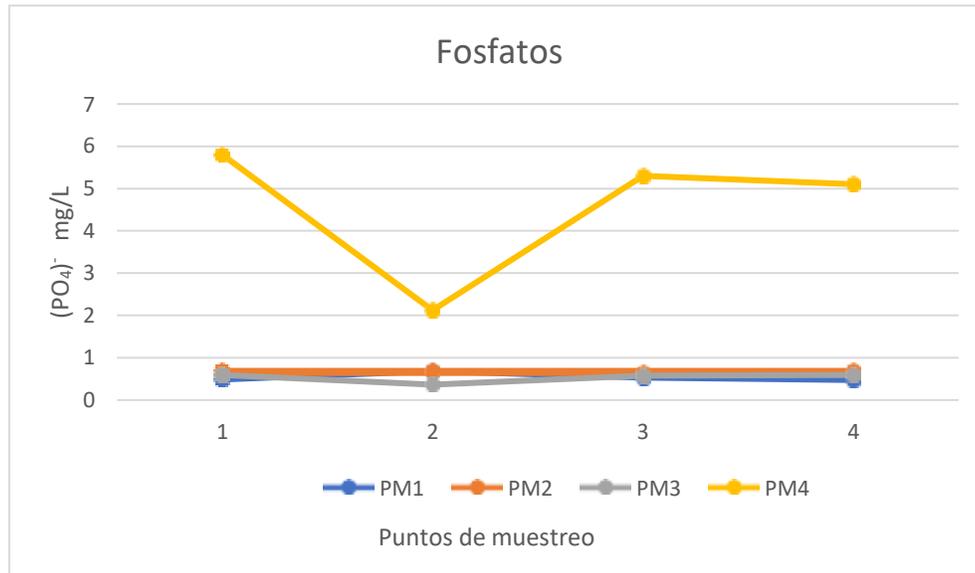
La medición de nitratos mostró que su valor más bajo, como se observa en la figura 10, se encuentra en PM4 (parque Ecológico) con 0.6 mg/L y su valor más alto se encuentra en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) con 1 mg/L, por lo tanto, este parámetro cumple con los límites permisibles del TULSMA ya que al encontrarse en un rango entre (0 a 1) mg/L no sobrepasan los 13 mg/L.

Bautista (2014) señala que el nitrógeno proviene de los fertilizantes, aguas negras y desechos industriales. Con estos resultados obtenidos, se puede considerar que el agua del río no presenta contaminación con fertilizantes nitrogenados.

4.3.10. Fosfatos

Figura 11

Valores de Fosfatos (PO_4) en los Puntos de Muestreo



Nota. PM1: Sector de Ricpamba, PM2: Sector San José del Batán, PM3: U.E Pensionado Olivo, PM4: Sector Parque Ecológico.

En la figura 11 se muestran los resultados de la medición de fosfatos donde su valor más bajo se encuentra en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) con 0.36 mg/L y su valor más alto se encuentra en PM4 (parque Ecológico) con 5.8 mg/L, por lo tanto, este parámetro no cumple con los límites permisibles del TULSMA al sobrepasar los 0.05 mg/L.

Los fosfatos funcionan como nutrientes para las plantas sin embargo cuando hay abundancia de los mismos favorecen a un rápido crecimiento de plantas y algas lo cual aumenta la turbidez y limita el desarrollo de otros microorganismos, los fosfatos se encuentran en los fertilizantes químicos y los detergentes, estos llegan a la fuente de agua mediante el escurrimiento agrícola y la descarga de aguas servidas (Pineda, 2015).

4.4. Índice ICA

Las condiciones óptimas establecidas en el Índice de Calidad de Agua presentan un valor máximo de 100%, por lo que a medida que este disminuye se considera que su calidad también lo hace, es decir, incrementan los niveles de contaminación, como se muestra en la tabla 6 el valor más alto obtenido es de 67% en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) cuya calidad de agua viene a ser “Regular”, lo mismo ocurre en PM1 (sector Ricpamba) y en PM2 (San José del Batán) cuya calidad de agua también se encuentra en estado “Regular”, debido a que alrededor de los puntos de monitoreo se desarrollan actividades agrícolas y existen descargas de agua residual que van directo al río, mientras que en PM4 (parque Ecológico) el valor determinado de la calidad de agua es de 47% siendo el valor más bajo encontrándose en una calidad “Mala”, debido a que en esta zona se concentra en mayor cantidad actividades que contaminan las aguas del río Chibunga. Se resalta la importancia de aplicar este índice al ser muy significativo debido a que permite evaluar y comparar valores entre dos o más puntos de muestreo a lo largo de la microcuenca del río Chibunga; además de ser una herramienta de gestión y planificación de los recursos hídricos (Aguirre, 2013).

Tabla 6

Calidad de Agua del Tramo del Río Chibunga "ICA NSF"

Puntos de muestreo	Lugar de muestreo	Valor determinado (%)	Calidad	Color
PM1	Sector Ricpamba	64	Regular	Amarelo
PM2	San José del Batán	56	Regular	Amarelo
PM3	U.E. Pensionado Olivo	67	Regular	Amarelo
PM4	Parque Ecológico	47	Mala	Marrón

4.5. Índice ETP

Este tipo de análisis presenta cierta ventaja en relación a otros ya que se analizaron directamente los organismos presentes en el medio que habitan, en la tabla 7 se muestran los valores obtenidos del índice ETP; en PM1 (sector Ricpamba) presenta un valor de 65%, lo cual refleja una calidad de agua “Buena” debido a la poca presencia de contaminantes en esta área y la gran cantidad de vegetación ribereña que existe, en PM2 (San José del Batán) su valor es de 37% y en PM3 (U.E. Pensionado Olivo) su valor es de 29%, ambos puntos de monitoreo presentan una calidad de agua “Regular”, debido principalmente a que existe presencia de actividades agrícolas y descargas de agua residual que afectan al desarrollo y supervivencia de los bioindicadores en estas zonas, el valor más bajo se encontró en PM4 (parque Ecológico) con 27% lo cual refleja una calidad de agua “Mala”, por la poca presencia de vegetación ribereña y el asentamiento de comunidades lo cual causa la descarga directa de aguas residuales en el río Chibunga.

Tabla 7

Índice ETP del Tramo de Estudio en el Río Chibunga

Punto	Sector	Valor	Calidad	
PM1	Sector Ricpamba	65%	Buena	
PM2	San José del Batán	37%	Regular	
PM3	Pensionado Olivo	29%	Regular	
PM4	Parque Ecológico	27%	Mala	

La presencia de este grupo de organismos (ETP), es más usada por cuanto responden a las alteraciones ocasionadas por las actividades humanas. De ahí que varios organismos han reaccionado a diferentes condiciones del hábitat, es por ello que una evaluación del recurso hídrico a través de este índice es importante para conocer su calidad (Meza *et al.*, 2012).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La calidad del agua dentro del área de estudio de la microcuenca del río Chibunga que inicia en el sector de Ricpamba y finaliza en el sector del parque Ecológico se pudo evaluar mediante el análisis de factores físico-químicos y los bioindicadores presentes en el agua cuyos resultados determinaron que la calidad del agua se encuentra en un rango de “Regular” a “Mala”
- Mediante el uso de Sistemas de Información Geográficos (SIG) fueron debidamente georreferenciados 4 puntos de muestreo dentro del área de estudio y fueron ubicados de acuerdo a su accesibilidad, la vegetación ribereña y la presencia de fuentes cercanas de contaminación.
- La calidad de agua mediante el índice ETP en el punto PM1 (65%) es de calidad “Buena” en los puntos PM2 (37%), PM3 (29%) es de calidad “Regular” y en el punto PM4 (27%) es de calidad “Mala”, esta disminución de la calidad es influenciada por las actividades antropogénicas y los asentamientos humanos a lo largo del área de estudio.
- El agua dentro del área de estudio en la microcuenca del río Chibunga según el índice ICA-NSF, mayormente presenta una calidad “Regular” en los tres primeros puntos de muestreo PM1 (64%), PM2 (56%), PM3 (67%) y disminuye en PM4 (47%) donde la calidad es “Mala”, esta reducción de calidad a medida que el agua continua su recorrido es producto de la contaminación existente a lo largo de la microcuenca.
- Las diferentes actividades antropogénicas como el vertido de agua residual provoca alteraciones en la condición natural del agua de la microcuenca, alterando factores como la

turbidez y DBO₅ haciendo que sus valores (21.6 NTU) y (34 mg/L) respectivamente sobrepasen sus límites permitidos en PM4 (sector parque Ecológico), el uso de pesticidas químicos en actividades agrícolas alteran los niveles de fosfatos presentes en el agua, estos llegan al cause mediante la escorrentía y el lavado del suelo, su valor máximo de (5.8 mg/L) en PM4 (sector parque Ecológico) sobrepasa su límite permisible, la presencia de animales de ganadería en sus orillas provoca que las excretas vayan directo al cause natural provocando un incremento enorme en la cantidad de coliformes fecales presentes en el agua, como se observó en PM4 (sector parque Ecológico) con un valor de (300000 NMP/100 mL), de esta manera también se determinó que dentro del tramo de estudio de la microcuenca del río Chibunga, el punto final PM4 (sector parque Ecológico) presenta la peor calidad de agua (Mala) debido a las diferentes fuentes de contaminación presentes en el lugar.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio integrado de toda la microcuenca del río Chibunga para la gestión adecuada del recurso hídrico ya que el estudio de un tramo en particular, no refleja la situación actual de la calidad de agua de toda la microcuenca.
- Se deben difundir y socializar los resultados de investigaciones similares con los pobladores en asentamientos cercanos al río con la finalidad de crear una conciencia ambiental y una cultura de conservación del recurso hídrico.
- Las instituciones enfocadas en la protección y la conservación de la microcuenca deben enfocarse en mejorar su calidad de agua debido a que el recurso hídrico es utilizado en la mayoría de casos para el riego, recreación, consumo humano y animal.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. Referencias Bibliográficas

- Abarca, S. M. (2016). Contaminación del agua. *Ingenius*, 20(1), 1–3. <https://doi.org/10.17163/ings.n1.2007.04>
- 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. *Limnetica*, 28(1), 35–64.
- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*, 9.
- Altamirano, M. (2013). *ESTUDIO HIDROQUIMICO Y DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL RIO MIRA* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1711>
- Bautista, V. I. (2014). Estudio de la calidad del agua de la cuencas del Rio Chambo en época de estiaje. *Ciencias, Bachelor*, 321. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3221>
- Belén Toledo Basantes, M. (2015). *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo "Determinación De La Calidad Del Agua Mediante El Uso De Macroinvertebrados Acuáticos Como Bioindicadores En La*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4774>
- Beltrán Pineda, M. E. (2015). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101–113. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:401
- Cadme, M., Ramos, E., & González, B. (2018). *INFLUENCIA ANTRÓPICA EN LA CALIDAD DE AGUA*. 1–11.
- Cecilia, N., Mayorga, V., & H, C. A. A. C. (2019). Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013- 2017. *Revista Del Instituto de Investigaciones de La Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográfica*, 21(42), 13–26.
- Christine, H., Toro, D. R., Grajales, A. Q., Quintero Duque, G., & Serna-Uribe, L. (2009). DETERMINING WATER QUALITY BY MEANS OF BIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS IN THE FISH CULTIVATION STATION OF THE UNIVERSIDAD DE CALDAS, MUNICIPALITY OF PALESTINA, COLOMBIA. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 13(2), 89.
- Clesceri, L., Greenberg, A., & Eaton, A. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. In *Water Research* (18 th, Vol. 18, Issue 10). [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(82\)90249-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(82)90249-4)
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2015). Aplicación del ICA-NSF para

- determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31), 66–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v16i31.11281>
- García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (2018). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. *Volumen II de La Colección: Agenda Pública Para El Desarrollo Regional, La Metropolitización y La Sostenibilidad*, 35–367. http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-García-Miranda.pdf
- González A, N., Sánchez Mateo, S., & Mairena Valdivia, Á. (2014). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua del trópico húmedo en las microcuencas de los alrededores de Bluefields, RAAS. *Wani*, 68, 53–63. <https://doi.org/10.5377/wani.v68i0.1354>
- González, V., Caicedo, O., & Aguirre, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP Application of water quality indices NSF, DINIUS and BMWP. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(1), 97–108.
- Guinard, J. D. C., & Vega, J. A. B. (2013). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Diversidad y Abundancia de Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad Del Agua de Las Cuencas Alta y Baja Del Río Gariché, Provincia de Chiriquí, Panamá*, 16(2), 61–70.
- Kolenati, F. A. (1848). *Über Nutzen und Schaden der Trichopteren*.
- Ley de Aguas, Codificación 16, R. O. 339 de 20 de M. del 2004. (2004). *Ley de Aguas, codificación*.
- Meza-S, A. M., Rubio-M, J., G-Dias, L., & M-Walteros, J. (2012). Water quality and composition of aquatic macroinvertebrates in the subwatershed of river chinchiná. *Caldasia*, 34(2), 443–456.
- Moya, N., Domínguez, E., Goitia, E., & Oberdorff, T. (2011). Desarrollo de un índice multimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la integridad biológica en ríos de los valles interandinos de Bolivia. *Ecología Austral*, 21(2), 135–147.
- Ordóñez, J. (2011). ¿Qué Es Cuenca Hidrológica? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Pérez, P., & Quishpi, A. (2016). *Análisis de la calidad de agua de los Ríos, Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del Río Patate de la provincia de Cotopaxi*.
- Roldán-Pérez, G. (2016). 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), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Sardi, E., García, B., Reynoso, Y., González, P., & Larroudé, V. (2017). Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso. *Journal of Cleaner Production*, 1(June), 119–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.146%0Ahttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve>

/pii/S0959652617309617%0Ahttp://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica
analítica ambiental/tema 2010.pdf

SENAGUA. (2018). *INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS 2018*.

Sierra Ramírez, C. A. (2018). Calidad del Agua evaluación y diagnóstico. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.

Toledo, M., & Mendoza, B. (2016). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA UTILIZANDO BIO-INDICADORES, EN MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO (EC)*. Lima: XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica Lima.

Torres, P., Madsen, L. B., Lévêque, C., Omiste, J. J., & Miyagi, H. (2018). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 2018-Janua(13), 79–94. <https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>

TULSMA. (2015). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. *TULAS Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente*, 8–9.

Vásquez, E. (2017). *Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones* 21. 2017.

Velóz, N. (2018). Estudio de los factores condicionantes de contaminación que afectan la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga – Chimborazo. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 1, 307. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/8792>

6.2. Anexos

Anexo 1. Batimetrías

Anexo 1.1. Batimetría PM1 sector San José del Batán

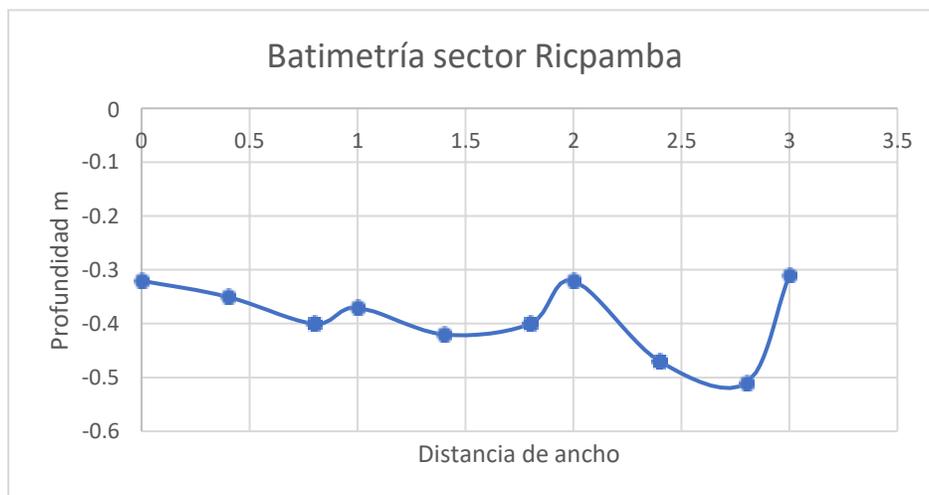
Tabla 8

Ancho y Profundidad del río en PM1 sector Ricpamba

Ancho (m)	0	0.4	0.8	1	1.4	1.8	2	2.4	2.8	3.2
Profundidad (m)	-0.25	-0.35	-0.42	-0.4	-0.33	-0.35	-0.43	-0.37	-0.31	-0.32

Figura 12

Batimetría en PM1 sector Ricpamba



Anexo 1.2. Batimetría PM2 sector Ricpamba

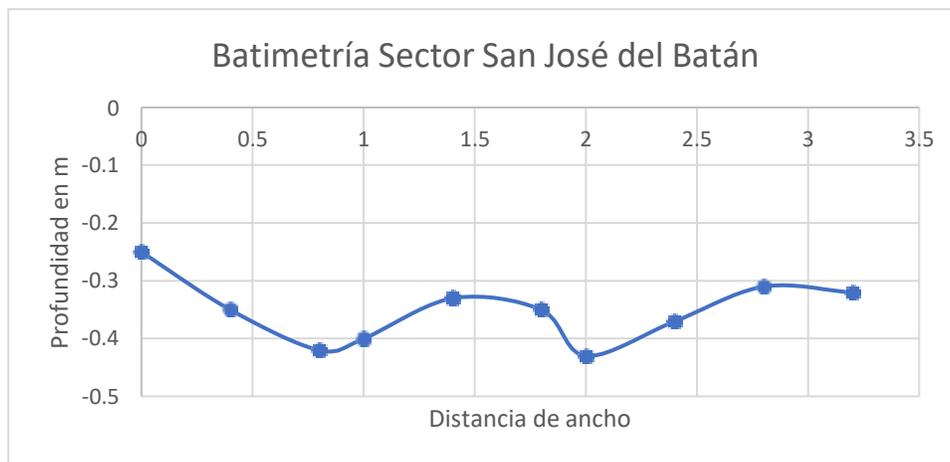
Tabla 9

Ancho y Profundidad del río en PM2 sector San José del Batán

Distancia (m)	0	0.4	0.8	1	1.4	1.8	2	2.4	2.8	3
Profundidad (m)	-0.32	-0.35	-0.4	-0.37	-0.42	-0.4	-0.32	-0.47	-0.51	-0.31

Figura 13

Batimetría en PM2 sector San José del Batán



Anexo 1.3. Batimetría PM3 sector U.E. Pensionado Olivo

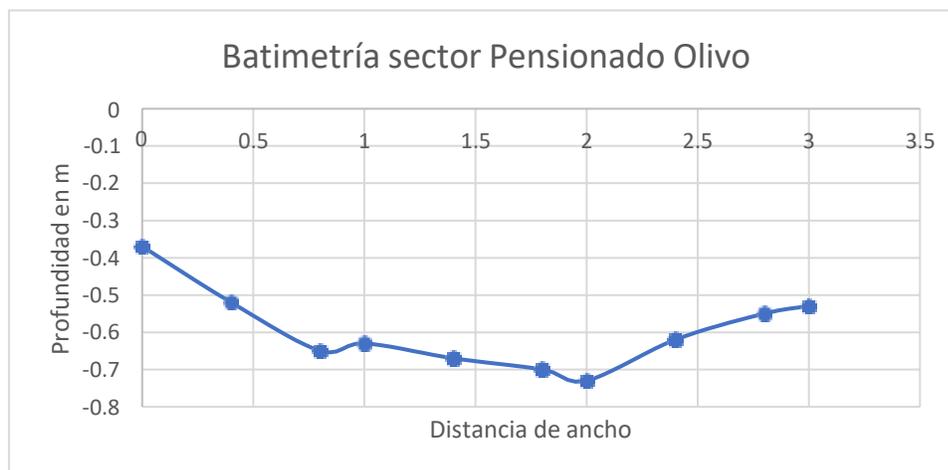
Tabla 10

Ancho y Profundidad del río sector U.E. Pensionado Olivo

Distancia (m)	0	0.4	0.8	1	1.4	1.8	2	2.4	2.8	3
Profundidad (m)	-0.37	-0.52	-0.65	-0.63	-0.67	-0.7	-0.73	-0.62	-0.55	-0.53

Figura 14

Batimetría en PM3 sector U.E. Pensionado Olivo



Anexo 1.4. Batimetría PM4 sector Parque Ecológico

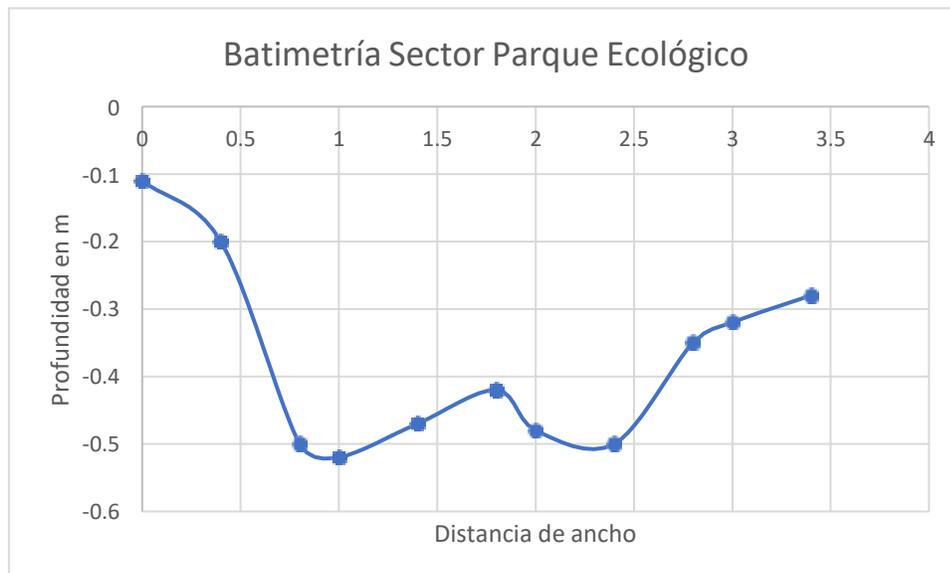
Tabla 11

Ancho y profundidad del río en PM4 sector Parque Ecológico

Distancia (m)	0	0.4	0.8	1	1.4	1.8	2	2.4	2.8	3	3.4
Profundidad (m)	-0.11	-0.2	-0.5	-0.52	-0.47	-0.42	-0.48	-0.5	-0.35	-0.32	-0.28

Figura 15

Batimetría en PM4 sector Parque Ecológico



Anexo 2. Cálculo del ICA

Tabla 12

Resultados del cálculo del ICA en los diferentes Puntos de Muestreo

N.º	PARÁMETRO	UNIDADES	PM1 Ricpamba			PM2 San José del Batán			PM3 Pensionado Olivo			PM4 Parque Ecológico		
			Wi	li	Wi×li	Wi	li	Wi×li	Wi	li	Wi×li	Wi	li	Wi×li
1	Oxígeno disuelto (OD % Saturación)	mg O ₂ /L	0.17	92	15.64	0.17	92	15.64	0.17	92	15.64	0.17	91	15.47
2	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15	21	3.15	0.15	10	1.5	0.15	9	1.35	0.15	5	0.75
3	Potencial hidrogeno (pH)	-	0.12	90	10.8	0.12	88	10.56	0.12	88	10.56	0.12	88	10.56
4	DBO ₅	mg/L	0.1	80	8	0.1	34	3.4	0.1	36	3.6	0.1	3	0.3
5	Nitratos (NO ₃)	mg/L	0.1	90	9	0.1	92	9.2	0.1	90	9	0.1	94	9.4
6	Fosfatos (PO ₄)	mg/L	0.1	72	7.2	0.1	68	6.8	0.1	70	7	0.1	10	1
7	Cambio de temperatura	°C	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9	0.1	9	0.9
8	Sólidos disueltos totales	mg/L	0.08	47	3.76	0.08	46	3.68	0.08	49	3.92	0.08	49	3.92
9	Turbidez	NTU	0.08	72	5.76	0.08	62	4.96	0.08	71	5.68	0.08	61	4.88
			64.21			56.64			57.65			47.18		

Anexo 3. Medios de verificación de cumplimiento de trabajo de campo y laboratorio



Imagen 1. Presencia de contaminación en el río Chibunga



Imagen 2. Recolección de muestra de agua para análisis físico-químicos



Imagen 3. Recolección de muestras de macroinvertebrados.



Imagen 4. Muestras de agua para análisis físico-químicos.

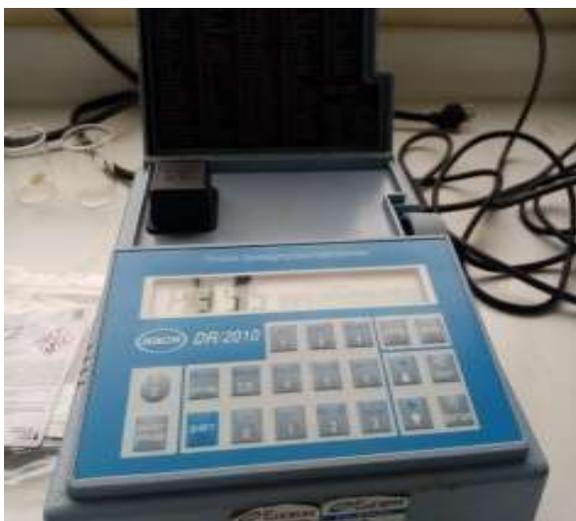


Imagen 5. Medición de parámetros en equipo espectrofotométrico



Imagen 6. Medición de la turbidez



Imagen 7. Equipo medidor multi-parámetros



Imagen 8. Equipo medidor de DBO₅



Imagen 9. Medición de DBO₅



Imagen 10. DBO₅ en PM1 se encuentra bajo el rango de detección del equipo medidor



Imagen 11. Medición de nitratos y fosfatos



Imagen 12. Muestras para identificación de macroinvertebrados.



Imagen 13. Tabla de identificación de macroinvertebrados



Imagen 14. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio