



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:
MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL CON MENCIÓN EN
RECURSOS HÍDRICOS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RÍO
CHIBUNGA”**

AUTOR:

Ing. Antonio Franco Delgado Sayay

TUTOR:

Doc. Julia Guadalupe Calahorrano González, Mgs.

Riobamba – Ecuador

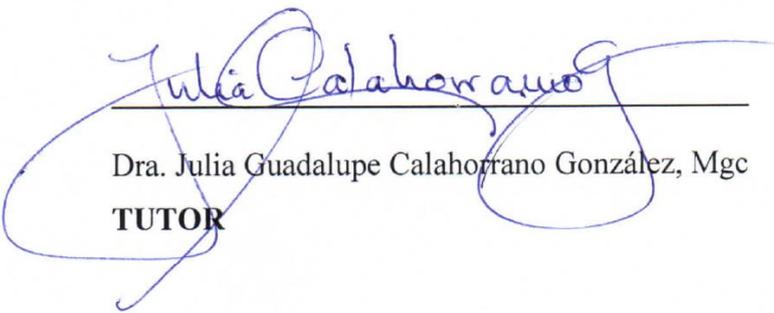
2025

Certificación del Tutor

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado: **“Evaluación de Impacto Ambiental de la cuenca del río Chibunga”**, ha sido elaborado por el Ingeniero Antonio Franco Delgado Sayay, el mismo que ha sido orientado y revisado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor. Así mismo, refrendo que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional; por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Riobamba, 20 de marzo, de 2025



Dra. Julia Guadalupe Calahorrano González, Mgc

TUTOR

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo, **Antonio Franco Delgado Sayay**, con número único de identificación **0604858050**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: “Evaluación de Impacto Ambiental en la cuenca del río Chibunga” previo a la obtención del grado de Magíster en Ingeniería Ambiental con mención en Recursos Hídricos.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional de Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.

Riobamba, 20 de marzo de 2025



Firmado electrónicamente por:
**ANTONIO FRANCO
DELGADO SAYAY**

Ing. Antonio Franco Delgado Sayay

N.U.I. 0604858050

Agradecimiento

Primero, ante todo agradezco a Dios por darme fuerzas, sabiduría y su bendición en todo momento.

Luego, un profundo agradecimiento a mi asesora la Doctora Julia Guadalupe Calahorrano González por su aporte científico, guía, sabiduría y paciencia a lo largo de todo el proceso ya que sus conocimientos y consejos han sido invaluable durante el desarrollo de la investigación.

Así también un infinito agradecimiento a mi familia, en especial a mi mamá María y mi hermano Roberth, por su apoyo, motivación, comprensión y amor incondicional en todo momento.

¡Gracias a todos! 

Dedicatoria

Una vez culminado este proceso quiero dedicar el esfuerzo de esta investigación a la familia quienes estuvieron presente durante en todo este extraordinario viaje, lleno de experiencias y conocimiento.

Además, los resultados están dedicados a todas aquellas instituciones y personas quienes de alguna manera fueron parte de la investigación.

Índice General

Certificación del Tutor	ii
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos	iii
Agradecimiento.....	iv
Dedicatoria	v
Índice General.....	vi
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	xi
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo 1 Generalidades.....	7
1.1 Planteamiento del problema	7
1.2 Justificación de la Investigación.....	9
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo General.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos	11
Capítulo 2 Estado del Arte y la Práctica	12
2.1 Antecedentes Investigativos	12
2.2 Fundamentación Legal	16
2.3 Fundamentación Teórica	18
2.3.1 Evaluación de Impacto Ambiental	18
2.3.2 Evaluación de aspecto e impactos ambientales	19
2.3.3 Cuenca hidrográfica.....	20

2.3.4	Contaminación del agua	21
2.3.5	Índice de Calidad de Agua.....	24
2.3.6	Índice de sostenibilidad Ambiental	25
2.3.7	Mapa de actores	26
Capítulo 3 Diseño Metodológico.....		29
3.1	Enfoque de la Investigación	29
3.2	Diseño de la Investigación.....	29
3.3	Tipo de investigación.....	30
3.3.1	Por su alcance	30
3.3.2	Por su diseño.....	30
3.4	Área de estudio	30
3.5	Objetivo 1: Identificar y valorar el impacto ambiental de las actividades antrópicas a lo largo de la cuenca del río Chibunga.	31
3.6	Objetivo 2: Determinar el grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga en el periodo 2013 al 2024	34
3.6.1	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
3.6.2	Determinación del caudal	36
3.6.3	Determinación de índice de calidad del agua	37
3.6.4	Aplicación de la norma de calidad ambiental.....	38
3.7	Tercer objetivo: Deducir el índice de sostenibilidad de la cuenca del río Chibunga, como instrumento diagnóstico, para proponer medidas de gestión ambiental en la cuenca.	
	39	
3.7.1	HIDROLOGÍA: Cantidad de agua	44
3.7.2	HIDROLOGÍA: Calidad de agua	44
3.7.3	MEDIO AMBIENTE	45
3.7.4	VIDA	45
3.7.5	POLÍTICA	45

3.8	Población y Muestra	48
3.8.1	Población	48
3.8.2	Tamaño de la muestra.....	48
Capítulo 4 Análisis y Discusión de los Resultados		49
4.1	Objetivo 1: Identificar y valorar los impactos ambientales de las actividades antrópicas a lo largo de la cuenca del río Chibunga.....	49
4.2	Objetivo 2: Grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga en el periodo 2013 al 2024	57
4.2.1	Puntos de muestreo	57
4.2.2	Análisis puntos críticos.....	59
4.2.3	Análisis de estudios de la calidad de agua.....	60
4.2.4	Resultados ICA 2024.....	69
4.2.5	Resultado general ICA periodo 2013 - 2024	71
4.2.6	Resultado según la normativa 097.....	75
4.3	Índice de sostenibilidad de la cuenca del río Chibunga, como instrumento diagnóstico, para proponer medidas de gestión ambiental en la cuenca	80
4.3.1	Hidrología: cantidad de agua.....	80
4.3.2	Hidrología: calidad de agua.....	83
4.3.3	Medio ambiente	85
4.3.4	Vida	86
4.3.5	Política	88
Capítulo 5		102
Conclusiones.....		102
Recomendaciones.....		107
Referencias Bibliográficas		109

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de Leopold	33
Tabla 2. Ponderaciones para el índice	37
Tabla 3. Escala de interpretación de la calidad del agua	38
Tabla 4. Criterios de límites permisibles de calidad del agua	38
Tabla 5. Indicadores y parámetros de WSI.....	41
Tabla 6. Matriz de los aspectos e impactos ambientales	49
Tabla 7. Matriz cruce acciones – factor.....	53
Tabla 8. Matriz de impactos ambientales	54
Tabla 9. Evaluación impactos ambientales.....	56
Tabla 10. Puntos de muestreo en la cuenca del río Chibunga	57
Tabla 11. Resultados del ICA de estudio 1 y 2 de la cuenca del río Chibunga.....	60
Tabla 12. Resultados del ICA de estudio 3 de la cuenca del río Chibunga.....	62
Tabla 13. Resultados del ICA de estudio 4 de la cuenca del río Chibunga.....	64
Tabla 14. Resultados del ICA de estudio 5 de la cuenca del río Chibunga.....	65
Tabla 15. Resultados del ICA de estudio 6 de la cuenca del río Chibunga.....	66
Tabla 16. Resultados del ICA de estudio 7 de la cuenca del río Chibunga.....	67
Tabla 17. Resultados del ICA de la cuenca del río Chibunga	69
Tabla 18. Resultados general ICA de la cuenca del río Chibunga–estación seca y lluvia ..	72
Tabla 19. Resultados - cálculo de la varianza	73

Tabla 20. Parámetros Físico-químico y microbiológico de la cuenca del río Chibunga.....	75
Tabla 21. Puntajes de los parámetros de presión y estado para el indicador hidrología-cantidad.....	81
Tabla 22. Puntajes del parámetro de respuesta para el indicador hidrología-cantidad.....	82
Tabla 23. Puntajes del parámetro de presión y estado para el indicador hidrología-calidad	83
Tabla 24. Valores obtenidos de los parámetros de presión para el indicador medio ambiente	85
Tabla 25. Valores de los parámetros de estado y respuesta del indicador medio ambiente	86
Tabla 26. Valores obtenidos de los parámetros de presión para el indicador vida.....	87
Tabla 27. Valores de los parámetros de estado y respuesta para el indicador vida.....	87
Tabla 28. Variación del IDH entre 2010 a 2020 para el parámetro presión.....	89
Tabla 29. Resultados de la ronda – método Delphi	90
Tabla 30. Capacidad legal e institucional en GIRH para el parámetro estado	92
Tabla 31. Valores de los parámetros de respuesta para el indicador política	93
Tabla 32. Análisis WSI en la cuenca del río Chibunga	94
Tabla 33. Matriz de actores en la gestión de las cuencas	97

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de la cuenca del río Chibunga	31
Figura 2. Esquema metodológico	34
Figura 3. Esquema metodológico listado de actores	47
Figura 4. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.....	58
Figura 5. Organigrama de mapeo de actores	95

Resumen

El objetivo principal del estudio fue analizar la sostenibilidad de la cuenca del río Chibunga mediante la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), el Índice de Calidad de Agua (ICA) y el Índice de Sostenibilidad de Cuencas (WSI). Estas herramientas permiten evaluar efectos de las actividades humanas y proponer estrategias para la protección ambiental y el desarrollo sostenible. La metodología incluye la evaluación de impacto ambiental utilizando la matriz de valoración cualitativa adoptada a de Leopold, que analiza magnitud, extensión, duración y reversibilidad de los impactos. El ICA se calculó utilizando la metodología ICA-NSF, que evalúa parámetros específicos de calidad del agua. Se analizaron datos históricos del 2013 a 2023 aplicadas en dos estaciones (seca y lluvia) y muestras del año 2024 fueron tomadas en diez puntos siguiendo la norma INEN 2169:2013. El WSI se desarrolló siguiendo los indicadores del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, que incluye aspectos hidrológicos, ambientales, sociales y de gestión política. Los resultados revelan impactos moderados y severos de las actividades antrópicas. Entre 2013 y 2023, el ICA de la estación seca disminuyó de 64 a 49 puntos indicando calidad regular a mala, y en época de lluvia de 72 a 57 puntos calidad buena a regular. Las muestras de 2024 indican el ICA regular en ambas estaciones. El WSI refleja una baja sostenibilidad, atribuida a las actividades humanas y la ausencia de políticas efectivas. En conclusión, la cuenca enfrenta grandes desafíos para mantener la calidad y disponibilidad del agua, mostrando una tendencia decreciente en sostenibilidad.

Palabras claves: *evaluación, impacto ambiental, contaminación, calidad de agua, índice de sostenibilidad y gestión ambiental.*

ABSTRACT

The main objective of the study was to analyze the sustainability of the Chibunga River basin through the Environmental Impact Assessment (EIA), the Water Quality Index (WQI), and the Watershed Sustainability Index (WSI). These tools make it possible to evaluate the effects of human activities and propose strategies for environmental protection and sustainable development. The methodology included environmental impact assessment using the qualitative assessment matrix adapted from Leopold, which analyzes impact' magnitude, extent, duration, and reversibility. The ICA was calculated using the ICA-NSF methodology, which evaluates specific water quality parameters. Historical data from 2013 to 2023 were analyzed in two seasons (dry and rainy), and samples from 2024 were taken at ten points following the INEN 2169:2013 standard. WSI was developed following the indicators of UNESCO's International Hydrological Program, which includes hydrological, environmental, social, and political management aspects. The results reveal moderate and severe impacts from anthropogenic activities. Between 2013 and 2023, the dry season ICA decreased from 64 to 49 points, indicating a shift from fair to poor quality, while the rainy season ICA decreased from 72 to 57 points, indicating a change from good to fair quality. The 2024 samples indicate fair ICA in both seasons. The WSI reflects low sustainability, attributed to human activities and ineffective policies. In conclusion, the basin faces significant challenges in maintaining water quality and availability, showing a decreasing trend in sustainability

Keywords: Assessment, environmental impact, pollution, water quality, sustainability index and environmental management.



Reviewed by:

Mgs. Sofía Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

Introducción

En la actualidad, la contaminación del ambiente representa uno de los problemas más complejos y críticos que afecta la sostenibilidad del planeta. Las primeras iniciativas que dan lugar al reconocimiento del deterioro de los ecosistemas, derivado de los modelos de desarrollo humano datan de la década de los sesenta. Es así como llega la primera reunión mundial sobre ambiente y desarrollo conocida como “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano”, celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972, que marca el hito del derecho ambiental internacional. De ahí en adelante, todos los países han incorporado la variable ambiental en sus legislaciones y han establecido múltiples acuerdos para avanzar hacia un desarrollo más sostenible, entendiendo que las necesidades del presente no pueden comprometer a las futuras generaciones como indica el principio tres de la Declaratoria de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (ONU, 1972).

En 1969, el Congreso de los Estados Unidos promulgó la Ley de Política Ambiental Nacional (NEPA), cuyo instrumento principal de aplicación es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), esta metodología se ha difundido ampliamente y se ha reconocido como una herramienta versátil para la evaluación de proyectos y actividades, permitiendo identificar, evaluar y cuantificar los impactos ambientales por las actividades humanas.

En Ecuador, la EIA se incorporó en la legislación nacional con la promulgación de la Ley de Gestión Ambiental en 1999. No obstante, su aplicación efectiva comenzó en el año 2000. Esta iniciativa se vio fortalecida con la aprobación de la Constitución de la Republica en 2008 que en su artículo 411 señala la obligatoriedad del estado de garantizar la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico, así también regular toda actividad que

pueda afectar la calidad y cantidad de agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Posteriormente, en 2014 se aprueba la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUA) cuyo objetivo es garantizar el derecho humano al agua, regular la gestión integral y controlar la autorización, preservación, conservación, restauración de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, y su recuperación en sus distintas fases, formas y estados físicos para garantizar el buen vivir (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014). Por otra parte, el Código Orgánico Integral Penal, en el artículo 251 menciona que constituye delitos contra el agua, quien viole la normativa, lo contamine o altere los cuerpos de agua o realice descargas en el mar provocando graves daños serán sancionados.

En lo que se refiere al marco institucional, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) son entidades competentes para conservar y gestionar los recursos hídricos.

En este contexto, la gestión de los recursos hídricos es uno de los desafíos globales más preocupantes a resolver, considerando que el agua es la parte esencial de la vida y eje transversal de todas las actividades humanas (Madhav, 2019).

La contaminación de los ríos en Ecuador es un problema preocupante, lo que afecta gravemente a los ecosistemas y la salud pública, por ejemplo, un estudio de la Universidad San Francisco de Quito analizó 12 ríos del país y concluyó que todos presentan contaminación por bacterias y componentes químicos, siendo los ríos Guayas y Machángara los más afectados (Vinueza et al., 2021).

En particular, el río Machángara en Quito ha sido objeto de análisis, donde se ha identificado como receptor de aguas residuales y desechos urbanos (Vallejo & Lara, 2022).

Además, se han revelado impactos ambientales por la generación de olores y los vertimientos de efluentes sobrepasan los límites permitidos en la legislación ambiental. (Rodríguez, Rodríguez, Garcia, & Caina, 2025). Esta situación llevó a que, en 2024, el río fuera declarado sujeto de derechos, lo que implica una mayor responsabilidad en su protección y recuperación (Basantes A. C., 2024).

La cuenca del río Chibunga al encontrarse ubicado en la provincia de Chimborazo, un entorno rural y urbano, fundamentalmente es utilizado en las actividades agrícolas y es el sustento de las comunidades locales. Sin embargo, investigaciones recientes han identificado una alta contaminación en sus aguas, con niveles de coliformes fecales que superan los límites permisibles, presencia de bacterias multirresistentes, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente (Morales Guamán, 2023; Guillén Ferraro, Cordovéz-Martínez, González-Romero, Mur-Caicedo, & Marcillo-Valencia, 2024).

A pesar de su importancia, la información sobre la calidad del agua de la cuenca del río Chibunga es limitada y dispersa, lo que dificulta la implementación de medidas efectivas para su conservación y recuperación, por ello, es fundamental realizar evaluaciones exhaustivas que permitan establecer con certeza su estado actual, identificar las fuentes de contaminación y proponer soluciones integrales, este diagnóstico es esencial para proteger los ecosistemas asociados al río y garantizar la salud y el bienestar de las comunidades que dependen de sus recursos hídricos.

En este contexto, la presente investigación busca conocer la situación ambiental de la cuenca del río Chibunga y su sustentabilidad ambiental. El documento está estructurado en 4 capítulos: capítulo 1, se concentra en los objetivos de la investigación, esto es, evaluar

el impacto ambiental que las actividades antrópicas provocan a la cuenca del río Chibunga; capítulo 2, corresponde al estado del arte y la práctica sobre evaluaciones de impacto ambiental en los ríos a nivel mundial, nacional y local, mostrando métodos y técnicas utilizadas con aportes significativos. Además, normativas, principios y derechos sobre el recurso hídrico; capítulo 3, se desarrolla la metodología de la investigación, mediante la aplicación de los métodos y herramientas de la EIA, el análisis de calidad de agua (ICA) y la estimación del Índice de Sostenibilidad del Agua (WSI), para tener una mirada sobre el estado de los recursos hídricos en la cuenca, considerando factores ambientales, sociales y económicos, por último, el capítulo 4, detalla los principales resultados obtenidos en la investigación. Para el caso de identificación y valoración de impactos se logró establecer nueve actividades antrópicas desde el nacimiento como río Chimborazo hasta su desembocadura en el río Chambo; por otro lado, en los resultados de los estudios realizados sobre la calidad de agua en dos estaciones (seca y lluviosa) muestran valores entre 15 y 71 puntos indicando una calidad muy mala y buena; y por último se desarrolló el índice de sostenibilidad de cuencas (WSI), que revela un nivel bajo de sostenibilidad ambiental.

Finalmente, es importante tener claro que la gestión integral de recursos hídricos comprende un proceso coordinado y sistemático de acciones, que requiere un marco jurídico adecuado, un marco institucional fortalecido y estrategias efectivas de participación ciudadana, pero también información pertinente, permanente que dé cuenta del estado de los recursos. Por tanto, esta investigación será un aporte significativo para los actores locales y nacionales, que velan por el cuidado de los recursos hídricos mediante la aplicación de planes, programas y proyectos que buscan la recuperación y conservación de la subcuenca.

Capítulo 1

Generalidades

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación del agua a nivel mundial es un problema que causa preocupación debido a que es uno de los recursos necesarios para el desarrollo de la vida. Según la Organización de las Naciones Unidas (2018) más del 80% de las aguas servidas, resultado de las actividades humanas, se derraman en los ríos o en el mar sin recibir ningún tratamiento previo, provocando una acumulación de contaminantes a nivel general. Es así que, en Asia, el río Salween y en India, el Ganges, presentan altos niveles de contaminación por metales pesados, como la presencia de cadmio, plomo y mercurio lo cual ha sido evidenciado en estudios recientes de (Pandit, Singh, & Sharma, 2020). El río Danubio, en Europa, también enfrenta una grave contaminación debido a sustancias químicas, pesticidas y aguas residuales. (Kovács, Király, & Tóth, 2018). Mientras que en el continente africano, el río Nilo ha sido afectado por desechos industriales y orgánicos, de acuerdo con el informe de la (UNESCO, 2019). En América Latina, la situación no es diferente, el río de la Plata, que cruza Argentina y Uruguay, ha sido sometido a una fuerte contaminación por residuos domésticos e industriales según el estudio de Ferraro, Ferrer, & Rodríguez (2021), que documenta la alta carga bacteriana y los contaminantes químicos presentes; en Brasil, el río Tieté se encuentra en condiciones ambientales precarias, siendo uno de los más contaminados por residuos industriales y aguas residuales (Lima, Araujo, & Silva, 2019). De manera similar, el río Santiago en México presenta altos niveles de contaminantes debido a las descargas industriales, tal como lo señala Martínez, Torres, & Jiménez (2020). En Perú, el río Lima ha sufrido un impacto negativo por metales pesados provenientes de la actividad minera, como se documenta en la investigación de (Rodríguez, Herrera, & González, 2018).

En Ecuador, varios estudios han evaluado la calidad del agua en diferentes regiones del país. Investigadores de la Universidad San Francisco de Quito, realizaron un análisis detallado de la calidad del agua en 12 ríos y encontraron niveles elevados de contaminantes, como metales pesados, nitratos y coliformes fecales, en varios de estos cuerpos hídricos, en la región Sierra (Vinuela et al., 2021). El río Machángara, que cruza la ciudad de Quito, se encuentra contaminado por aguas residuales y descargas industriales (Basantes L. , 2024). Igualmente, los ríos Guayas, Zamora y Esmeraldas han sido reportados como cuerpos hídricos contaminados, con elevados niveles de coliformes fecales y otros contaminantes (Dávalos F. , 2024). Estas situaciones se agrava por las diferentes actividades industriales y agrícolas, junto con la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales.

En la provincia de Chimborazo, la cuenca del río Chibunga enfrenta problemas similares, donde la contaminación por aguas residuales, productos agroquímicos y desechos sólidos ha alterado la calidad de sus aguas, de acuerdo con la investigación de Guillén et al. (2024), las actividades antropogénicas, como la agricultura intensiva y la falta de un sistema adecuado de gestión de residuos, han afectado gravemente la cuenca del río Chibunga, este río también se enfrenta a desafíos adicionales derivados de la variabilidad climática, como la disminución de su caudal, lo que ha incrementado la concentración de contaminantes y la reducción de la disponibilidad de agua para la población local. La investigación realizada por Gómez, Díaz & López (2020), sobre la calidad del agua en la subcuenca del Chibunga concluye que, a pesar de la importancia ecológica y económica, carece de un monitoreo adecuado y de datos actualizados que puedan guiar políticas públicas para su conservación y recuperación, esta brecha en el conocimiento es aún más relevante dado el rol central que juega la cuenca del río Chibunga en la vida de las comunidades cercanas, que depende de él

para el abastecimiento del agua en la agricultura y otras actividades económicas, por lo tanto, es necesario implementar un sistema de monitoreo ambiental integral que permita evaluar con precisión los niveles de contaminación y su impacto. Sin embargo, la información sobre el estado de la calidad de la cuenca del río Chibunga sigue siendo limitada y dispersa, con pocos estudios sistemáticos y continuos que permitan evaluar su impacto real y establecer el grado de contaminación que sufre.

La EIA es crucial para proteger la biodiversidad, la calidad del agua, fomentar un desarrollo sostenible, conservar los recursos naturales y cumplir con las normativas ambientales. El estudio permite identificar los efectos negativos sobre el ecosistema, proporcionando información valiosa para la planificación e implementación de estrategias de conservación. Además, es importante que la población, las comunidades dependientes del río conozcan la realidad del recurso hídrico y contribuyan con la aplicación de prácticas responsables, manejo y preservación del río.

1.2 Justificación de la Investigación

Conocer el impacto ambiental de las acciones humanas, la calidad del agua y el grado de sostenibilidad no sólo hidrológica sino también socioeconómica, es vital para poder gestionar de manera integral una subcuenca hidrográfica. A menudo, los actores locales responsables de la gestión sostenible y el diseño de políticas públicas, carecen de información oportuna y pertinente sobre los recursos, lo que dificulta implementar medidas de recuperación de la calidad ambiental del río y planes de conservación a mediano y largo plazo.

En el caso de la cuenca del río Chibunga, localizada en la provincia de Chimborazo, su río, no sólo es un importante recurso natural y paisajístico del cantón Riobamba, sino también un patrimonio de la ciudad, pero lamentablemente se ha visto afectado por los procesos de urbanización.

El río actualmente cruza en gran parte por la ciudad de Riobamba y otros cantones, constituyéndose en el receptor de aguas domésticas y residuales en diferentes puntos, lo que requiere de medidas urgentes que garanticen los derechos de este recurso, como sujeto de derecho, de acuerdo a lo que dispone la constitución ecuatoriana.

La presente investigación busca entonces revisar toda la información disponible sobre el río y conocer la situación actual, aplicando la metodología de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), el análisis de la calidad de agua (ICA) y la aplicación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas (WSI).

La investigación propuesta tiene relevancia y aporte académico – científico porque comprende un análisis integral de aspectos hidrológicos, ambientales sociales y económicos, con el propósito de facilitar la toma de decisiones por parte de entes gubernamentales y sociales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto ambiental que las actividades antrópicas provocan a la cuenca del río Chibunga.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y valorar el impacto ambiental de las actividades antrópicas a lo largo de la cuenca del río Chibunga.
- Determinar el grado de contaminación la cuenca del río Chibunga en el periodo 2013 al 2024.
- Deducir el índice de sostenibilidad del río Chibunga, como instrumento diagnóstico, para proponer medidas de gestión ambiental en la cuenca.

Capítulo 2

Estado del Arte y la Práctica

2.1 Antecedentes Investigativos

A nivel mundial, diversos estudios han abordado el impacto ambiental de los vertidos de agua residuales en las cuencas hidrográficas. En India, por ejemplo, el río Ganges ha sido objeto de múltiples investigaciones debido a la alta concentración de contaminantes derivados de vertidos industriales y domésticos. Un estudio realizado por (Pandit, Singh, & Sharma, 2020), evaluó los efectos de estos vertidos en la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, destacando la presencia de metales pesados y patógenos que afectan tanto la salud humana como los ecosistemas acuáticos.

En Europa, el río Danubio ha sido uno de los cuerpos de agua más estudiados debido a la contaminación generada por pesticidas, metales pesados y aguas residuales industriales, los análisis de calidad de agua realizados en diversas estaciones de monitoreo han evidenciado un incremento de estos contaminantes a lo largo de la cuenca, lo que ha llevado a implementar medidas de gestión integral y control de vertidos (Kovács, Király, & Tóth, 2018)

En América Latina, se destaca el caso del río Tieté en Brasil, que enfrenta una grave contaminación por residuos industriales y urbanos; se realizaron análisis exhaustivo sobre la calidad del agua de este río, encontrando niveles elevados de metales pesados y coliformes fecales (Lima, Araujo, & Silva, 2019). La investigación sobre el río Santiago en México también evidenció altos niveles de contaminación por descargas industriales y desechos sólidos (Ríos, Pérez, & García, 2021).

Igualmente, en Cuba, realizó un estudio sobre el impacto ambiental del vertido de aguas residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón, en Santiago de Cuba, utilizando la metodología de las matrices de Conesa; los investigadores evaluaron 27 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en ocho estaciones de muestreo; los resultados indicaron que la cuenca estaba gravemente afectada por la actividad agroindustrial, con altos niveles de turbidez, conductividad, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), y presencia de coliformes fecales, además, la matriz causa-efecto identificó el vertido de aguas residuales domésticas e industriales, junto con la acumulación de residuos sólidos, como las principales fuentes de contaminación, los impactos evaluados fueron clasificados como severos, afectando significativamente la salud pública, la calidad del agua superficial y el paisaje (González - Marañón, Palacios - Mulgado, & Ábalos - Rodríguez, 2019).

Este estudio, aunque relevante, se distingue por su metodología y los tipos de análisis de contaminantes, lo que lo hace una referencia complementaria a los estudios realizados en otras regiones del mundo, la diferencia principal radica en el uso del índice de sostenibilidad y en los métodos de valoración de impactos, lo cual puede servir como una base metodológica aplicable al análisis del río Chibunga en Ecuador, donde también se deben considerar factores similares de contaminación por actividades industriales y agropecuarias.

A nivel internacional, diversos estudios han abordado la evaluación de la calidad del agua en cuencas hidrográficas utilizando índices adaptados a las condiciones ambientales y normativas locales. Así también, en Costa Rica, presentó un nuevo índice para valorar la calidad de aguas superficiales, orientado a establecer procedimientos para calcular el Índice de Calidad de Agua (ICA) en función de múltiples indicadores, este estudio se centra en la creación de un ICA adaptado a las condiciones ambientales específicas del país, considerando tanto la legislación local como las características del ecosistema acuático, la

relevancia de esta metodología radica en su capacidad para generar índices que puedan ser aplicados a diferentes contextos geográficos y legislativos, facilitando la evaluación comparativa entre distintas cuencas en el ámbito global (Calvo Bregnes, 2019).

Los indicadores de calidad de agua seleccionados en el estudio se clasificaron en tres categorías: físicos, químicos y biológicos, con atención especial a aquellos relacionados con la salud humana, como la presencia de microorganismos patógenos y metales pesados. Además, se destacó la importancia de considerar la variabilidad temporal y espacial de los indicadores, ya que los niveles de calidad del agua pueden fluctuar según la estación y la localización geográfica de los muestreos, para el cálculo del ICA, se optó por la fórmula de Dojlido, previamente validada por estudios que demostraron su alta sensibilidad ante cambios en los parámetros físico-químicos, esta fórmula permite transformar los valores obtenidos de los indicadores en datos cualitativos, lo que facilita la interpretación de la calidad del agua en términos accesibles y aplicables para la toma de decisiones en políticas ambientales.

Un aspecto clave de este estudio fue la introducción de subíndices ajustados a las normativas nacionales, permitiendo correlacionar las concentraciones de los indicadores con valores específicos predeterminados de calidad de agua, esta adaptación es esencial para armonizar los indicadores con los límites de permisibilidad establecidos por las normativas locales, lo que ofrece una base sólida para la gestión sostenible de los recursos hídricos, por ejemplo, el índice para el contenido de oxígeno disuelto (OD) considera la influencia de la temperatura del agua, ajustando el valor del índice en función de las condiciones locales, lo que demuestra la flexibilidad y precisión del índice propuesto.

Los resultados del estudio mostraron que el ICA calculado para diversos ríos en Costa Rica se alineó con los límites de permisibilidad establecidos, permitiendo una evaluación clara de la calidad del agua en diferentes puntos de la cuenca, este enfoque metodológico contribuye a la mejora de las técnicas de evaluación de la calidad del agua, y su aplicación puede extenderse a otros países y regiones, adaptándose a las particularidades de cada ecosistema y normativa, sin embargo, estudios previos, como el índice Holandés, han mostrado limitaciones en cuanto a la sensibilidad a cambios fisicoquímicos y microbiológicos, lo que subraya la necesidad de generar índices más robustos y específicos para cada cuenca.

Observando estos estudios, se determina que la adopción de metodología e índices adaptados a las condiciones locales resulta crucial para obtener resultados más precisos y eficaces en la gestión de los recursos hídricos a nivel global.

En Ecuador, un estudio realizado por, Guerrero & Osejos, (2023 sobre la Evaluación de Impactos Ambientales en el río Jipijapa, abordó los efectos de las actividades de origen antrópico en la cuenca, a través de encuestas a personas relacionadas con dichas actividades, el estudio identificó las posibles consecuencias ambientales derivadas de estas prácticas, la evaluación de los impactos ambientales se llevó a cabo mediante la aplicación de la matriz de importancia, que permitió clasificar y priorizar los impactos según su gravedad y relevancia, para un análisis más preciso, se utilizó una combinación de herramientas estadísticas y matemáticas, específicamente la ecuación de importancia del impacto junto con estadísticas descriptivas. Los softwares empleados para el procesamiento y análisis de los datos fueron Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics 26, lo que facilitó la organización de los datos y la generación de resultados estadísticamente significativos. En conclusión, el estudio ofrece una perspectiva integral sobre los impactos ambientales en el río Jipijapa,

proporcionando herramientas metodológicas adecuadas para la toma de decisiones y la implementación de medidas de mitigación eficaces, lo que resalta la importancia de abordar los impactos ambientales de manera sistemática y rigurosa en contextos locales como el de Ecuador.

El estudio realizado por Freire, Vallejo, Andrade, & Mejía, (2020), sobre la evaluación de la calidad de agua del río Chambo, mediante el uso del ICA-NSF, en época de estiaje, antes y después de las descargas de agua residual; los resultados indican alto grado en la concentración de OD, DBO, SDT y fosfatos; y, coliformes fecales sobrepasan los niveles permisibles. En época de estiaje se reduce la capacidad de autodepuración y para el análisis físico-químico y microbiológico el agua llega al área de estudio con índices de contaminación. La investigación sirve para reforzar la adopción de técnicas y parámetros a evaluar que ayuden a determinar las condiciones y características específicas de la cuenca del río Chibunga.

2.2 Fundamentación Legal

La gestión sostenible del agua es fundamental para garantizar la disponibilidad para la presente y futuras generaciones; el enfoque implica la adopción de prácticas, estrategias y políticas que fomenten el cuidado y uso responsable del agua. En este contexto, a nivel internacional existen acuerdos como, por ejemplo, la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos no navegables de los cursos de agua internacional (1997) que establece los principios para la utilización equitativa y razonable de los recursos hídricos y la obligación de no causar daños. Mientras, que la Convención sobre la protección y el uso de los cursos de agua y lagos de frontera e internacional (1992), la cual es conocida como el

convenio del agua donde su objetivo es proteger y asegurar la cantidad, calidad y uso sostenible de los recursos hídricos transfronterizos. Así también, la resolución de la Asamblea General de la ONU como la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, este plan adoptado en el año del 2015 enmarca 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS): en objetivo seis establece garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento para todos (ONU, 2023).

En Ecuador, la constitución ecuatoriana, establece varios principios y derechos relacionados al agua, asegurando su cuidado y protección. El Art. 12 indica el acceso al agua es un derecho fundamental e irrenunciable; además es un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible y esencial para la vida. El Art. 264 en el inciso 4 indica que los Gobiernos Municipales tienen competencias de prestar servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental. El Art. 276 indica que se establece la recuperación y conservación de las naturaleza y mantenimiento de un ambiente sano y sustentable donde se garantice el acceso equitativo y de calidad de agua, aire y suelo; y, el Art. 411 menciona que el estado garantiza la conservación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos, regulando actividades que afecten la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas. En este contexto, es crucial señalar que la Constitución del Ecuador también reconoce los derechos de la naturaleza, destacando que la naturaleza tiene derecho a existir, mantenerse y regenerarse, este principio refuerza la responsabilidad del Estado y la sociedad en la protección de los recursos naturales como un bien común, consolidando un enfoque integral para su conservación y sostenibilidad.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua (2014) asegura el derecho humano al agua y gestionar adecuadamente los recursos hídricos. El Art.

4 y 64 indica que el agua debe ser gestionada de manera sostenible para garantizar su calidad y estabilidad. Mientras que el Art. 79 habla sobre la prohibición y sanciones de la contaminación del agua mediante vertido o depósito de desechos.

El Código Orgánico del Ambiente en el Art. 191 establece la obligación de monitorear la calidad de agua, aire y suelo, y en el Art. 196 menciona que los gobiernos locales deben disponer de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales.

2.3 Fundamentación Teórica

2.3.1 Evaluación de Impacto Ambiental

El término *impacto* descrito por primera vez en 1824, viene del latín *impactus* que significa *chocar*; en 1960 el término se caracterizó como una acción negativa y en unión con la palabra ambiental se dio un significado. Por otro lado, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) nace en los Estados Unidos por las presiones de movimientos ante cuestiones ambientales; su nombre en inglés “Environmental Impact Assessment” y en 1969 el Congreso aprobó la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA) por sus siglas en inglés siendo las primeras leyes de protección al medio ambiente; posteriormente las Naciones Unidas (ONU) mediante el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (PNUMA) en 1982 exigió su incorporación en las agendas políticas de los países (CMMAD, 1987). Se define a la EIA como un instrumento que identifica, cuantifica, describe y valora los potenciales impactos ambientales positivos y negativos que se generen; reconociendo aspectos ambientales y actividades que van a generar impacto sobre los diferentes factores físicos, bióticos y socio-económicos durante las actividades antropogénicas (MAATE, 2022). Entonces, la EIA evalúa los impactos de las actividades

planificadas en el medio ambiente (incluido los impactos de la biodiversidad, vegetación, ecología, agua y aire).

2.3.2 *Evaluación de aspecto e impactos ambientales*

2.3.2.1 Aspectos ambientales

Se refiere a los elementos de las actividades, productos o servicios de una actividad que interactúan con el medio ambiente, un aspecto ambiental significativo es aquel que tiene o puede tener uno o más impactos ambientales significativos, según lo establecido por Conessa- Vitora (2011), quien detalla cómo los aspectos ambientales pueden generar efectos negativos que alteren el equilibrio ecológico, de manera similar donde Domingo Gómez & Gómez Villarino (2008), afirman que los aspectos ambientales deben ser identificados y gestionados adecuadamente para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente, estos autores coinciden en que la clasificación de los impactos, y la evaluación de los aspectos ambientales más relevantes, es fundamental para una gestión ambiental sostenible.

2.3.2.2 Impactos ambientales

Describe a cualquier cambio en el medio ambiente, pudiendo ser este adverso o favorable, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales presentes en una actividad. Además, un aspecto ambiental dependiendo de su alcance puede ocurrir a nivel global, regional y local, estos también pueden ser de naturaleza directa o acumulativa (Conessa- Vitora, 2011).

2.3.3 Cuenca hidrográfica

El concepto de cuenca hidrográfica es un área física y geográficamente delimitada donde las aguas superficiales y subterráneas se derraman en forma natural, mediante uno o varios cauces de caudal continuo, que finalmente influyen en un curso mayor que desemboca en un río principal o en un depósito natural de agua.

2.3.3.1 Funciones de las cuencas hidrográficas

- Función ambiental: Regula la recarga hídrica conserva la biodiversidad y mantiene la diversidad de los suelos.
- Función ecológica: Provee hábitat para flora y fauna, influye en la calidad física y química del agua.
- Función hidrológica: Suministra recursos naturales renovables y no renovables, provee espacio para el desarrollo social y cultura (Araque, 2019).

2.3.3.2 Clasificación de las cuencas hidrográficas

Por su tamaño

- Cuenca muy grande: Superficie mayor a 5000 km².
- Cuenca grande: Superficie en un rango de 2500 km².
- Cuenca intermedia grande: Superficie en un rango de 500 a 2500 km²
- Cuenca intermedia pequeña: Superficie en un arando de 250 a 500 km²
- Cuenca pequeña: Superficie en un rango de 25 a 250 km²
- Cuenca muy pequeña: Superficie en un rango menor a 25 km²

Por su desembocadura

- Cuenca endorreica: Cuyo punto de salida de las aguas superficiales se encuentra dentro de la misma cuenca, pudiendo ser un lago o laguna.
- Cuenca exorreica: Cuyo punto de salida de las aguas superficiales es un río principal de desemboca en el océano.
- Cuenca arreica: El agua no desemboca en cuerpos de agua, se filtra o se evapora. Ejemplo cuenca son los páramos.

Por su uso

- Se agrupan según las cuencas de acuerdo a su principal función: Abastecimiento de agua potable, riego y navegación (Araque, 2019).

2.3.4 Contaminación del agua

La contaminación del agua se refiere a la modificación o introducción de sustancias de origen perjudiciales que afectan su calidad y composición, ya sea mediante cambios químicos, físicos o biológicos, esta definición se encuentra contemplada en la legislación ecuatoriana, donde se establece que la alteraciones de las condiciones naturales del agua a causa de agentes contaminantes tiene efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.4.1 Fuentes de contaminación

Existen muchos factores que permiten la contaminación de las aguas pero mayormente ocasionado por la mano del hombre que conlleva a la extinción de flora y fauna,

al igual que ecosistemas completos. Las fuentes de contaminación se divide en fuentes puntuales y difusas.

- Fuentes puntuales: Contaminación fáciles de identificar, se encuentran fuentes como minas, refinerías de petróleo y fábricas. Descargan agentes de contaminación químicos que alteran la composición del agua.
- Fuentes difusas: Fuentes difíciles de identificar; componen factores como la ganadería, agricultura y estas actividades son las mayores fuentes de contaminación ya que arrojan sustancias químicas por los fertilizantes, fungicidas, las aguas subterráneas y superficiales pueden ser afectados (Araque, 2019).

2.3.4.2 Tipos de contaminación

- Microorganismos Patógenos: Conforman virus, bacterias se presentan en aguas por falta de gestión administrativa y siendo una fuente peligrosa de para la propagación de enfermedades.
- Desechos orgánicos: Agrupación de restos orgánicos que produce la humanidad, ganadería. Para poder medir los desechos orgánicos es necesario el análisis DBO, la cual consiste en medir el oxígeno en una cantidad de agua a 15 grados en un lugar oscuro por 5 días, si el resultado es alto el agua no esta en condiciones para el consumo.
- Sustancias químicas orgánicas: Productos agrícolas contienen metales como el plomo y mercurio y junto con sales y ácidos son peligrosos contaminantes.

- Nutrientes vegetales: Nitratos y fosfatos son solubles en el agua y se usan en las actividades agrícolas pero los usos excesivos desarrollan algas que provocan la eutrofización.
- Compuestos orgánicos: Algunos compuestos resistentes como los plásticos y plaguicidas no son degradados por microorganismos y perduran en el agua.
- Sedimentación: Fracciones de suelos son arrastrados del suelo al agua que provocan turbidez, dificultando la reproducción y alimentación de organismos acuáticos (Araque, 2019).

2.3.4.3 Análisis del sistema de alcantarillado y colectores

El Sistema de alcantarillado del cantón Riobamba según Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba, indica que el sistema fue diseñado como separado (sanitario y pluvial); sin embargo, en la práctica funciona de forma combinado, significa que transportan el flujo sanitario y aguas pluviales; es decir, que la configuración del sistema de alcantarillado descarga de manera directa en los principales colectores de la ciudad que posteriormente termina en el colector del parque ecológico y finalmente llega al río Chibunga. En la actualidad el tipo de sistema de alcantarillado y el nulo tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Riobamba procedente de las descargas de aguas negras es generado por la creciente densidad poblacional (EP-EMAPAR, 2020).

2.3.5 *Índice de Calidad de Agua*

El Índice de Calidad de Agua (ICA), es una herramienta sencilla y multidimensional para evaluar los recursos hídricos, además es esencial en la toma de decisiones de políticas públicas, en actividades de producción y en el seguimiento de los impactos. El ICA se representa por un valor único, un rango y una descripción, basándose en análisis cualitativo y cuantitativo de varios parámetros específicos; estos parámetros describen de forma integrado las condiciones del cuerpo de agua permitiendo realizar la comparación del estado natural con el actual (González, Ortega, Rojas, & M, 2021).

Se han desarrollado varios índices de calidad (ICAs) en diferentes regiones del mundo, como el ICA de la National Sanitation Foundation (NSF) en Estados Unidos, el ICA de León en México, el de Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME) en Canadá, el índice de Calidad General en España y el Índice Holandés de la Calidad de Agua, entre otros. Debido a la diversidad de ICAs, los estudios de investigaciones y las instituciones responsable de la evaluación de la calidad de agua enfrentan dificultades para elegir el índice adecuado ya que deben considerar las condiciones geográficas y ambientales específicas de cada territorio.

Los ICAs, permiten visualizar la variación espacial y temporal de la calidad de agua, facilitando su interpretación de datos y la identificación de áreas con problemas; así ayudan en la comunicación y definición de prioridades para la gestión. El ICA, establecido por Brown en una versión modificada del ICA, desarrollado por NSF, para poder comparar la calidad de los ríos (Toapanta, 2022).

2.3.6 *Índice de sostenibilidad Ambiental*

Los indicadores ambientales para medir la sustentabilidad comenzaron a desarrollarse en la década de los años 60, cuando la defensa del medio ambiente se consolidó como uno de los temas prioritarios en las agendas políticas internacionales, en este contexto, el índice de sostenibilidad ambiental, desarrollado por el Centro de Derecho y Política Ambiental de la Universidad de Yale & Centro para la Red Internacional de Información en el 2005, se basó en un conjunto de indicadores y variables que sirve para apoyar las decisiones políticas en materia ambiental Arias (2006), estos indicadores tienen un papel fundamental en la formulación de políticas públicas que buscan equilibrar el desarrollo con la conservación del medio ambiente. Además, Godoy, López, & Pérez (2020) destacan que la aplicación de estos índices contribuye a la mejora de las estrategias ambientales mediante un enfoque integral.

2.3.6.1 Índice de Sostenibilidad de Cuencas (WSI)

El Índice de Sustentabilidad de Cuencas (WSI, por sus siglas en inglés) es una herramienta utilizada para evaluar la gestión sostenible del agua en las cuencas hidrográficas, según Sandoval, Pérez & Ramírez (2011), el índice permite identificar y comparar políticas destinadas a la conservación y manejo del recurso hídrico en función de su sustentabilidad.

En este contexto, el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO ha promovido la aplicación del WSI a nivel global como un instrumento para fortalecer la relación entre la hidrología y las necesidades sociales Preciado, Gómez, & Torres (2013), el índice, desarrollado por Chávez & Allipaz (2007), se basa en cuatro factores clave:

hidrología (H), medio ambiente (E), vida (L) y políticas (P) , los cuales permiten evaluar la sostenibilidad de una cuenca dentro de un marco de análisis estructurado en tres parámetros:

- Presión: Se refiere a las actividades humanas que afectan la cuenca hidrográfica.
- Estado: Evalúa la calidad y cantidad de los recursos naturales en un período de referencia.
- Respuesta: Analizar la relación causa-efecto de las implementadas, permitiendo comprender el impacto de la gestión en la cuenca acciones.

El WSI, se ha convertido en una herramienta clave para la toma de decisiones en la gestión del agua, proporcionando un marco integral que permite evaluar la sostenibilidad de los recursos hídricos y su interacción con el entorno social y ambiental (Senent, Pérez, & Bielsa, 2016).

2.3.7 Mapa de actores

Mapa de actores o Stakeholders, es una herramienta utilizada en la gestión de proyectos y la implementación de políticas para identificar y analizar los actores involucrados en proyectos que influyan de manera positiva o negativamente en las acciones para el desarrollo. Entonces, el mapeo permite comprender qué partes interesadas tienen mayor o menor relaciones o influencias y dinámicas entre los diferentes actores para facilitar la toma de decisiones y solución de conflictos en un proyecto (Martins, 2024).

2.3.7.1 Marco Jurídico de Gestión Integral de Recursos Hídricos

La Gestión Integral de Recursos Hídricos, en Ecuador esta regulado principalmente por la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), que establece bases para la administración, regulación y control del agua en el país, garantizando el derecho humano al agua y aprovechamiento y usos sostenible.

Según el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) en el artículo 32 establece las competencias exclusivas a nivel regional en gestionar el ordenamiento de cuencas hidrográficas y propiciar la creación de consejos de cuencas hidrográficas, de acuerdo con la ley, mientras que el artículo 42 menciona las competencias exclusivas de los Gobierno Autónomos Descetralizados Provinciales como ejecutar, en coordinación con el gobierno regional y los demás Gobiernos Autónomos Descentralizados, obras en cuencas y micro cuencas; y, gestión ambiental; y en el Art. 54 indica las funciones de los Gobiernos Autónomos Municipales como regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales; y en el Art. 55., las competencias exclusivas establece prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley; delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley; preservar y garantizar el acceso efectivo de las personas al uso de las playas de mar, riberas de ríos, lagos y lagunas; y, regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.

En el Código Orgánico del Ambiente (COA), en el Art. 26 indica las facultades de los GAD provinciales como controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido. El Art. 27 manifiesta las facultades de GAD Metropolitanos y Municipales que es controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido; coordinar con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales la realización de planes, programas, proyectos y la ejecución de obras de conservación ambiental e hídrica, prevención y/o remediación de la contaminación de ríos, lagos, lagunas, quebradas y/o humedales. Mientras que, a los Gobiernos Autónomos Descentralizados, indica la prohibición para efectuar descargas de aguas residuales en estos cuerpos de agua. El Art. 30 indica que el estado adoptará un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas; también, el Art. 191., indica el monitoreo de la calidad de agua y suelo; y, finalmente el Art. 196., menciona el tratamiento de aguas residuales urbanos y rurales.

Capítulo 3

Diseño Metodológico

3.1 Enfoque de la Investigación

La investigación presenta un enfoque mixto, combinando tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo. En el enfoque cualitativo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los distintos estudios realizados sobre la cuenca del río Chibunga, lo que permitió adquirir una visión integral de su estado, los problemas ambientales que enfrenta, las acciones de gestión y conservación implementadas, y los desafíos y vacíos en la investigación. Mientras que en el enfoque cualitativo, se realizó un muestreo del agua, procesamiento, y análisis de datos numéricos para la interpretación de los resultados obtenidos. Finalmente, se utilizó un enfoque de investigación aplicada y multidisciplinaria para estimar la sostenibilidad ambiental del cuenca de estudio.

3.2 Diseño de la Investigación

La investigación tiene un diseño experimental, que evalúa los impactos ambientales ocurridos en la cuenca debido a las actividades antrópicas. Además, incluye un diseño correlacional, el cual examina la relación entre actividades humanas como: la agricultura, la ganadería, la industria, el turismo, etc) con el estado de la cuenca. Finalmente, se aplica el diseño longitudinal que observa y analiza los cambios en la calidad de agua de la cuenca a lo largo del tiempo y su sostenibilidad ambiental.

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 *Por su alcance*

La investigación es de tipo descriptivo y consiste en la caracterización de la cuenca del río Chibunga. Esta caracterización establece la condición o situación actual, proporcionando una base de datos y características ambientales, que incluyen flora, fauna, calidad y uso del agua, asentamientos humanos, importancia como afluente, actividades productivas y zonas de descargas, entre otros aspectos. Además, se complementa con entrevistas y encuestas para nutrir la investigación con aportes de los actores que tienen un rol significativo en el manejo del recurso.

3.3.2 *Por su diseño*

La investigación es de tipo documental y se basa en la obtención y análisis de datos de los estudios previos desarrollados en la cuenca, así como información sobre indicadores que dan cuenta de la gestión realizada en ella. También es de campo, ya que incluye el muestreo, registro y análisis de datos. Finalmente, el diseño experimental consiste en mostrar cómo la calidad del agua es afectada por las actividades antrópicas mediante la aplicación de la EIA, análisis de calidad de agua y el índice de sostenibilidad de cuencas.

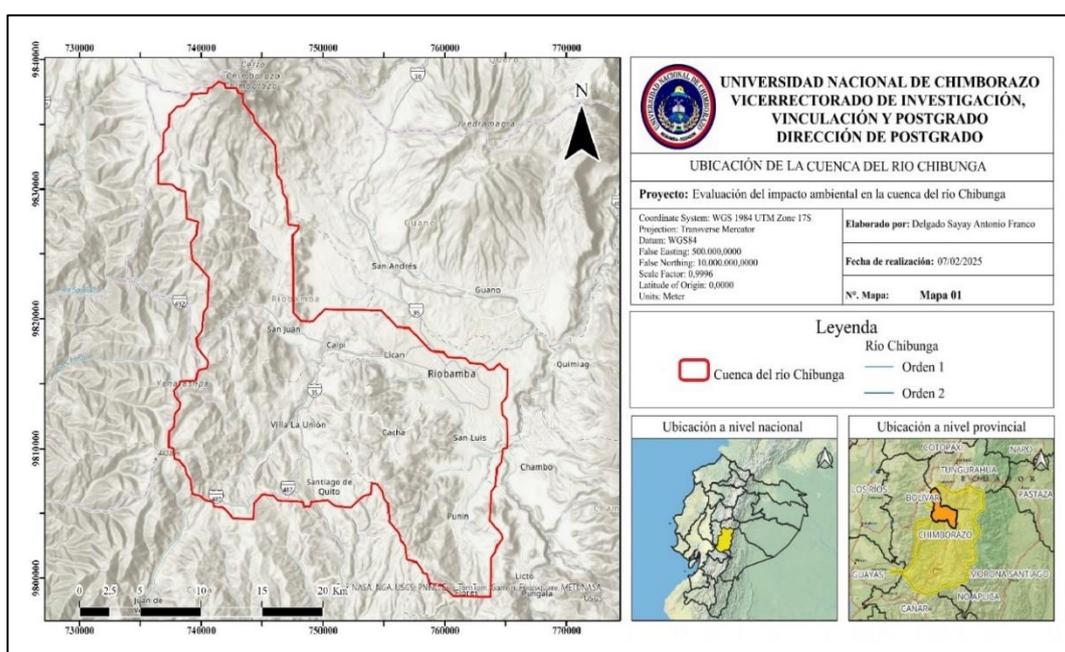
3.4 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Chibunga; localizada en la Provincia de Chimborazo, es parte de la cuenca del río Chambo (Figueroa & Hidalgo, 2022). Nace de las vertientes de las faldas del volcán Chimborazo y desciende por los páramos de

El Arenal hasta llegar a las zonas agrícolas en la parroquia San Juan y posteriormente se une con el río Sicalpa en el sector de la fábrica del Cemento Chimborazo para formar la cuenca del río Chibunga (Andrade & Villalba, 2023). Según el GAD-RIOBAMBA (2022), el río atraviesa la ciudad de Riobamba y varias comunidades; y, se extiende por una longitud de 38 Km., desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Chambo.

Figura 1

Mapa de la cuenca del río Chibunga



3.5 Objetivo 1: Identificar y valorar el impacto ambiental de las actividades antrópicas a lo largo de la cuenca del río Chibunga.

Los problemas asociados con el deterioro de las cuencas hidrográficas se derivan de las actividades humanas tales como: agricultura intensiva, explotación ganadera, urbanización, deforestación, actividades industriales y semiindustriales, construcción, transporte, turismo y recreación, entre otras. Estas acciones provocar el desequilibrio de los ecosistemas, por lo es importante evaluar como inciden sobre la cuenca, desde el punto de

vista ambiental y social. Con el fin de determinar los impactos ambientales provocados en la cuenca del río Chibunga, en esta investigación, se empleó la metodología de Evaluación de Impactos Ambientales (EIA), ampliamente utilizada en el mundo. Para el efecto se realizó una revisión bibliográfica en textos y publicaciones científicas sobre la metodología y que pueda ser ajustada a las necesidades del estudio. Posteriormente, se realizaron tres visitas de campo a la cuenca para registrar las actividades o infraestructura existentes. Las acciones susceptibles de producir impactos ambientales, conocidas como (ASPI), son todas aquellas actividades, operaciones, elementos, situaciones, etc., que producirán directa o indirectamente los cambios en alguno de los componentes del entorno Gómez, D & Gómez, M, (2013); para su identificación se utilizó la información recogida en la etapa anterior, de la cual se determinaron los aspectos ambientales, entendido como el resultado, consecuencia, salida o producto de una ASPI (Arboleda, 2008). Del mismo modo, se procedió a identificar los factores ambientales representativos del impacto, conocidos como FARI (Arboleda, 2008). Sabiendo que los potenciales impactos ambientales derivan de las interacciones de las ASPI con las FARI, se aplicó una matriz causa – efecto, que consiste en analizar si existe una relación entre las acciones y los factores para comprender un problema (Soriano, L, Ruiz, Ma., & Ruiz, E., 2015). Una vez identificadas las actividades potencialmente impactantes que causan presión sobre la cuenca y la naturaleza de estos, así como los factores ambientales afectados, se aplicó una matriz de valoración cualitativa de impactos ambientales. Este tipo de matrices son útiles para la valoración/predicción de impactos ambientales cuando no se dispone de datos cuantitativos precisos, pero permite tener una aproximación en la toma de decisiones (Gómez, D & Gómez, M, 2013). En este caso se utilizó una matriz adaptada derivada de la matriz de Leopold, que categoriza los

siguientes criterios: magnitud, extensión, duración y reversibilidad de los impactos en la cuenca del río Chibunga, a los que se asigna valore: 1 igual a bajo y 3 igual a alto.

Tabla 1

Matriz de Leopold

Criterio	Calificación	Puntaje	Descripción
Naturaleza del impacto	Positivo	+	Cuando el impacto es beneficioso
	Negativo	-	Cuando el impacto no es beneficioso.
Magnitud del impacto	Alto	3	Si el efecto es obvio o notable
	Moderado	2	Si el efecto es notable pero difícil de medir
	Bajo	1	Si el efecto es sutil o casi imperceptible
Extensión del impacto	Regional	3	Si el efecto o el impacto sale de los límites del área de estudio
	Local	2	Si el efecto se concentra en los límites del área de estudio
	Puntual	1	Si el efecto está limitado a sitios puntuales del área de estudio
Duración del impacto	Largo	3	Entre 7 y 10 años
	Medio	2	Entre 4 y 7 años
	Corto	1	Rango >1 año y < de 4 años
Reversibilidad del impacto	Reversible	1	Cuando el impacto puede ser asimilado por el propio entorno
	Irreversible	2	Cuando el impacto no es asimilado por el propio entorno o si es asimilado toma un tiempo considerable

La matriz de Leopold original busca identificar las interacciones entre las actividades y los componentes ambientales, más que a asignar una cuantificación precisa del impacto Conessa – Vitora (2011), por lo que en el presente ajuste se realizó un análisis de las actividades con mayor interacción que inciden de forma negativa sobre el entorno de la cuenca de estudio.

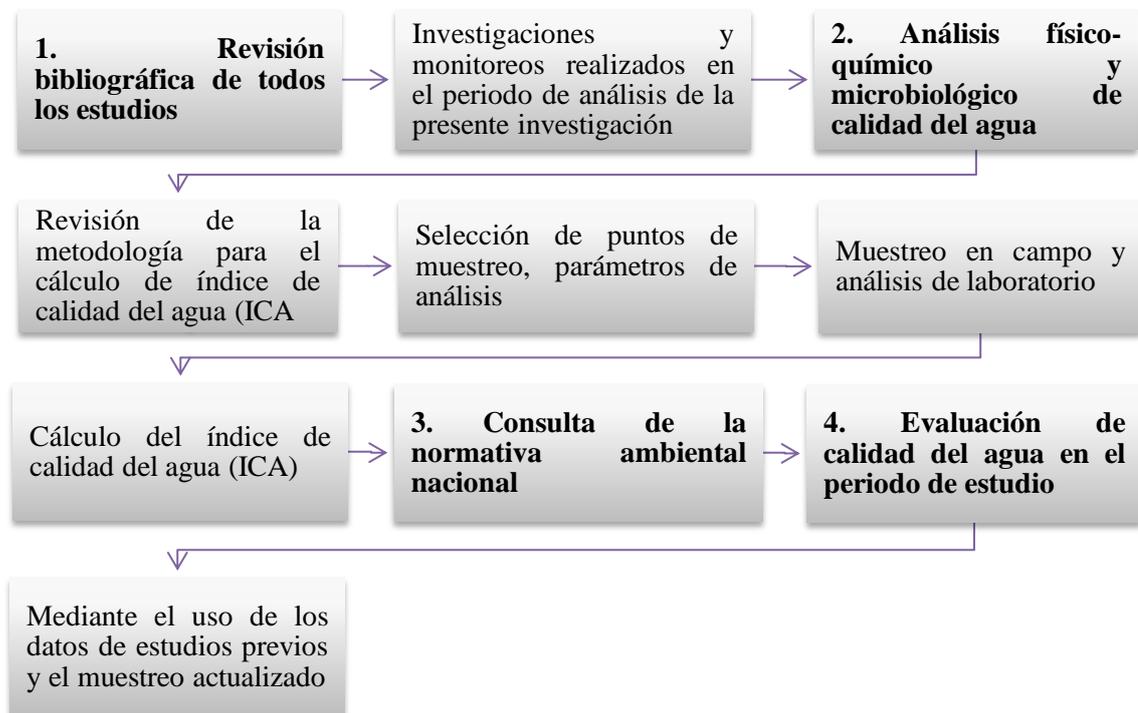
3.6 Objetivo 2: Determinar el grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga en el periodo 2013 al 2024

Determinar el grado de contaminación de un cuerpo hídrico, como un río, requiere de información histórica que evalúe parámetros físico-químicos, biológicos y microbiológicos en épocas lluviosas y estiaje, dependiendo de las características del río, los procesos de contaminación ya que éstas son dinámicos y no estáticos. Factores como el cambio climático, capacidad de autodepuración del recurso, intensidad de las actividades humanas, entre otros factores.

Para alcanzar este objetivo, se realizó el siguiente esquema metodológico:

Figura 2

Esquema metodológico



3.6.1 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1.1 Selección de los puntos de muestreo

La recopilación de información primaria se desarrollo mediante la visita, inspección y el reconocimiento de la cuenca del río Chibunga durante tres días en el mes de septiembre del año 2024, con el objetivo de seleccionar diez puntos de muestreo y en referencia a los estudios realizados entre 2013 al 2023, además identificar las actividades que tienen influencia directa sobre la cuenca. El análisis del ICA, se desarrollo mediante la recolección de información secundaria para comparar y analizar con los resultados del año 2024.

3.7.1.2 Criterios de selección de puntos

En cada uno de los puntos se considero factores como: la accesibilidad, la seguridad, la ubicación de actividades antropogénicas, las fuentes de contaminación, las características del agua, puntos con turbulencia, velocidad y caudal suficiente para obtener muestras homogéneas y representativas.

3.6.1.2 Muestreo

La toma de muestras de agua, se realizó de acuerdo a la NORMA INEN 2169:2013: Agua, Calidad del agua, Muestreo, Manejo y Conservación de muestras. El monitoreo se llevo a cabo el 7 y 8 de noviembre; se recolectaron cuatro litros de agua en recipientes de vidrio para análisis de parámetros físico – químico y microbiológico en frasco 125 ml previamente etiquetados; además en la hoja de campo se registraron las condiciones

climáticas y puntos de muestreo para luego con la ayuda del software *ArcGis 10.3* digitalizar la información.

3.6.1.3 Análisis in situ

Los parámetros analizados in situ fueron la temperatura y pH, con la ayuda del equipo portátil SaintSmart EC/pH/TEMP-983, estos parámetros fueron tomados para obtener datos con mayor precisión.

3.6.1.4 Análisis en laboratorio

Una vez transportadas las muestras de agua en un cooler, los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, siguiendo la metodología de la normativa y parámetros establecidos en la normativa.

3.6.2 Determinación del caudal

El caudal del río fue determinado a partir de los datos generados por Cepeda (2022), quien empleó el método del flotador, una técnica ampliamente utilizada en hidrología para estimar caudales en cuerpos de agua de distintas magnitudes con una precisión aceptable, lo que permite obtener un cálculo aproximado del caudal, la elección de esta metodología responde a su accesibilidad y facilidad de aplicación en condiciones de campo, lo que la convierte en una alternativa viable en estudios donde no se dispone de instrumentos.

3.6.3 *Determinación de índice de calidad del agua*

Se realizó mediante el índice ICA-NSF, debido a que es una metodología ampliamente utilizada en Ecuador y su aplicación prevalece en diferentes estudios a nivel internacional, se fundamenta en la evaluación de 9 parámetros: pH, temperatura, sólidos disueltos totales, turbidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica del oxígeno, coliformes fecales, nitratos y fosfatos.

El cálculo del índice se realizó mediante la página web de la NSF (National Sanitation Foundation) de los estados Unidos. En la página se insertan los valores de cada uno de los nueve parámetros que incluye el índice y calcula el valor de la calidad de agua de cada parámetro de acuerdo con las curvas diseñadas en función de las escalas de calificación, finalmente muestra el resultado calculado multiplicando la ponderación de cada parámetro con su respectivo índice y se interpreta de acuerdo a la tabla que muestra los distintos criterios de calidad de agua (Toledo, 2015).

Tabla 2

Ponderaciones para el índice

Variable	Unidades	Valor Wi
Coliformes fecales	NMP/100 MI	0.15
pH	-	0.12
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO ₂ /L	0.10
Nitratos	mg/L	0.10
Fosfatos	mg/L	0.10
Temperatura	°C	0.10
Turbidez	NTU	0.08

Sólidos totales disueltos	mg/L	0.08
Oxígeno disuelto	%O2	0.17

Nota: Andrade & Villalba (2023)

Tabla 3

Escala de interpretación de la calidad del agua

Calidad de agua	Valor ICA	Color
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Regular	51-70	
Mala	26-50	
Muy mala	0-25	

Nota: Andrade & Villalba (2023)

3.6.4 Aplicación de la norma de calidad ambiental

Una vez establecido en la matriz de aspectos e impactos ambientales las actividades antrópicas significativas en la cuenca del río Chibunga, se realizó la clasificación de los límites permisibles mediante el uso del Anexo 1 del Libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, según los siguientes criterios:

Tabla 4

Criterios de límites permisibles de calidad del agua

No.	CRITERIO
-----	----------

1	Tabla 3: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.
2	TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce
3	TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público
4	TABLA 8. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario
5	Tabla 5: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego
6	Calidad del agua en cuerpos superficiales

Nota: Ministerio del Ambiente (2015)

La caracterización de los límites permisibles, se realizó mediante el uso de seis criterios, debido a que la cuenca del río Chibunga es afectado por varias actividades antrópicas.

3.7 Tercer objetivo: Deducir el índice de sostenibilidad de la cuenca del río Chibunga, como instrumento diagnóstico, para proponer medidas de gestión ambiental en la cuenca.

Estimar el estado de salud de una cuenca hidrográfica ha sido un esfuerzo de numerosas instituciones y organizaciones Senent, Pérez, & Bielsa (2016). Los indicadores ambientales son herramientas útiles que permiten cuantificar la sustentabilidad de los recursos hídricos Aparicio et al., (2013), mediante variables relevantes y medibles, para determinar la calidad ambiental del cuerpo hídrico y facilitar la comunicación para la toma

de decisiones. Para mantener la sostenibilidad de una cuenca, los responsables de políticas necesitan información pertinente, confiable y oportuna sobre el estado del sistema y claridad sobre las intervenciones que se requieren Para conservar su buen estado (UNESCO, 2014).

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, diseño un marco de análisis que incluye hidrología, medio ambiente, vida y políticas para la gestión de recursos hídricos (UNESCO, Hydrology for tehe environment, life and policy-HELP, 2005). Según Chaves y Alipaz (2007), el Índice de Sostenibilidad del Agua (WSI), es una metodología integral que permite analizar el estado de los recursos hídricos en una cuenca, considerando factores ambientales, sociales y económicos. Este índice específico considera las relaciones de causa a efecto, a través del modelo PER (Presión-Estado-Respuesta) de la (OECD, 2003), y respuestas de políticas implementadas. El WSI evalúa los siguientes aspectos: Hidrología (H), Medio Ambiente (E), Vida (L) y Políticas (P) de una cuenca mediante la siguiente ecuación:

$$WSI = \frac{H + E + L + P}{4} \quad (1)$$

Donde:

H: indicadores de hidrología = (0 – 1). E: indicador de medio ambiente = (0 – 1).

L: indicador, vida humana = (0 – 1). P: indicadore política pública = (0 – 1).

La ecuación indica el mismo peso para cada uno de los indicadores, y cada uno de se analiza por separado siguiendo un modelo de presión, estado y respuesta (PER) indicado anteriormente (Senent, Pérez, & Bielsa, 2016).

Tabla 5

Indicadores y parámetros de WSI

Indicador	Presión	Nivel	Puntaje	Estado	Nivel	Puntaje	Respuesta	Nivel	Puntaje
H	Variación de la disponibilidad de agua per cápita en el periodo.	$\Delta 1 \leq -20\%$	0.00	Disponibilidad per cápita de agua en la cuenca	$Wa \leq 1.700$	0.00	Evolución en la eficiencia del uso del agua en el periodo analizado	Muy pobre	0.00
		$-20\% < \Delta 1 \leq -10\%$	0.25		$1.700 < Wa \leq 3.400$	0.25		Pobre	0.25
		$-10\% < \Delta 1 \leq 0\%$	0.50		$3.400 < Wa \leq 5.100$	0.50		Regular	0.50
		$0\% < \Delta 1 \leq +10\%$	0.75		$5.100 < Wa \leq 6.800$	0.75		Bueno	0.75
		$\Delta 1 > +10\%$	1.00		$6.800 < Wa$	1.00		Excelente	1.00
Variación en la DBO5 del periodo en relación con el promedio	en el periodo en relación con el promedio	$\Delta 2 \geq 20\%$	0.00	DBO5, de la cuenca (promedio a largo plazo)	$DBO_5 \geq 10$	0.00	Evolución en el tratamiento/disposición de aguas servidas en el periodo analizado	Muy pobre	0.00
		$20\% > \Delta 2 \geq 10\%$	0.25		$10 > DBO_5 \geq 5$	0.25		Pobre	0.25
		$10\% > \Delta 2 \geq 0\%$	0.50		$5 > DBO_5 \geq 3$	0.50		Regular	0.50
		$-10\% \leq \Delta 2 < 0\%$	0.75		$3 > DBO_5 \geq 1$	0.75		Bueno	0.75
		$\Delta 2 < -10\%$	1.00		$DBO_5 < 1$	1.00		Excelente	1.00

E	EPI (rural y urbano) de la cuenca en el periodo	EPI $\geq 20\%$	0.00	% de la cuenca con vegetación natural	$Av \leq 5\%$	0.00	Evolución en áreas protegidas en la cuenca	$\Delta \leq -10\%$	0.00
		$20\% > EPI \geq 10\%$	0.25		$5\% < Av \leq 10\%$	0.25		$-10\% < \Delta \leq 0\%$	0.25
		$10\% > EPI \geq 5\%$	0.50		$10\% < Av \leq 25\%$	0.50		$0\% < \Delta \leq +10\%$	0.50
		$5\% > EPI \geq 0\%$	0.75		$25\% < Av \leq 40\%$	0.75		$+10\% < \Delta \leq +20\%$	0.75
		EPI $< 0\%$	1.00		$Av > 40\%$	1.00		$\Delta > +20\%$	1.00
L	Variación en el (GDP) per cápita en la cuenca en el periodo analizado	$\Delta \leq -20\%$	0.00	IDH de la cuenca en el periodo anterior (ponderado)	IDH ≤ 0.5	0.00	Evolución de IDH de la cuenca en el periodo analizado	$\Delta \leq -10\%$	0.00
		$-20\% < \Delta \leq -10\%$	0.25		$0.5 < IDH \leq 0.6$	0.25		$-10\% < \Delta \leq 0\%$	0.25
		$-10\% < \Delta \leq 0\%$	0.50		$0.6 < IDH \leq 0.75$	0.50		$0\% < \Delta \leq +10\%$	0.50
		$0\% < \Delta \leq +10\%$	0.75		$0.75 < IDH \leq 0.9$	0.75		$+10\% < \Delta \leq +20\%$	0.75
		$\Delta > +10\%$	1.00		IDH > 0.9	1.00		$\Delta > +20\%$	1.00
P	Variación de IDH-Ed en el periodo	$\Delta \leq -20\%$	0.00	Capacidad legal institucional en GIRH en la cuenca	Muy pobre	0.00	Evolución en los gastos en GIDH	$\Delta \leq -10\%$	0.00
		$-20\% < \Delta \leq -10\%$	0.25		Pobre	0.25		$-10\% < \Delta \leq 0\%$	0.25
		$-10\% < \Delta \leq 0\%$	0.50		Regular	0.50		$0\% < \Delta \leq +10\%$	0.50

periodo analizado	$0\% < \Delta \leq +10\%$	0.75	Bueno	0.75	en la cuenca en el periodo analizado	$+10\% < \Delta \leq +20\%$	0.75
	$\Delta > +10\%$	1.00	Excelente	1.00		$\Delta > +20\%$	1.00

Nota: (Senent, Pérez, & Bielsa, 2016)

Estos parámetros permiten adaptarse a condiciones particulares de la cuenca. El modelo PER fue desarrollado por Rapport y Friend en 1979, y consiste en analizar la relación existente entre las actividades humanas (presión) y su impacto en el estado del medio ambiente (estado), lo que provoca varias acciones a realizar para poder dar soluciones a los problemas (respuesta) (Senent et al. 2016). De este modo, se obtendrán la puntuación de cada uno de los indicadores. Una vez obtenida el valor final de WSI se establecerá sostenibilidad.

- Baja si WSI es < 0.5

- Intermedia si el rango varía entre 0.5 y 0.8

- Alto si WSI es > 0.8 .

El método indica que el periodo de datos se divida en dos, uno llamado histórico o de largo plazo, que debe ser al menos de diez años y otro llamado de estudio o análisis que debe ser de cinco y debe estar incluido en el primero (Aparicio et al., 2013).

3.7.1 HIDROLOGÍA: Cantidad de agua

Para determinar los parámetros de presión y estado, para el indicador de hidrología (cantidad) se calculó la disponibilidad de agua para el periodo de estudio 2010 a 2020 y el promedio histórico 2000 a 2020.

Además, la población asociada con la cuenca, se realizó mediante la delimitación de la cuenca del río Chimborazo y Chibunga en el software *ArcGis 10.3*; considerando el nivel nueve de Pfafstetter y mediante los datos geográficos que proporciona la página WorldPop, estableciendo capas a nivel parroquial desde el año 2000 al 2020 se realizó el corte de los límites de la cuenca en el Sistema de Información Geográfica (GIS).

Mientras que para el caso de respuesta se busca datos de la evaluación de mejoras en el uso de los recursos hídricos; entonces, se considera las variables de reutilización del agua una vez tratada en un punto e incorporada a la cuenca y para ello se toma en cuenta la Tránsito (T); reutilización de aguas residuales (R) y Riego (R) (Senent et al., 2016).

3.7.2 HIDROLOGÍA: Calidad de agua

Los parámetros de presión y estado se calculó de los datos disponibles de la demanda bioquímica de oxígeno desde el periodo 2009 al 2024. Mientras que para las mejoras en el tratamiento de aguas residuales se consideró el criterio de Preciado et al. (2013) que evalúa el número de estaciones depuradoras de agua residual (EDAR), además se toma en cuenta el volumen de agua tratada (Senent et al., 2016).

3.7.3 MEDIO AMBIENTE

El índice de presión ambiental o Environment Pressure Index (EPI), se calculó mediante la variación media a lo largo del periodo de estudio, cuyo uso es agropecuario, como de la población residente en la cuenca, datos obtenidos del INEC y de los mapas de usos de suelo de la cuenca mediante el GIS en el año 2010 y 2020 (Senent et al., 2016).

3.7.4 VIDA

Se tomó los datos de INEC del Índice de Desarrollo Humano (IDH) a provincial, considerando la proporción del área de la población de la cuenca en el periodo 2010 y 2020 (Senent et al., 2016).

3.7.5 POLÍTICA

En cuanto al indicador de estado, este representa la capacidad institucional para la aplicación de medidas adecuadas de GIRH, es decir, refleja la efectividad de las políticas públicas para la sostenibilidad de la cuenca. En el caso de la cuenca del río Chibunga, se consideró las siguientes variables: legislación adecuada en materia de GIRH; marco institucional que regula la GIRH y; participación ciudadana en la GIRH. Para la calificación de estas variables se aplicó el método Delphi, que es una técnica de recolección de información que permite obtener la opinión de un grupo de expertos a través de la consulta reiterada. Esta técnica, de carácter cualitativo, es recomendable cuando no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones o y no se dispone de datos cuantitativos (Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M., 2016).

Para esta técnica se aplicaron las siguientes fases:

1. Fase de definición: Se definieron los objetivos y las dimensiones a investigar, en este caso: legislación adecuada en materia de GIRH, marco institucional que regula la GIRH y, participación ciudadana en la GIRH.
2. Fase de conformación del grupo de informantes: Se conformó el grupo de 6 expertos bajo los siguientes criterios: experiencia y conocimiento sobre el tema; formación académica e investigativa; participación en programas o proyectos y, disposición a participar y facilidad de contacto.
3. Fase de ejecución de las rondas de consulta: Se construyó un cuestionario y se aplicó a los participantes.
4. Fase de resultados: Se analizó la información y se elaboró las conclusiones considerando el nivel de consenso para cada punto.

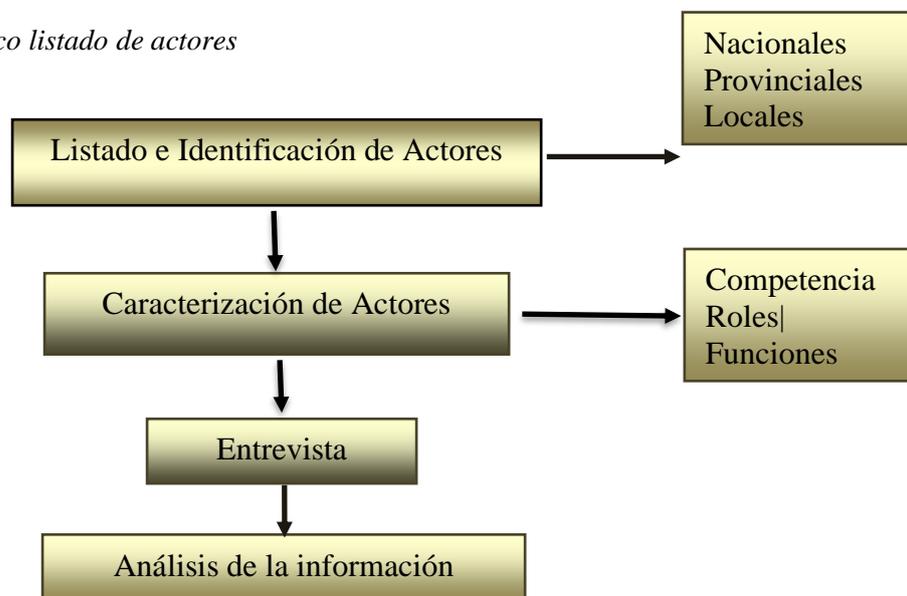
3.7.5.1 Mapeo de actores en la gestión de cuencas hidrográficas

La estructura en la gestión de las cuencas es integral, cada institución con sus actores, normativas, reglamentos, ordenanzas, jurisdicción y competencia, cumplen un rol importante en la gestión y conservación de los recursos hídricos. El mapeo de actores supone una herramienta para entender la realidad de un escenario social específico; sirve para “tomar una fotografía” de las personas y grupos que participan de una serie de interacciones sociales sostenidas y dirigidas a abordar un problema público (Jaramillo, 2017).

Con el propósito de identificar roles, responsabilidades, niveles de coordinación, y acciones emprendidas en favor de la cuenca del río Chibunga, se aplicó la metodología del mapeo de actores.

Figura 3

Esquema metodológico listado de actores



Una vez identificados los actores claves en la gestión de la cuenca de estudio, se aplicó una entrevista a responsables de la tematica, principalmente a funcionarios de las instituciones gubernamentales: Dirección Zonal 3-Chimborazo del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Provincial de Chimborazo y Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene del cantón Riobamba, sobre la situación actual ambiental del río, las acciones implementadas y los planes, programas y proyectos que han planificado a corto y mediano plazo para mejorar las condiciones de la cuenca y la calidad del agua del río.

3.8 Población y Muestra

3.8.1 Población

La cuenca del río Chibunga, se extiende a través de 37.70 km. Nace como río Chibunga en la faldas del volcan Chiomborazo luego se une con el río Cajabamba y finalente termina uniendose con el río Chambo.

3.8.2 Tamaño de la muestra

Para el estudio, se toma los 37.70 Km., dividido en 10 segmentos o puntos de muestreo y en cada sitio se recolecto la cantidad de seis litros de agua.

Capítulo 4

Análisis y Discusión de los Resultados

4.1 Objetivo 1: Identificar y valorar los impactos ambientales de las actividades antrópicas a lo largo de la cuenca del río Chibunga.

En este capítulo se presentan los resultados de la recopilación de información, los aspectos e impactos ambientales, cruce de las acciones con el factor y valoración de los impactos ambientales.

4.1.1.1 Aspectos e impactos ambientales

Tabla 6

Matriz de los aspectos e impactos ambientales

Actividades	Aspectos ambientales	Naturaleza de contaminante	Impactos ambientales
Agricultura	Alteración del suelo	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Pérdida de capa del suelo. Disminución de fertilidad.
	Consumo del agua: Riego, preparación agroquímicos	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación de cuerpos de agua. Afectación a la vida acuática y calidad de agua.
	Escorrentía en preparación de agroquímicos	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación del suelo y agua.
	Alteración de cauces	Compuestos orgánicos, inorgánicos	Pérdida de biota acuática y calidad de agua.
	Uso abonos y productos químicos	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación al suelo.

	Generación de residuos y desechos	Compuestos orgánicos, inorgánicos	Contaminación del suelo.
Ganadería	Sobrepastoreo	Compuestos orgánicos, inorgánicos	Alteración en la calidad de suelo: erosión compactación y deterioro del paisaje.
			Pérdida de biodiversidad.
			Alteración del ecosistema: flora y fauna.
			Afectación calidad de agua y salud de los ecosistemas acuáticos.
	Generación de residuos: estiércol	Compuestos orgánicos	Afectación calidad de agua y salud de los ecosistemas acuáticos.
	Consumo del agua	Compuestos orgánicos	Agotamiento del recurso.
	Emisión de gases	Contaminación del aire	Emisión de gases (amoníaco) Contaminación del aire
Urbanización	Consumo de recursos	Compuestos orgánicos, inorgánicos, químicos	Afectación a la calidad del agua y aire.
			Pérdida de biodiversidad
			Erosión y pérdida de suelo
	Generación de residuos	Compuestos orgánicos e inorgánicos	Contaminación agua aire y suelo.
	Descarga de aguas servidas	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación cuerpos de agua, suelo (fauna y flora)
Deforestación	Tala indiscriminada	Compuestos orgánicos	-Migración de especímenes de fauna.
			-Alteración redes tróficas.
			-Trastornos a la avifauna
			-Afectación a la calidad paisajística
			-Afectación en la cobertura vegetal.
	Ruido	-	Contaminación auditiva, migración de especies.
	Vertido de sustancias	Compuestos químicos	Conminación suelo y agua

Industrial	Generación en la emisión de gases	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación del aire Afectación a la comunidad
	Generación de residuos peligrosos	Compuestos químicos	Contaminación de aire, agua y suelo
	Consumo de agua y vertido de aguas residuales	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Disminución de la biodiversidad Muerte de especies acuáticas Eutrofización Pérdida de biodiversidad
	Generación de partículas	-	Contaminación del aire
	Almacenamiento, manejo y vertido de contaminantes.	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación del suelo Contaminación del aire Pérdida de biodiversidad
Construcción	Generación de escombros	-	Contaminación al suelo y agua
	Emissiones de partículas	-	Contaminación atmosférica y agua
Transporte	Movilización de vehículos y maquinarias	Sustancias químicas	Contaminación atmosférica
	Emisión gases: CO ₂ , NO ₂ , SO ₂	Compuestos químicos	Contaminación atmosférica y agua Destrucción de hábitats Migración de especies (fauna)
	Ruido	-	Contaminación auditiva, migración de especies.
Turismo o recreación	Alteración del suelo	Compuestos orgánicos e inorgánicos.	Cambio en las propiedades físicas del suelo: compactación Destrucción de hábitats
	Generación de residuos	Compuestos orgánicos e inorgánicos.	Contaminación de agua Contaminación del suelo

	Vertido de aguas residuales	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación al suelo, agua, aire y biodiversidad
Actividad educativa	Emisión de residuos sólidos	Compuestos orgánicos e inorgánicos.	Compuestos orgánicos e inorgánicos.
	Generación de desechos	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos.	Contaminación de agua Contaminación del suelo
	Aguas residuales	Compuestos orgánicos, inorgánicos y químicos	Contaminación al agua. Suelo, aire y biodiversidad
Lavado ropa	Uso del agua	Compuestos químicos	Alteración calidad del agua
	Uso de productos	Compuestos químicos	Pérdida de flora y fauna Alteración calidad de agua Eutrofización

En la cuenca del río Chibunga, durante las revisiones bibliográficas y la sistematización de datos de las tres salidas de campo se identificaron diez actividades antrópicas que afectan al río, cada actividad genera diferentes aspectos ambientales por medio de distintos contaminantes que causan impactos sobre los componentes, como se detalla en el cuadro.

4.1.1.2 Cruce de acciones y factor

Tabla 7

Matriz cruce acciones – factor

COMPONENTE	FUENTE									
	Agricultura	Ganadería	Urbanización	Deforestación	Industria	Construcción	Transporte	Recreación	Educativa	Lavandería
AGUA	x	x	x		x	x	x	x	x	x
AIRE	x	x	x	x	x	x	x		x	x
SUELO	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
BIODIVERSIDAD	x	x	x	x	x	x	x	x		x

Una vez identificado las actividades como se indica en la Matriz de los aspectos e impactos ambientales, se desarrolla el cruce de acciones y factores; para determinar las interacciones entre estos que puedan derivan en potenciales impactos sobre los componentes: agua, suelo, aire y biodiversidad. El análisis indica que las diez actividades antrópicas identificadas afectan de forma directa a los 4 componentes. Las prácticas agrícolas, ganaderas, el desarrollo urbano, la industria, la deforestación, el turismo causan impactos en la contaminación del agua, pérdida de biodiversidad, erosión del suelo y destrucción de hábitats.

4.1.1.3 Análisis de Impactos ambientales

Tabla 8

Matriz de evaluación impactos ambientales

Actividades	Naturaleza		Magnitud del impacto			Extensión del impacto			Duración del impacto			Reversibilidad del impacto		Σ
	+	-	Alta	Moderada	Baja	Regional	Local	Local	Largo	Mediano	Corto	Irreversibilidad	Reversibilidad	
Agricultura	-		3			3				2			1	9
Ganadería	-		3			3				2			1	9
Urbanización	-		3			3			3			2		11
Deforestación	-			2				2		2			1	7
Industrial	-		3			3			3			2		11
Construcción	-			2					1	2			1	6
Transporte	-			2				2	3			2		9
Turismo	-			2				2		2			1	7
Educación	-				1				1	2			1	5
Lavado ropa	-			2				2			1		1	6

Como se puede observar, todas las interacciones han sido calificadas como negativas. Por otro lado, se evidencia que las actividades que tienen mayor incidencia sobre la cuenca corresponden a los procesos de urbanización y las actividades industriales, debido a las descargas de aguas residuales domésticas y de procesos industriales en el río, evacuación de desechos sólidos y otros.

La agricultura, ganadería y transporte pueden ser consideradas de carácter moderado, sin embargo corresponden a usos muy significativos; mientras que la deforestación, la construcción, el transporte, el turismo y el lavado de ropa causan cambios notables, pero no severos; la actividad educativa no muestra un impacto significativo. Sobre la extensión del impacto: la agricultura, la ganadería, la urbanización, la industria muestra un impacto a una parte o toda la cuenca; así mismo, la deforestación, el transporte, el turismo y lavado de ropa indica una afectación a una parte significativa del sistema fluvial; y, la construcción y actividad educativa revela un impacto a un área limitada.

En cuanto a la duración de impactos se considera impacto permanente, la urbanización, industria y transporte ya que son impactos visibles por años; la agricultura, la ganadería, la deforestación, la construcción, el turismo y la actividad educativa muestran una duración corta por meses y lavado de ropa es un impacto inmediato. Finalmente, la urbanización, la industria, el transporte se considera actividades fuertes o irreversibles; mientras que la agricultura, la ganadería, la deforestación, la construcción, el turismo, la actividad educativa y el lavado de ropa son impactos que pueden revertirse

4.1.1.4 Evaluación de Impactos ambientales

Tabla 9

Evaluación impactos ambientales

COMPONENTE	ACCIONES									
	Agricultura	Ganadería	Urbanización	Deforestación	Industrial	Construcción	Transporte	Turismo	Educativa	Lavandería
AGUA	Severo	Severo	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
AIRE	Severo	Severo	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
SUELO	Severo	Severo	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
BIODIVERSIDAD	Severo	Severo	Severo	Moderado	Severo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

Una vez establecido la calificación de los impactos, se hace una evaluación cualitativa del impacto ambiental, observándose que si bien todas las actividades afectan los cuatro componentes: agua, aire, suelo y biodiversidad, no todas causan una afectación en la misma magnitud. Es decir, que el 60% de las actividades presenta una valoración moderada: la deforestación, la construcción, el transporte, el turismo, la educación y lavandería las cuales se consideran como impactos no críticos pero que deben ser gestionados; en cambio el 40% de actividades que corresponde

a valoración severa son la agricultura, la ganadería, la urbanización y la industria; estas actividades requieren intervención de manera urgente.

4.2 Objetivo 2: Grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga en el periodo 2013 al 2024

El grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga, se determina a partir de los estudios realizados en el periodo 2013 al 2023 sobre la calidad de agua, y los resultados del año 2024 es una actualización de la calidad de agua. En general, se recopilieron nueve estudios desarrollados durante 10 años realizados en dos épocas (lluvia y seca). A continuación, se muestra los 10 puntos de muestreo de la calidad de agua, cómo se indica en la tabla 10, y la digitalización de los mismo en el software software ArcGis.

4.2.1 Puntos de muestreo

Tabla 10

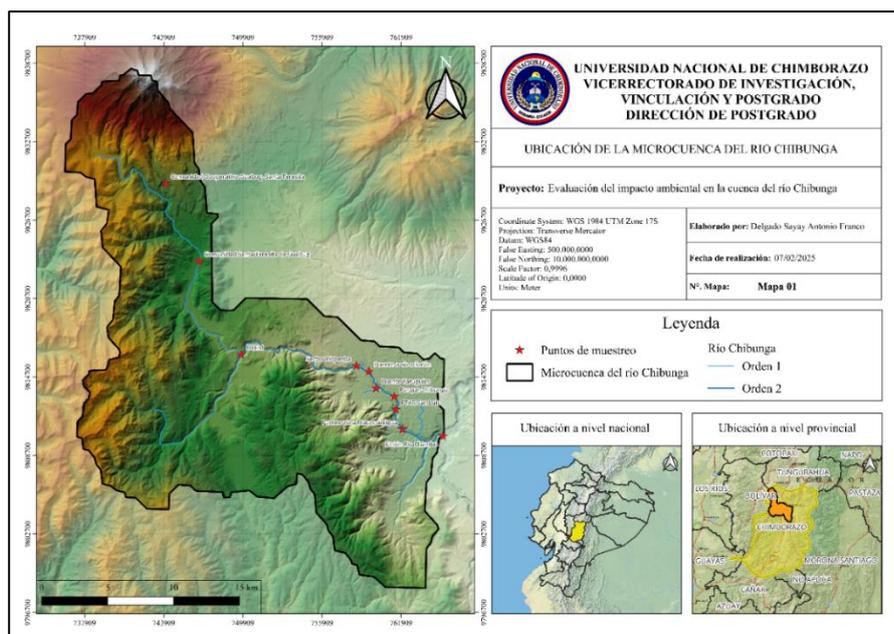
Puntos de muestreo en la cuenca del río Chibunga

No.	Código	Coordenadas		Sector	Parroquia	Características
		Longitud	Latitud			
1	PM1	0744043	9829492	Comunidad Cooperativa Guabug	San Juan	Nacimiento del agua faldas de volcán Chimborazo.
2	PM2	0746591	9823563	Comunidad Santa Teresita	San Juan	Kilómetro de la empresa Quesera Santa Marthita.
3	PM3	0749792	9816417	UCEM	Sicalpa	A 500 metros de puente, unión del río Sicalpa y Chimborazo.

4	PM4	0758519	9815560	Sector Ricpamba	Lizarzaburu	A 500 metros del parque Ricpamba, descarga de aguas residuales.
5	PM5	0759472	9815133	Puente a vía a Batán	Batán	Parte posterior sector de la Quinta Macají (descarga de agua).
6	PM6	0760008	9813839	Puente Yaruquíes	Yaruquíes	Unión de descarga.
7	PM7	0761405	9813197	Parque Chibunga	Veloz	Parte final del parque descarga de agua.
8	PM8	0761522	9812210	PTAR San Luis	Sal Luis	A un kilómetro después de la PTAR, zona ganadera y agrícola.
9	PM9	0762017	9810706	Puente vía a Macas antigua	San Luis	Descarga de la industria Lácteos Santillán.
10	PM10	0765081	9810181	Unión Chambo	Río Chambo	Zona agrícola y ganadera.

Figura 4

Mapa de ubicación de los puntos de muestreo



4.2.2 *Análisis puntos críticos*

Según la Dirección de Gestión Ambiental e Higiene del cantón Riobamba (2024), indican que en un estudio se identificaron un total de 330 puntos críticos, partiendo desde la unión del río Chimborazo y río Sicalpa en el sector de la empresa de Cemento Chimborazo hasta la descarga en el río Chambo; en base a los siguientes criterios: asentamientos humanos (urbanización) que no respetan los márgenes de protección; agricultura, desechos sólidos, presencia de descarga de aguas residuales y riego e industrias al margen del río. En los resultados de los estudios, se establece los puntos críticos en base a los límites máximos permisibles de los parámetros analizados en cada punto.

4.2.3 Análisis de estudios de la calidad de agua

Los resultados que se muestran a continuación corresponden específicamente al análisis de los datos sobre de la calidad de agua de la cuenca del río Chibunga, aplicados en el 2013 a 2023, bajo parámetros físicos, químicos y biológicos.

Tabla 11

Resultados del ICA de estudio 1 y 2 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 1. Estudio de los factores condicionantes de contaminación que afectan la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga – Chimborazo.									
Estudio No. 2. Evaluación de la calidad de agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013 – 2017									
P. de muestreo	2013	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2017	Observaciones
	E. seca	E. lluvia							
Comunidad Chimborazo	71	74	70	72	69	72	68	70	La calidad de agua en la estación lluviosa se mantiene en categoría buena a excepción del año 2017; en cambio en la estación seca varía entre calidad buena y regular.
Shobolpamba	67	70	66	69	66	67	64	68	Los resultados de la estación lluviosa y seca mantienen una calidad regular.
Parroquia San Juan	64	68	60	67	63	67	61	66	

Rio Cajabamba y Rio Chimborazo	64	69	63	69	63	68	63	68	
Cemento Chimborazo	59	64	62	66	58	64	56	64	
Gatazo	57	62	59	64	57	63	55	62	
Puente CESA – Riobamba	44	56	42	53	41	52	39	50	La calidad de agua en la estación lluviosa presenta valores muy similares indicando una categoría regular a excepción del Parque ecológico en el año 2017 (mala), y los valores en la estación seca muestran calidad mala.
Parque Ecológico	40	56	32	50	33	51	31	46	
San Luis	45	58	39	56	41	55	38	50	
Descarga Rio Chibunga a Rio Chambo	52	58	50	55	47	52	47	53	Los resultados en la estación lluviosa muestran una calidad regular y el sitio de la descarga de río Chibunga a Chambo en la estación seca en el año 2015 y 2016 muestran mala calidad.

El índice de calidad de agua en época lluviosa en las campañas comprendidas de los años 2013 a 2017 se ubica en un estado **regular** o poco contaminado con valores de 54 puntos en estación seca y 62 puntos en estación de lluvia. Los valores de los indicadores muestran los

siguiente: pH **buena** calidad en las dos estaciones con valores de 75 a 85 puntos. OD calidad **regular** en época lluviosa con 62 puntos y **malo** en época seca con 43 puntos. Cadmio calidad **bueno** en los dos periodos con 85 y 90 puntos. Plomo calidad **mala** cada año en las dos épocas de noto un aumento. DBO5 calidad **bueno** en época lluviosa y **regular** en época seca con 66 puntos; coliformes fecales pésimo en todos los puntos de muestreo y épocas los valores sobrepasan los valores máximos permisibles, debido a la presencia de actividad ganadera y descarga de aguas negras y grises. Aceites y grasas calidad **regular** época seca y lluviosa **buena**. Fosfatos calidad **buena** en época lluviosa y **regular** en época seca. Tensoactivos calidad **mala** en el parque ecológico. Sólidos suspendidos calidad **mala** en las dos épocas.

Tabla 12

Resultados del ICA de estudio 3 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 3. Evaluación del índice de calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga, en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo – ecuador, durante el periodo 2014.

P. de muestreo	P. Críticos	2014 - E. seca	2014 - E. lluvia	Observaciones
Inicio del Río Chimborazo		76	80	La calidad de agua en el periodo analizado, durante la estación lluviosa y seca muestran valores en categoría buena. Los parámetros que
Descarga de la comunidad de Shobol		76	82	

Descarga de la comunidad de San Juan		75	76	presentan alteración son grasas y aceites, coliformes fecales y OD por la falta de movimiento de agua.
Unión de los ríos Chimborazo y Cajabamba		75	73	
Descarga de la fábrica cemento Chimborazo		71	76	Los parámetros que presentan alteración son grasas y aceites, coliformes fecales y OD y DBO5, por la descarga de aguas negras y gris e industriales.
Comunidad Gatazo	OD y coliformes fecales	69	80	
Parque Ecológico	Coliformes fecales, OD, DBO5, detergentes, aceites y grasas	71	69	
Descarga en San Luis	Coliformes fecales, OD, DBO5, aceites y grasas	73	75	
Descarga del Río Chibunga en el Río Chambo	Coliformes fecales, DBO5, grasas y aceites.	73	76	

Los resultados de la calidad de agua según los indicadores son: Cadmio calidad bueno. Fósforo calidad excelente. Coliformes fecales calidades **pésimo** supero los limites en todos los puntos de muestreo. Grasas y aceites presenta calidad **pésima** con un valor de 19 de puntos. Sólidos suspendidos **excelente** indica una mínima alteración. Nitratos calidad **excelente** ya que no existe mayor fuente de contaminación. OD calidad **regular** por la presencia de fuente de contaminantes. DBO5 calidad **regular**, el parámetro es máxima con Ica **pésimo** en el parque ecológico

y San Luis. pH presenta calidad **bueno**. El ICA total promedio de la microcuenca del río Chibunga presenta una calidad **bueno** y los parámetros más alterados son los químicos y microbiológicos.

Tabla 13

Resultados del ICA de estudio 4 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 4. Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del río Chimborazo (año 2014)					
P. de muestreo	Puntos Críticos	Índice BMWP/Col	Índice ABI	Índice WQI	Observaciones
Quebrada Totorillas	-	63	68	86	La calidad de agua según los valores se mantiene en categoría aceptable el índice BMWP y buena para ABI y WQI.
Loma Yanarrumi	Turbidez y DBO5	39	35	73	El sitio presenta calidad dudosa el índice BMWP, regular para ABI y buena WQI.
Calera San francisco	Coliformes fecales.	45	38	73	Los resultados, indican una calidad dudosa en el índice BMWP, regular para ABI y buena en le WQI.
Puente Cemento Chimborazo	Nitratos, DBO5 y fosfatos.	51	42	72	La calidad de agua para el primer índice BMWP es dudosa, regular para el índice ABI y buena para el WQI.

El estudio se realiza durante 5 meses (noviembre a marzo) en cuatro sitios. El análisis se desarrolla mediante el uso de tres indicadores (BMWP/Col, ABI y Índice WQI). La calidad de agua, según el índice BMWP/Col se encuentra en categoría dudosa y aceptable; mientras que el índice ABI muestra calidad regular y buena; estos resultados son el reflejo de que los macroinvertebrados reciben los efectos de la contaminación durante todo el año. La calidad de agua según el índice WQI indica buena calidad; este criterio es debido a que el análisis fue realizado en un momento específico y las condiciones influyen la evaluación.

Tabla 14

Resultados del ICA de estudio 5 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 5. Desechos contaminantes e índice de calidad del agua del río Chibunga, cantón Riobamba, año 2017.					
P. de muestreo	Puntos críticos	Índice BMWP/Col	Índice ABI	Índice WQI	Observaciones
Puente Cemento Chimborazo		29	26	20	La calidad de agua para el índice BMWP es crítica, para el índice ABI la calidad es malo y para el índice WQI es muy mala.
Ricpamba	pH, coliformes fecales.	22	23	12	El punto 2 muestra una calidad crítica el índice BMWP, malo para ABI y muy mala para WQI.

San Luis	pH, SD, fosfatos, DBO5, coliformes fecales.	32	27	14	La calidad de agua en el punto 3 refleja una categoría crítica en el índice BMWP, malo en el índice ABI y muy mala en el índice WQI.
----------	---	----	----	----	--

El análisis se realizó durante dos meses (mayo y junio), considerando índice de calidad de agua propuesto por Brown, normativa ICA.NSF y el Instituto Mexicano Tecnológico de Agua, según este último el análisis aplicado en el puente cemento Chimborazo y San Luis indica un río altamente contaminado; mientras que los índices de Brown y el ICA-NSF indican mala calidad, se debe a la poca capacidad de autodepuración ya que el río es alimentado por descarga de aguas residuales.

Tabla 15

Resultados del ICA de estudio 6 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 6. Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF (Año, 2020)

P. de muestreo	Puntos críticos	ICA NSF	Índice ETP	Observaciones
Ricpamba	Coliformes fecales y turbidez	64	65	El índice ICA-NSF, muestra calidad regular y el índice ETP indica calidad regular.
Barrio San José de Batan		56	37	

UE. Pensionado Olivo	Fosfatos, coliformes fecales y turbidez.	67	29	En el segundo y tercer punto la calidad de agua según el ICA-NSF es regular al igual que el índice EPT.
Parque ecológico	DBO5, coliformes fecales, fosfatos y turbidez	47	27	En punto 4 la calidad de agua según el índice ICA-NSF es mala y el índice ETP indica una categoría regular.

La calidad de agua del río Chibunga indica una calidad regular según el ICA-NSF, debido a que alrededor de puntos de muestreo existen actividades agrícolas, descarga de aguas residuales. El índice ETP muestra calidad similar al índice anterior, los análisis se realizaron directamente a los organismos presentes en el medio que habitan.

Tabla 16

Resultados del ICA de estudio 7 de la cuenca del río Chibunga

Estudio No. 7. Evaluación de la contaminación provocada por actividades antropogénicas en el río Chibunga, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

P. de muestreo	Puntos críticos	2022		Observaciones		
		E. lluvia	E. seca			
La Merced de Gultus	Nitratos, coliformes fecales, OD, SDT y fosfatos.	68	67	69	63	La calidad de agua el punto de Gultus se encuentra en categoría regular en las dos estaciones (seca y lluviosa)

Gatazo Grande	DBO5, fosfatos, y SDT.	76	65	64	66	Los resultados durante la estación lluviosa y seca mantienen una calidad regular a excepción del primer muestreo en estación lluviosa (buena).
Sector Lican	Nitratos, fosfatos, coliformes y SDT.	66	65	62	66	La calidad de agua se encuentra en categoría regular en las dos estaciones (seca y lluviosa) a excepción en el segundo muestro en la estación seca de la ciudadela 9 de octubre (mala).
San José de Macají	Coliformes fecales, fosfatos y SDT.	59	60	58	43	Los resultados muestran valores muy similares en la estación lluvia ubicando en categoría regular, mientras que los resultados en la estación seca ubican en una escala de mala calidad.
Zona agrícola	OD, coliformes fecales,	55	54	35	49	
Ciudadela "Los Shyris	OD, fosfatos y SDT.	54	52	36	46	Los resultados de la calidad de agua en la estación seca ubican en una categoría mala al igual que el primer muestreo en época lluviosa; y, el segundo muestro refleja una calidad regular.
Parque lineal Chibunga		51	49	45	49	
Zona agrícola		49	48	42	50	El resultado es mala calidad por la presencia de ganado vacuno y porcino, uso de agroquímicos en la agricultura.
Luis Abdón Calderón		50	49	47	51	
San Luis San Luis	Coliformes fecales, OD, fosfatos y nitratos.	49	48	44	54	

El resultado de la calidad de agua en la cuenca del río Chibunga es regular, indicando un descenso en la zona media del cauce y la degradación de la calidad en la zona baja. El río recibe aguas domésticas sin tratamiento relacionadas con aguas residuales urbanas e industriales provenientes de alcantarillado municipal, zonas agrícolas y urbanización.

4.2.4 Resultados ICA 2024

Tabla 17

Resultados del ICA de la cuenca del río Chibunga.

Estudio No. 8. Evaluación de impacto ambiental de la cuenca del río Chibunga.			
P. de muestreo	2024 E. seca	Significancia	Observaciones
Comunidad Cooperativa Guabug	72	Buena	El estudio de la calidad de agua en la cuenca del río Chibunga, refleja valores representativos, y la realidad actual de la zona de estudio. En el nacimiento del agua (puntos alto) se encuentra en buena condición, debido a que en el sector no existe intervención antrópica; y en los puntos medios y bajos la condición del recurso es mala. LMP: PM1. PM2, PM3, PM4, PM7, PM9 y PM10: aceites y grasas, detergente, bicarbonato y fosfato. PM5: aceites y grasas, detergente, bicarbonato, fosfato, coliformes fecales, DBO5 y DQO. PM6 y PM8: aceites y grasas, detergente, DQO, bicarbonato y fosfato
Comunidad Santa Teresita	54	Regular	
UCEM	56	Regular	
Sector Ricpamba	40	Mala	
Puente a vía a Batán	37	Mala	
Puente Yaruquíes	45	Mala	
Parque Chibunga	44	Mala	
PTAR San Luis	44	Mala	
Puente vía a Macas antigua	45	Mala	
Unión Río Chambo	51	Regular	

El resultado general del índice de la calidad del agua de la cuenca del río Chibunga, realizado en el año 2024 en época seca clasifica en tres niveles de calificación. Calidad **Buena** el punto 1 con un valor de 72. En este nivel se considera que la zona de estudio o muestreo tiene condición relativamente saludable; es decir que el área puede estar cerca de fuentes no contaminadas o la presencia de actividades antrópicas es nula como la agricultura, industrias o vertidos de aguas residuales. Calidad **Regular** el punto 2, 3 y 10 con un valor de 51 a 56 puntos. En estos sitios existe algún signo de contaminación pero que aún no alcanza nivel crítico o que las actividades antrópicas se dan en una escala moderada y no impacta en gran magnitud la calidad de agua; y, Calidad **Mala** el punto 4 al 9 con valores entre 37 a 45 puntos. Indica que los sitios de muestreo presentan una condición crítica en la calidad de agua; debido a las actividades antrópicas que se realizan a lo largo de la zona de estudio como: la agricultura, ganadería, industrias (lácteas, lavadoras y lubricadoras), uso de agua (contaminación por pesticidas) y acumulación de desechos sólidos, lo que afecta los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

El ICA general indica calidad **REGULAR** con un valor de 49 puntos, de acuerdo a la escala de calificación de la calidad de agua para los distintos usos requiere un sistema de purificación para el uso en la agricultura e industria. El resultado del muestreo en estación seca es el más afectado ya que existe menor caudal y mayor afectación al recurso. Finalmente, se considera que el agua que nace de las vertientes de las faldas del volcán Chimborazo tiene buena condición, pero a medida que avanza y recorre por zonas urbanas la calidad disminuye; sin embargo, en el punto final de muestreo donde desemboca en la cuenca del río Chambo muestra una mejora por la depuración en forma natural.

Por otro lado, se analizan varios estudios para conocer los resultados: La evaluación de resistencias bacterianas a los metales pesados, indica que se encontraron niveles muy

bajos de metales pesados donde pocas veces superaron los límites máximos permisibles; sin embargo, se aisló bacterias con altos niveles de tolerancia ante los metales de mercurio, cadmio, cromo y plomo. El impacto de sostenibilidad del tratamiento de los sedimentos del río Chibunga, en el parque ecológico se encontró la mayor concentración de tensoactivos como: nitratos, fosfatos. La evaluación de la eficiencia de la especie *Phragmites australis* en el tratamiento de aguas dulces mediante humedales artificiales en el río Chibunga del cantón Riobamba, según el índice de Brown determina Pésima, lo que indica un alto grado de contaminación. El estudio de caso de indica que los parámetros DBO5 y DBO se encuentran en buena calidad; el color y turbidez presentan valores altos en el sector de San Luis e indica que la parte baja de la cuenca del río Chibunga es la más afectada. El estudio sobre bacterias multirresistentes en aguas de riego del río Chibunga; se identifica la presencia de bacterias patógenas como *Morganella morganii* y *Plesiomonas shigelloides* en el río Chibunga, estas causan problemas en la salud por el uso del agua en actividad agrícola; y, por último, la determinación de bacterias de interés clínico en productos agrícolas con riego del río Chibunga, realizaron un muestreo en seis puntos (Santa Martha, Shobol-Llinllin, San Juan, Calpi, Parque lineal Chibunga y San Luis) productos agrícolas (lechuga, zanahoria, cebolla, papa maíz y brócoli) las cuales fueron cultivadas y generaron gran crecimiento bacteriano (16 colonias de bacterias y 8 identificadas como patógenas), entonces los productos aledaños al río Chibunga presentan contaminación por microorganismos.

4.2.5 Resultado general ICA periodo 2013 - 2024

En este punto, se presentan los resultados generales analizados desde el año 2013 al 2024.

Tabla 18

Resultados general ICA de la cuenca del río Chibunga–estación seca y lluvia

Periodos aplicados	ICA - promedio estación seca	Significado	ICA - promedio estación lluvia	Significado
2013 - E. Seca	56	Regular	-	
2014 - E. seca	64	Regular	-	
2014 - E. lluvia	-		72	Bueno
2015 - E. seca	54	Regular	-	
2015 - E. lluvia	-		62	Regular
2016 - E. seca	52	Regular	-	
2016 - E. lluvia	-		61	Regular
2017 - E. lluvia	-		60	Regular
2018 - E. seca	15	Muy malo		
2020 - E. seca	59	Regular	-	
2022 - E. seca	52	Regular	-	
2022 - E. lluvia	-		57	Regular
2024 - E. seca	49	Malo	-	

En la tabla 18, se muestra los resultados de la calidad de agua de la cuenca del río Chibunga, durante el periodo 2013 a 2024, indica los siguientes resultados: Los valores de la estación seca indica una leve disminución en la calidad de agua; es decir existe una caída progresiva en la mayoría de los años, sin embargo, el valor del año 2020 indica un incremento. Según los datos registrados por INAMHI las precipitaciones en el mes de diciembre del 2019 fueron volúmenes de agua sobre de los promedios, y en el mes de enero

del 2020 las lluvias presentaron una distribución heterogénea, mayormente con valores medio a bajo; entonces el incremento del valor de dicho año, es debido a la normalización de época de lluvia a seco. En cuento, a la estación lluvia los valores son más altos en comparación a la estación seca; y se debe a la depuración de contaminantes por el incremento del caudal por la lluvia; sin embargo, a pesar de presentar valores altos observando la estación seca, también existe una disminución gradual al paso de los años analizados. En el año 2018, en la estación seca se muestra un valor de 15 muy baja en comparación con otros valores; se debe al muestreo realizado en 3 sitios específicos y según el boletín meteorológico de INAMHI, el mes de mayo no hubo precipitación.

En base a los datos analizados, la situación de la cuenca del río Chibunga, se considera que la calidad de agua ha decaído en general en relación al tiempo (2013 a 2024) y estaciones (seca y lluvia). Es decir, en la estación seca en el año 2013 de 56 pasa a 49 en el año 2024, lo que se evidencia un cambio progresivo en la calidad; y; en la estación de lluvia de 62 puntos en el año 2014 pasa a 57 puntos en el año 2022.

Tabla 19

Resultados - cálculo de la varianza

Estación seca	Estación lluvia
56	72
64	62
54	61
52	60
15	57

59	
52	
49	
$\frac{401}{8} = 50.13$	$\frac{312}{5} = 62.4$
Regular	Regular
$62.4 - 50.13 = 12.27$	

El resultado de la variación entre la estación seca y lluvia en promedio de 12.27 puntos, lo que significa que es mejor durante la estación de lluvia, debido al aumento y mayor circulación del caudal.

En relación, al grado de contaminación los valores se encuentran en un rango regular y mala calidad; y en promedio en la estación seca 50 y estación de lluvia 62 ubicando en calidad regular. Entonces, esta categoría requiere tratamiento del agua para el uso humano.

4.2.6 Resultado según la normativa 097

Tabla 20

Parámetros físico-químico y microbiológico de la cuenca del río Chibunga

P.	Físico-Químicos y biológicos	Unidad	P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	P. 6	P. 7	P. 8	P. 9	P. 10	LÍMITES PERMISIBLES
Ph		-	5.70	8.17	8.55	8.10	7.29	7.27	7.27	7.12	7.55	7.63	6.5 – 9
Aceites y grasas		mg /l	8.57	168.6	11.42	34.2	97.1	42.8	25.7	48.6	28.6	42.6	0.3
Coliformes Fecales		NMP/100Ml	< 1.1 Ausencia	< 1.1 Ausencia	< 1.1 Ausencia	150	250	50	100	< 1.1 Ausencia	150	< 1.1 Ausencia	200
Oxígeno Disuelto		mg O2/l	3.13	6.39	6.53	5.51	0.80	1.32	1.14	0.56	3.48	5.68	>80 % OD saturado
Detergentes		mg/l	0.65	2.90	1.06	0.82	0.66	2.16	1.92	2.10	1.50	1.65	0.5
Turbidez		NTU	0.23	0.96	0.43	0.81	7.26	2.38	1.31	2.78	1.31	0.80	Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica)
Plomo		mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Temperatura		°C	13.3	19.7	19.8	22.0	22.3	22.1	22.0	21.4	20.7	21.5	Condiciones naturales +5
DBO ₅		mg O2/l	16	24	13	22	81	53	47	69	48	15	50
DQO		mg/l	27	45	25	45	155	110	99	135	92	27	100
Carbonatos		mg/l	8	16	32	28	20	Ausencia	Ausencia	Ausencia	32	36	0.1
Caudal		m3/s	0.071	0.72	0.88	0.56	0.78	1.08	0.74	0.88	1.16	1.42	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Sulfatos		mg/l	138	51	60	76	72	114	112	128	134	142	400

Nitratos	mg/L	1,2	0.9	1.1	2.8	4.0	1,4	2,6	1.4	2.6	6.8	10.0
STD	mg/l	1	76	5	29	54	17	31	37	50	38	3000
Bicarbonatos	mg/l	176	180	239	272	324	244	352	388	228	276	1.5
Fosfatos	mg/L	0.52	0.80	0.42	2.26	4.40	3.88	5.30	2.74	3.14	2.80	0.1
Conductividad	us/cm	599	468	707	734	842	881	860	908	914	928	500 a 1000

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Los valores oscilan en un rango 5.70 a 8.55 mostrando el nivel más bajo en el nacimiento del agua y la comunidad Guabug, UCEM y Ricpamba muestran los valores más altos; sin embargo, los valores mantienen un pH neutro y dentro de los límites permisibles.

- **Aceites y grasas**

Los resultados superan los límites permisibles según la aplicación del criterio, ya que los valores van en un rango 8.57 mg/l a 168.60 mg/l; el nivel más bajo se encuentra en el nacimiento del agua y la comunidad Guabug, puente de Batan, puente vía Macas y unión río Chambo, presentan los valores más altos.

- **Coliformes Fecales**

Los resultados en la comunidad Chimborazo, Santa Teresita, UCEM, PTAR San Luis y unión río Chambo muestran ausencia de coliformes fecales, en cambio Ricpamba, puente Batan, puente Yaruquies, parque Chibunga y puente vía Macas muestran valores entre 50 NMP/100ml a 250

NMP/100ml, debido al uso de productos químicos por parte de las comunidades, quienes se dedican a la actividad agrícola y ganadera; sin embargo, los resultados no superan los límites permisibles.

- **Oxígeno Disuelto**

Los valores para oxígeno disuelto van desde 0.80 a 6.53 mg/l; estos resultados pueden darse debido a las descargas de aguas residuales dirigidas al cauce del río; sin embargo, los resultados se mantienen en los límites mínimos de oxígeno que un río debe tener.

- **Detergentes**

Los resultados muestran un rango de 0.65 a 2.90 mg/l, estos valores según la normativa se encuentran fuera de la normativa.

- **DBO₅**

Según los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, tres sitios superan los límites permisibles: puente a Batán, puente a Yaruquies y PTAR San Luis con valores (81, 53 y 69), lo cual indica que, en estos sitios, la calidad del agua no es adecuada para la preservación de la vida acuática o para otros usos, mientras que los siete puntos se encuentran bajo niveles permisibles.

- **DQO**

Según los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, tres sitios superan significativamente los límites permisibles: puente a Batán, puente a Yaruquies y PTAR San Luis con valores (155, 110, 135), indicando problemas específicos y se necesita mayor atención.

- **Carbonatos**

Según los límites de descarga al sistema de alcantarillado público; siete lugares superan el límite permisible: Comunidad Guabug, Santa Teresita, UCEM, Ricpamba, puente Batán, vía Macas y unión río Chambo, significa que existe un problema en la calidad de agua.

- **Caudal**

En los diez puntos de muestreo realizado en el mes de septiembre, el caudal más representativo fue en el punto seis, nueve y diez, debido a que recoge las aguas residuales que incrementan hasta llegar a unirse con el río Chambo.

Mientras, que los puntos uno al cinco, seis y siete muestran un nivel bajo debido a la época de sequía.

- **Sulfatos**

Según los límites de descarga al sistema de alcantarillado público los resultados de los diez puntos de muestreo se encuentran por debajo del límite permisible, es decir que las descargas al sistema de alcantarillado cumplen con los establecido.

- **Turbidez**

Los resultados de los diez puntos de muestreos se ubican por debajo del límite superior permisible de 52.5 UTN. Esto significa que los valores de turbidez cumplen con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.

- **Plomo**

Los resultados se encuentran por debajo del límite permisible de 0.01 mg/l; significa que los niveles de plomo cumplen con los criterios de calidad y no representan un riesgo para la preservación de la vida acuática y silvestre en los diferentes cuerpos de agua.

- **Temperatura**

Los valores de temperatura exceden el límite permisible en todas las muestras, es necesario realizar nuevas investigaciones y determinar las posibles causas de estas elevadas temperaturas y considerar medidas para reducirlas, con el fin de preservar la vida acuática y silvestre en el entorno afectado.

- **Nitratos**

Los resultados de los diez puntos de muestreo se ubican por debajo del límite permisible de 10.0 mg/l. Esto significa que los niveles de nitratos cumplen con los criterios de calidad de aguas para uso pecuario y no representan un riesgo para el uso de esta agua en la producción animal.

- **Bicarbonatos**

Los resultados de los diez puntos de muestreo exceden significativamente el límite permisible de 1.5 mg/l. Los altos niveles de bicarbonato en el agua de riego afectan negativamente la calidad del suelo y la salud de las plantas, provocando problemas como la acumulación de sales.

- **Sólidos Disueltos Totales**

Los resultados se ubican por debajo del límite permisible de 300 mg/l. Significa que los niveles de sólidos totales disueltos en las muestras cumplen con los criterios de calidad de

aguas para uso pecuario y no representan un riesgo para el uso de esta agua en la producción animal.

- **Fosfatos**

Los resultados exceden el límite permisible de 0.1 mg/L. Los niveles de fosfatos causan problemas como la eutrofización, afecta la calidad del agua y la vida acuática debido al crecimiento excesivo de algas y otros organismos.

- **Conductividad**

Los resultados se encuentran por debajo del límite permisible de 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Indicando que los niveles de conductividad cumplen con la normativa TULSMA para la conductividad en aguas residuales y no representan un riesgo en este aspecto.

4.3 Índice de sostenibilidad de la cuenca del río Chibunga, como instrumento diagnóstico, para proponer medidas de gestión ambiental en la cuenca

4.3.1 Hidrología: cantidad de agua

El indicador de Hidrología es el principal indicador del WSI, porque evalúa las características físicas y químicas del cuerpo de agua de la cuenca focalizada. Contiene dos subindicadores: cantidad y calidad del agua, que se promedian juntos para hallar el indicador de hidrología global (UNESCO, 2014).

Para evaluar el **subindicador de cantidad**, en los niveles de Presión y Estado, se emplearon los resultados del estudio “Análisis climatológico de la microcuenca del río Chibunga” de Cepeda (2022). Debido a la limitación en la disponibilidad de datos a nivel anual, el periodo de análisis se ajustó a diez años (2010-2020), en lugar de los cinco años

recomendados en la metodología. A pesar de este ajuste, se considera que el periodo seleccionado proporciona una representación significativa de las tendencias hídricas a largo plazo en la cuenca, tomando como referencia un periodo histórico de 2000 a 2020.

La cuenca del río Chibunga corresponde al nivel nueve en el sistema de codificación Pfafstetter, tiene un área de 536,18 Km² y comprende las parroquias de: Cacha, Lican, Punín, San Juan, San Luis y Villa la Unión y, un porcentaje del cantón del cantón Riobamba.

Con esta información, se utilizó los datos de evolución poblacional a nivel parroquial disponibles en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2025), considerando la proporción del área en la microcuenca. Estos datos fueron contrastados con los generados en la plataforma WorldPop de la Universidad de Southampton, que, mediante un modelo estadístico, que combina diversas fuentes de información geográfica y demográfica, estima la distribución y densidad de población en áreas de un kilómetro cuadrado, donde no hay datos confiables o son escasos. En este caso, se aplicó para establecer capas de las poblaciones de cada una de las unidades de división política encontradas en la cuenca del río, para el periodo 2000 al 2020.

Tabla 21

Puntajes de los parámetros de presión y estado para el indicador hidrología-cantidad

Cuenca	Disponibilidad per cápita de agua (m³/hab-año) 2010 - 2020 Periodo de control	Disponibilidad per cápita de agua (m³/hab-año) 2000 - 2020 Periodo histórico	Δ%	Puntaje Presión	Puntaje Estado
Río Chibunga	205.64	235.40	-2.64	0.25	0
	Población del periodo 2010 -2020	Población del periodo 2000 -2020			

194.273

180.414

Como se observa en la tabla 16, los valores de disponibilidad hídrica de la cuenca, tanto para el periodo histórico, como para el de control, es menor de 500 m³ por habitante-año. Es evidente que hay una disminución en la disponibilidad del agua per cápita en los últimos años. Para el parámetro de presión, corresponde un puntaje de 0.25 y para el de estado de 0.00. Esto revela que existe, por una parte, una presión moderada sobre la cuenca, pero al mismo tiempo que la cuenca pudiera estar sufriendo estrés hídrico derivado de una demanda creciente del agua, por el aumento de la población, por las formas de consumo y efectos del cambio climático.

En lo que se refiere al parámetro respuesta, como lo sugieren Chávez y Alipaz (2007), se busca medir la optimización en el uso eficiente de recursos hídricos y la mejora en el tratamiento adecuado de aguas residuales. Siguiendo metodología aplicada por Aparicio, Jiménez, Guiltrón & Hidalgo (2013), se evaluó los recursos no convencionales generados, sin embargo, dadas las características de la zona donde se encuentra la cuenca del río Chibunga, se realizó un ajuste considerando las siguientes variables: trasvases, reutilización de agua (tratamiento) y sistemas de riego eficiente, como el riego por goteo o aspersion, en lugar de riego por inundación, para los últimos 5 años, es decir entre 2015 y 2020.

Tabla 22

Puntajes del parámetro de respuesta para el indicador hidrología-cantidad

Cuenca	Trasvase	Reutilización	Riego	Puntaje Respuesta	Nivel
Río Chibunga	0.00	0.00	0.00	0.00	Muy pobre
	No existe	No existe	No existe		

A lo largo de la cuenca no existe ninguno de estos procesos mencionados, por lo que se le asigna una calificación de 0.00 que corresponde a un nivel muy pobre, lo que muestra que no se utiliza el recurso de manera eficiente.

4.3.2 *Hidrología: calidad de agua*

Con relación al subindicador de calidad de agua, que mide la variación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅ en mg/l) en un periodo estudiado, en relación con un periodo histórico, se utilizaron los datos provenientes de diversos estudios previos sobre la calidad del agua de la cuenca del río Chibunga señalados (Torres, 2009), (Ríos et al., 2009) (Veloz & Carbonel, 2013), (Jaque & Potocí, 2015), (Toledo, 2015), (Veloz, 2018), (Ramos, 2018), (Godoy et al., 2020), (Toapanta, 2022), (Andrade & Villalba, 2023), (Guanga, 2023) y (Castillo et al., 2023); a esto se sumó el muestreo realizado durante esta investigación en los diez puntos. El periodo histórico considerado para este estudio fue de 2009 a 2024, mientras que el periodo de control se establece entre 2015 a 2024. Es importante señalar que los estudios consultados no incluyen registros de los diez puntos de muestreo identificados y analizados en esta investigación, ni a monitoreos continuos en todos los casos, por lo que representan una limitación. Sin embargo, dado que se dispone de un conjunto de datos históricos que cubre un período mínimo de quince años, se considera que la información disponible es suficiente para proporcionar una evaluación representativa de la variación de la DBO₅ como indicador de la calidad del agua en la cuenca del río Chibunga.

Tabla 23

Puntajes del parámetro de presión y estado para el indicador hidrología-calidad

Cuenca	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en	Δ%	Puntaje Presión	Puntaje Estado
---------------	---	---	-----------	------------------------	-----------------------

	mg/l (2015 -2024) Periodo de control	mg/l (2009 -2024) Periodo histórico			
Río Chibunga	32.31	27.96	15.56	0.25	0.00

Los resultados muestran que para el periodo de control (2015-2024) y para el periodo histórico (2009-2024), presentan un valor promedio de 32,31mg/l y 27,96mg/l respectivamente, lo que indica una elevada demanda de oxígeno, considerando incluso la tabla 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS del Acuerdo ministerial 097A. Los puntajes de los parámetros de presión y estado corresponden a 0.25 y 0.00, lo que puede sugerir que el río ha experimentado una mayor carga orgánica contaminante que responden al incremento de actividades agrícolas y urbanas principalmente. El ligero aumento en el periodo de control respecto del periodo histórico puede sugerir también el limitado control de las autoridades ambientales para evitar que los vertidos de desechos sólidos o de aguas residuales a los ríos sea un factor que provoque una mayor demanda de oxígeno para procesos de autodepuración del río.

En cuanto al parámetro de respuesta, para el indicador de hidrología – calidad, se evalúa el número de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) y el volumen de aguas residuales tratadas en la cuenca. Dado que no existen este tipo de infraestructuras a lo largo de la cuenca, se asigna el valor de cero (**0.00**), lo que corresponde a nivel muy pobre de respuesta frente a la problemática de la contaminación.

4.3.3 Medio ambiente

El indicador de ambiente (E), busca medir la presión de las actividades humanas sobre la cuenca y está definido por dos variables: áreas agropecuarias y áreas pobladas, lo que define el índice de presión antrópica (EPI). En el nivel de estado, se calculó el porcentaje de área de la cuenca bajo vegetación natural y en el nivel de respuesta, como han evolucionado el área de conservación a lo largo de la cuenca en un periodo de estudio.

Tabla 24

Valores obtenidos de los parámetros de presión para el indicador medio ambiente

Cuenca	Superficie agropecuaria (km ²)			Población (habitantes)			Presión Puntuaje
	2010	2020	Δ (%)	2010	2020	Δ (%)	
Río Chibunga	421.39	199.03	-52.77	182.887	208.258	+ 13.87	-19.45 1.00

Según los resultados, se observa que la superficie destinada al uso agropecuario ha disminuido a lo largo del periodo de estudio en un 52.77%, lo que apunta una reducción de la presión de esta actividad sobre la cuenca. El motivo de dicha reducción es debido a varios factores: reducción de superficie agropecuaria; disminución del factor hídrico en época seca; y, reducción de mano de obra (personas adultas y migración). Sin embargo, al mismo tiempo, se muestra que la población se ha incrementado en un 13.87%, lo que indica que la disminución de las zonas agrícolas puede deberse al incremento de las zonas urbanas. Este aumento de población, indica que la presión sobre la cuenca por efectos de la agricultura no es compensada por la población, sino que esta infiere más presión sobre la cuenca, pero de características distintas y que pueden ser significativas, como se evidencia en los resultados de la evaluación del impacto ambiental.

Tabla 25

Valores de los parámetros de estado y respuesta del indicador medio ambiente

Cuenca	Superficie (km²)	Av (%) (2010 -2020)	Puntuación estado	ENP 2010 (km²)	ENP 2020 (km²)	Δ (%)	Puntuación respuesta
Río Chibunga	571.9334	33.97	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00

En lo que se refiere a la superficie de vegetación natural de la cuenca, los parámetros de presión se pueden considerar como aceptable, tomando en cuenta que la cuenca del río Chibunga inicia en la unión del río Sicalpa y Chimborazo en el sector de la empresa Cemento Chimborazo; en cuanto a espacio natural protegidos (ENP) en la zona de estudio no existe, debido a que la mayor parte de la provincia de Chimborazo se dedica a la agricultura y en la zona de estudio se ubica principalmente industrias, áreas urbanas, áreas recreativas y áreas de cultivos de papas, maíz, fresa, tomate, pasto, entre otros.

4.3.4 Vida

En el indicador de vida se utilizó el ingreso per cápita total del país para la población; en este caso, el valor del IDH-renta para la población del área de estudio para los dos años (2010 y 2020). El cálculo se desarrolla mediante el uso del Logaritmo Natural (ln) del PIB per cápita ajustado.

Tabla 26

Valores obtenidos de los parámetros de presión para el indicador vida

Cuenca	Población		IDH-renta		IDH-ponderado			Puntuación presión
	2010	2020	2010	2020	2010	2020	Δ (%)	
Río Chibunga	182.887	208.258	0.339	0.326	0.339	0.326	-3.38	0.50

Los resultados muestran, la población tuvo un incremento en un 13.87% según el análisis para los dos años. El índice de desarrollo humano asociado a la (IDH-renta) y el índice de desarrollo Humano ponderado muestra una pequeña disminución varia en un rango de 3.83%,, dicho resultado se basa por la crisis económica a nivel mundial que fue causado por la pandemia en el año 2020 y afecto de forma negativa los ingresos y por ende el desarrollo humano que es medido en termino de renta, lo que refleja un resultado negativo en la varianza porcentual de -3.38 reflejando una disminución en el bienestar económico de la población. Finalmente, el valor de la varianza porcentual indica la puntuación de 0.50 según el cuadro de puntuación del parámetro, indicando un nivel moderado de presión socioeconómica.

Tabla 27

Valores de los parámetros de estado y respuesta para el indicador vida

Cuenca	IDH		IDH-ponderado			Puntuación estado	Puntuación respuesta
	2010	2020	2010	2020	Δ (%)		
Río Chibunga	0.736	0.734	0.736	0.734	-0.27	0.00	0.00

La provincia de Chimborazo, en lo que se refiere al IDH presenta una disminución comparando los datos del año 2010 al 2020 que corresponde al periodo de estudio; que muestra un valor de -0.27 la varianza porcentual; el valor revela que las condiciones de vida, educación y salud han sido afectadas. Así, el valor de -0.27 se traduce a un puntaje de cero para ambos parámetros (estado y respuesta); debido a varios factores como: la falta recursos, falta medidas adecuadas en la aplicación de políticas en el IDH y falta de infraestructura, lo que evidencia que no existe una distribución equilibrada de recursos y oportunidades de desarrollo en el área de estudio. Es necesario crear y mejorar infraestructuras, fortalecer políticas a través de proyectos y programas que ayuden a mejorar la calidad de vida.

4.3.5 Política

Este indicador evalúa los niveles de educación, capacidad institucional para la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) y la inversión económica en este ámbito. Para la determinación del indicador de Política, en el parámetro de presión, se utilizó el Índice de Desarrollo Humano (IDH) a nivel de país para el periodo 2000-2022, que consta en Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD (2020). Cabe mencionar, que no se dispone de un Índice de desarrollo humano, ajustado a la variable educación, sin embargo, este considera los años esperados de escolaridad y los años promedios de escolaridad. Este dato se lo comparó con el Índice de desarrollo de las regiones de Ecuador IDERE calculado a nivel nacional y provincial Correa-Quezada, Esparza & Campoverde (2023) y con el Índice de desarrollo humano a nivel provincial (Suárez, 2019). En todos los casos, la dimensión educación está integrada dentro del cálculo general como se indica en la tabla.

Tabla 28

Variación del IDH entre 2010 a 2020 para el parámetro presión

Cuenca	PNUD			Puntaje presión	IDERE Chimborazo 2021		IDH Provincial 2017
	2010	2020	$\Delta\%$		Nacional	Provincial	Chimborazo
Río Chibunga	0.736	0.734	-0.27	0.50	0.693	0.65	0.696

Los resultados muestran que la media nacional del IDH es muy cercana a los valores determinados en los dos estudios referidos. En el caso de la provincia de Chimborazo, el IDERE presenta un valor ligeramente inferior a la media nacional, pero considerado como de desarrollo alto, según lo reseña la investigación. Esta diferencia, sugiere que los procesos de desarrollo y educación en la provincia pueden ser inferiores, lo que puede incidir en los procesos de involucramiento, participación y concientización de la población respecto de su rol en la conservación de cuencas; al mismo tiempo refleja las dificultades institucionales y estructurales en la provincia para implementar políticas públicas en la gestión de recursos hídricos. El porcentaje de variación del IDH se ubica en -0.27% por lo que corresponde a un puntaje de presión de 0.50, es decir, que presenta una ligera caída en el sentido negativo, sin embargo, es importante señalar que la dimensión educación puede estar enmascarada en el índice general y no reflejar completamente la situación, considerando esto como una limitación en esta medición. Para el parámetro de estado, se aplicó el método Delphi. Se identificaron seis expertos relacionados con la temática de la gestión de recursos hídricos. De estos seis expertos únicamente cuatro respondieron a la encuesta planteado. El resumen de las respuestas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 29

Resultados de la ronda – método Delphi

Marco jurídico	Marco Institucional	Participación ciudadana	Puntaje estado
<p>Positivo: El marco jurídico establecido por la Constitución del 2008 es una fortaleza importante porque reconoce al agua como un derecho humano. Establece la necesidad de la gestión del agua por cuencas. Prohíbe la privatización del agua</p> <p>La LORHUA es otro instrumento jurídico que fortalece estos principios.</p> <p>Emisión de la LOOTUGS que fortalece la planificación, y destaca las relaciones de manejo y gestión del agua.</p>	<p>Positivo: Implementación de SENAGUA como autoridad única del agua.</p> <p>Creación de los concejos de cuenca.</p> <p>Existencia de ARCA control de normativas de uso, aprovechamiento del agua.</p> <p>Creación de Fondos de agua: FONAGUA y FONAPA y FMPLP de agua fortalecen el marco institucional en la gestión de las cuencas.</p>	<p>Consejo de cuenca fueron una buena iniciativa que funcionó en pocos casos.</p>	<p>3.00</p> <p>Regular</p>
<p>Negativo: Declaratoria de inconstitucionalidad de la LORHUA.</p>	<p>Negativo: Fusión de SENAGUA con el MAE, Gestión del Consejo plurinacionalidad del agua no se concretó.</p>	<p>Poca participación ciudadana, poca capacitación</p>	

	<p>Desinstitucionalización del agua. 2008-2018 No se pudo poner en acción el Consejo Plurinacional para el Agua. Instituciones educativas no forman especialistas en recursos hídricos. Dificultad para lograr coordinación entre instituciones en la gestión de recursos hídricos. Falta de capacitación técnica en gobiernos Autónomos Descentralizados para aplicar normas y ejecutar competencias.</p>	<p>técnica en recursos hídricos -Poca información actualizada sobre calidad de agua -Falta de infraestructura</p>
4.00	2.00	3.25

Las encuestas aplicadas a los expertos muestran una importante coincidencia en criterios claves. Todos los consultados coinciden en que el marco jurídico para la gestión de cuencas en Ecuador es bueno, a pesar de que la Ley de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua ha sido declarada inconstitucional, pero mantiene los preceptos de la Constitución de la República en aspectos claves como la gestión por cuencas hidrográficas y la no privatización del recurso. En cuanto a la capacidad institucional, se marca dos momentos claves: el primero con la creación de SENAGUA (2014) como la autoridad única del agua que fortalecía la regulación y el control, así como la coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados y, un segundo momento, cuando se fusiona SENAGUA con el MATE (2019), lo que provoca dificultades en la coordinación entre entidades del gobierno, la falta de recursos y capacitación, así como la ausencia de una política clara para la gestión del agua. Finalmente, el tercer elemento clave es la participación ciudadana, que si bien tiene momentos importantes donde se impulsaron los

consejos de cuenca y otras iniciativas, a partir de 2018 no han contado con la infraestructura necesaria para que tenga la incidencia adecuada. Adicionalmente, se consultó específicamente sobre la gestión de la cuenca del río Chibunga, en función del conocimiento y/o experiencia del experto, sobre ésta. Los resultados muestran que al ser especialistas foráneos o que no han trabajado en esta cuenca en particular, no pudieron emitir ninguna opinión. En conclusión, si bien existen algunas divergencias entre los expertos consultados, hay consenso en aspectos clave como: el marco jurídico para la GIRH, que puede ser perfectible; sobre la capacidad institucional las diferencias de opinión se derivan de los momentos clave, que evidencia un antes y un después a nivel nacional, pero permiten evidenciar la necesidad del fortalecimiento de la institucionalidad y; en cuanto a la debilidad respecto de las facilidades y condiciones para una adecuada participación ciudadana. En virtud de lo indicado, y debido a las limitaciones de tiempo y dificultad de participación de los expertos en una segunda ronda, aunque el consenso no sea total, no se efectuó una nueva encuesta, considerando que se tiene suficientes insumos para la calificación del indicador.

Tabla 30

Capacidad legal e institucional en GIRH para el parámetro estado

Cuenca	Parámetro	Nivel	Puntaje estado
Río Chibunga	Capacidad legal e institucional	Regular	0.50

En cuanto al parámetro de respuesta, se busca identificar las inversiones en dinero que se hayan hecho en el periodo de estudio. Para establecer estos valores, se buscó datos provenientes de los actores clave institucionales identificados en el mapeo de actores. Sin embargo, únicamente se obtuvo respuesta de carácter cualitativo y no cuantitativo, por lo

que no se pudo estimar los valores de las inversiones realizadas en la cuenca. Este aspecto se considera una limitación en la medición de este indicador. En función de esto, se asignó el valor de cero, lo que implica un puntaje de cero, que significa una capacidad de respuesta muy pobre por parte de las entidades públicas que tienen el rol, la competencia y jurisdicción sobre la gestión de esta cuenca.

Tabla 31

Valores de los parámetros de respuesta para el indicador política

Cuenca	Población		Inversión (miles)		$\Delta\%$	Puntuación respuesta
	2010	2020	2010	2020		
Río Chibunga	182.887	208.258	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 32*Análisis WSI en la cuenca del río Chibunga*

Cuenca	Presión	Estado	Respuesta	Hidrología cantidad	Presión	Estado	Respuesta	Hidrología calidad	Presión	Estado	Respuesta	Medio- ambiente	Presión	Estado	Respuesta	Vida	Presión	Estado	Respuesta	Política	WSI
Río Chibunga	0.25	0.00	0.00	0.08	0.25	0.00	0.00	0.08	1.00	0.75	0.00	0.58	0.50	0.00	0.00	0.17	0.50	0.50	0.00	0.33	0.55

Los resultados que se reflejan en la tabla 32, es un resumen de los parámetros alcanzados. En el indicador de hidrología (calidad y cantidad); los resultados indican que no se encuentran mejorando, y existe la necesidad de aplicar medidas para mejorar ambos indicadores. El indicador de medio ambiente manifiesta un impacto ambiental considerable pero la falta de respuestas causa un vacío grande para mitigar los efectos. El indicador vida, muestra una presión moderada y el estado bajo y esto muestra que las condiciones de vida relacionado al agua no son adecuadas. El indicador de política muestra un nivel moderado de presión y estado; pero es importante aplicar políticas adecuadas a favor del recurso hídrico.

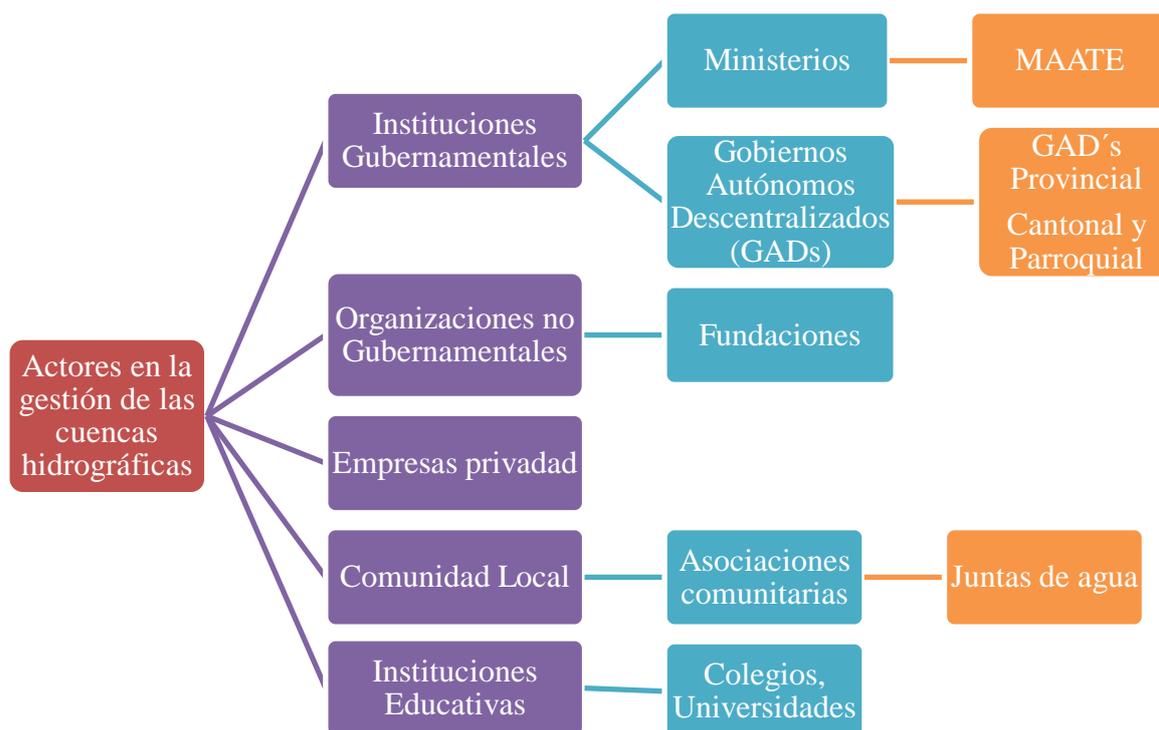
Finalmente, el Índice de Sostenibilidad de Cuencas (WSI), global de la cuenca del río Chibunga refleja un valor de **0.55**; según la escala de clasificación propuesta por Chavez y Alipaz, corresponde un grado de sostenibilidad **intermedia**.

4.3.5.1 Mapeo de Actores

Para complementar el análisis de la gestión de la cuenca del río Chibunga, se estableció un mapeo de actores. El esquema de la figura 5, muestra los actores identificados en la gestión de la cuenca de estudio.

Figura 5

Organigrama de mapeo de actores.



Los resultados de las entrevistas realizadas tuvieron como objetivo determinar cuál es nivel de conocimiento que tienen los actores sobre la situación ambiental de la cuenca del

río Chibunga; cuáles son las acciones y medidas que han aplicado y cuáles son los planes, programas o proyectos que se aplicaran en el corto y mediano plazo. Los resultados muestran que todos los entrevistados coinciden en que uno de los principales problemas de la cuenca del río Chibunga es la contaminación por descargas de aguas residuales de alcantarillados sin tratamiento previo, y el vertido de desechos sólidos. Las soluciones propuestas incluyen la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y la instalación de colectores para tratar el agua antes de su vertido en el río. La gestión de la cuenca del río Chibunga es compartida entre varias instituciones, con una responsabilidad clave recayendo en los municipios para el manejo de las aguas residuales, mientras que la prefectura tiene la competencia sobre el manejo de las cuencas y el Ministerio del Ambiente, agua y transición ecológico como generador de la política pública y directrices ambientales y normativa. Además, se destaca la importancia de la colaboración entre diferentes actores como el MAATE, los GADs Provinciales y Municipales, y otras organizaciones locales para abordar de manera efectiva la crisis ambiental.

Varios entrevistados mencionaron que existen proyectos planificados para tratar el problema, como el alcantarillado diferenciado y la construcción de plantas de tratamiento, pero la voluntad política, cuestiones administrativas y la falta de recursos han retrasado la implementación de estas soluciones. Además, manifiestan que se están llevando a cabo varias iniciativas, como campañas de limpieza del río y programas de reforestación en las riberas del río, ya sea por iniciativa institucional o de grupos y movimientos ciudadanos, pero la falta de cooperación de la comunidad es un obstáculo grande; también campañas de educación ambiental, sin embargo, la comunidad aún no muestra el nivel de compromiso necesario para reducir la contaminación de manera efectiva.

4.3.5.2 Mapa de actores en la gestión de las cuencas hidrográficas

Tabla 33

Matriz de actores en la gestión de las cuencas

Grupo de Instituciones	Actor	Función / rol	Entrevistas
Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Dirección de Medio Ambiente	Ing. Carlos Alejandro Romero Cañizares	Analista Técnico de los Recursos Hídricos de la Demarcación Hidrográfica Pastaza	<p><i>Sobre el conocimiento de la situación ambiental del río Chibunga y su cuenca hidrológica, el representante del MAATE, señala que los principales problemas se derivan del vertido de aguas residuales y el uso de agroquímicos.</i></p> <p><i>En cuanto a las acciones implementadas por la institución se indica que se han realizado múltiples campanas de limpieza del río Chibunga y por ejemplo en 2024 se recolectaron aproximadamente 2.267 Kg de desechos, lo que evidencia la débil gestión institucional y la poca educación y participación de la ciudadanía en la conservación de los recursos.</i></p> <p><i>Señala que los desafíos están la coordinación de esfuerzos por parte de los actores involucrados en la gestión, haciendo énfasis en las autoridades locales como los GADs y, en la educación y conciencia ambiental por parte de la ciudadanía para una gestión adecuada del agua.</i></p>

<p>Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Agencia de Regulación y Control del agua</p>	<p>Ing. Cesar Guadalupe</p>	<p>Analista Técnico de Agua del Ministerio del Ambiente</p>	<p><i>Sobre el conocimiento de la situación ambiental del río Chibunga, señala que la principal causa de contaminación es la descarga de aguas servidas al río sin previo tratamiento, debido a que los alcantarillados de diversas urbanizaciones vierten los desechos directamente al río.</i></p> <p><i>El entrevistado no destaca acciones importantes que se hayan realizado en el río Chibunga, y que, es más, ha existido poca iniciativa para abordar el problema. Reconoce que el rol municipal es el más importante para el mantenimiento de la buena salud del río, pero las limitaciones en los presupuestos y la poca voluntad política de las diversas administraciones no ha permitido tener un plan claro de recuperación.</i></p> <p><i>Manifiesta que se requiere la implementación de sistemas de tratamiento de aguas domésticas y residuales, campañas de concientización a la población y definir un plan claro para restaurar el cauce natural del río, lo que requiere el concurso de las distintas instituciones que tiene el rol y la competencia como el MAATE, Ministerio de Salud, instituciones educativas, etc.</i></p>
<p>Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo - Dirección</p>	<p>Ing. Saul Orellana Fierro</p>	<p>Director de Gestión Ambiental</p>	<p><i>El entrevistado, respecto de la situación ambiental del río Chibunga y su cuenca, señala que la responsabilidad está en los GADs municipales que deben gestionar de manera adecuada las aguas servidas como fuente principal de contaminación.</i></p> <p><i>Como acciones positivas, el director refiere que se realiza proyectos de restauración forestal en la provincia en general, por lo que no se especifica que sea en esta cuenca en particular.</i></p> <p><i>En forma general, destaca la importancia de la colaboración entre las diferentes autoridades en la lucha contra la contaminación y la conservación de recursos hídricos. Otra cosa importante es la</i></p>

de Gestión Ambiental		<p><i>educación ambiental, especialmente en lo que se refiere al manejo adecuado de los desechos sólidos para reducir también la contaminación del río. Un componente importante es el cumplimiento de las normativas ambientales a través de los permisos ambientales para las actividades productivas, que regulan la descarga de las aguas residuales. En este sentido, promover ordenanzas fuertes sanciones económicas para aquellos responsables de la contaminación. Las sanciones servirían como una medida disuasiva para evitar que se sigan vertiendo desechos en el río.</i></p>
Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba – Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene	Ing. Fernando Melena	<p><i>El entrevistado señala que la problemática del río Chibunga deriva básicamente del vertido de aguas residuales no tratadas, que afectan al recurso.</i></p> <p><i>Como parte de las acciones en curso, el especialista menciona que se está ejecutando el proyecto de alcantarillado diferenciado para reducir la presión de las descargas urbanas en el río. Este proyecto busca separar las aguas residuales de las aguas pluviales, lo que contribuirá a disminuir la contaminación del río. Pero que quedan pendientes algunas cuestiones como el establecimiento de puntos de descarga específicos y desarrollar proyectos para la construcción de plantas de tratamiento, los que se han retrasado por limitaciones de carácter administrativo al interno del municipio</i></p> <p><i>Señala que la coordinación interinstitucional es vital para abordar eficazmente la problemática de la contaminación del río, pues aclara que la competencia de la dirección de gestión ambiental municipal, en este tema, es la depuración de las aguas residuales, mientras que el manejo de las cuencas es competencia en la prefectura. Esto es importante aclarar para una gestión integral.</i></p>

Finalmente, el especialista menciona que una propuesta interesante podría ser la implementación de humedales artificiales como parte de la solución para la descontaminación del río, porque estos sistemas pueden actuar como filtros naturales para remoción de contaminantes, previo a su descarga.

Ing. Ángel Vallejo	Director de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene	<p><i>El director resalta que el río Chibunga enfrenta serios problemas de contaminación debido a las descargas directas de aguas residuales y alcantarillados sin tratamiento. Para abordar esto, se han propuesto construir colectores que permitan tratar el agua y devolverla con mejor calidad. Sin embargo, menciona que las intervenciones son muy limitadas, especialmente en la parte alta de la cuenca, donde existen descargas sin control.</i></p>
--------------------	---	---

*Indica que actualmente, se están llevando a cabo **campañas de limpieza** del río, sin embargo, se han encontrado con que la **comunidad no colabora** de manera suficiente, lo que **agrava el problema de los desechos** en el río, dificultando la mejora de la situación a largo plazo. Entre los proyectos en desarrollo, el director menciona la ejecución de **campañas de educación ambiental** para sensibilizar a la población sobre la importancia de cuidar el río y evitar su contaminación. Además, se está realizando la **recolección de información** sobre las **descargas clandestinas** y el **uso no regulado del agua** por parte de la población, lo cual permitirá tomar acciones más específicas y dirigidas para abordar estos problemas.*

*El director subraya que el **compromiso con el cuidado de los recursos hídricos** no depende únicamente del **municipio**, sino de **múltiples actores**. En particular, el **MAATE** (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica) tiene un rol crucial, ya que se le señala como responsable*

*de no proporcionar el **cauce ecológico** correspondiente, lo cual es fundamental para el equilibrio y la conservación del río.*

Finalmente, que se necesita una **cooperación efectiva** entre el **MAATE**, los **GADs Provinciales**, y los **GADs Municipales** para abordar los problemas ambientales de manera más efectiva. Este trabajo conjunto es crucial para implementar soluciones sostenibles a la contaminación del río.

Ing. Katherine Tipantasig,	Técnica en la Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene	<i>El entrevistado menciona que ya existen estudios iniciales sobre el río Chibunga, los cuales han permitido empezar a conocer mejor la situación del recurso hídrico. Se está identificando puntos críticos en la microcuenca del río Chibunga, abarcando desde la CEM (probablemente zona de origen del río), hasta la desembocadura del río Chambo, para conocer puntos de descarga.</i>
----------------------------------	---	---

Capítulo 5

Conclusiones

- En la cuenca del río Chibunga, se identificaron diez actividades antrópicas: agricultura, ganadería, urbanización, deforestación, industria, construcción, transporte, turismo-recreación, educativa y lavandería de ropa éstas afectan negativamente al componente agua, aire, suelo y biodiversidad; y provocan erosión, sedimentación en los cuerpos de agua, contaminación hídrica y pérdida de biodiversidad, reducción en la retención de agua.
- El análisis cualitativo muestra impactos de alta magnitud (agricultura, ganadería, urbanización, industria), moderada magnitud (deforestación, construcción, transporte, turismo y lavado de ropa) y baja magnitud (actividad educativa). Por otro lado, en cuanto a la extensión del impacto generalizado se considera a (agricultura, ganadería, urbanización e industria), impacto regional (deforestación, transporte, turismo y lavado de ropa) e impacto local (construcción y actividad educativa). Mientras que la duración de impacto de forma permanente se consideró (urbanización, industria y transporte), duración corta (agricultura, ganadería, deforestación, construcción, turismo y actividad educativa) y duración corta (lavado de ropa). Finalmente, sobre la reversibilidad de impacto (urbanización, industria y transporte) se considera irreversibles y (agricultura, ganadería, deforestación, construcción, turismo, actividad educativa y lavado de ropa) como reversibles. De este modo se evidencia que es necesario adoptar medidas adecuadas para mitigar los impactos y la salud de la cuenca.

- La evaluación de impactos ambientales indica que las diez actividades afectan de manera severa y moderada a los cuatro componentes agua, aire, suelo y biodiversidad.
- En el grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga, se establece 330 puntos críticos, de la Dirección de Gestión Ambiental; en el análisis se establece 10 puntos: Calera San Francisco, Parroquia San Juan Cemento Chimborazo, Ricpamba, SAN José de Batan, puente a Yaruquies, Barrio los Shyris, parque Ecológico, PTAR San Luis, parroquia San Luis. Los parámetros más afectados son: plomo, DBO5, coliformes fecales, aceites y grasas, tensoactivo, OD, nitratos, SDT, fosfatos y nitratos. Mientras que el estudio 2024 los parámetros afectados son: aceites y grasas, detergente, bicarbonato, fosfato, coliformes fecales, DBO5, DQO, detergente, bicarbonato y fosfato.
- El análisis del estudio 1 y 2, el ICA se establece calidad regular poco contaminado con valores de 54 puntos en estación seca y 62 puntos en estación de lluvia; el estudio 3 establece el ICA de la cuenca del río Chibunga establece buena calidad con 73 puntos estación seca y 76 puntos en estación lluvia; el estudio 4 analiza mediante 3 Índice: BMWP/Col, indica calidad dudosa con 50 puntos, el ABI indica calidad regular con 46 puntos y el índice WQI establece calidad buena con 76 puntos; el estudio 5 indica BMWP/Col, indica calidad crítico con 28 puntos, el ABI indica calidad malo con 25 puntos y el índice WQI indica calidad pésima con 15 puntos; el estudio 6 establece calidad regular con 59 puntos y el índice ETP indica calidad regular con 40 puntos; el estudio 7 analizado en dos épocas con dos repeticiones indica: en la primera evaluación en la estación de lluvia muestra un valor de 57 puntos y en el segundo 56 puntos una calidad regular y en la estación seca en la

primera evaluación 50 puntos y el segundo 54 puntos calidad mala y regular. En cambio, el estudio 8 del año 2024 realizado en la época seca indica calidad mala con 49 puntos.

- El estudio 9, indica que se aislaron bacterias tolerantes a metales pesados como Hg, Cd, Cr y Pb. En estudio 10, indica que en el sector del parque se encontró tensoactivos como nitratos y fosfatos. En el estudio 11, según el índice de Brown establecen calidad pésima. El estudio 12, indican que los parámetros dentro de los límites permisibles son el DBO5 y DBO y fuera de la normativa se encuentran el color y la turbidez. En estudio 13, indica las bacterias patógenas como *Morganella morganii* y *Plesiomonas shigelloides* que afectan en la agricultura. El estudio 14, indica que los productos como lechuga, zanahoria, cebolla, papa maíz y brócoli se encuentran contaminación por microorganismos.
- En el ICA general desde el periodo 2013 al 2023: en estación seca la calidad de agua tiene una disminución en los 10 años analizados; y, en la estación de lluvia el caso es igual existe una disminución. En el año 2020 se presentan una disminución bastante significativa, debido al muestreo y las condiciones climáticas y en el año 2018 se evidencia un valor muy bajo de 15 de igual forma debido al punto de muestreo y condiciones climáticas.
- La variación entre la estación seca y lluvia es de 12.27 puntos; lo que indica que es mejor durante la época de lluvia. Entonces, el grado de contaminación de la cuenca del río Chibunga en estación seca es de 50 puntos y en estación lluvia es de 62 puntos lo que significa calidad regular en ambos casos.
- Los parámetros fuera de los límites máximos permisibles son aceites y grasas, detergentes, DBO₅, DQO, carbonatos, turbidez, bicarbonatos, fosfatos; y los

- parámetros que se ubican dentro de los límites son pH, coliformes fecales, OD, sulfatos, turbidez, plomo, nitrato, SDT y conductividad.
- En las entrevistas desarrolladas a las autoridades de MAATE, GADPCH y GADM entidades competentes en el cuidado del recurso hídrico indican que llevan a cabo programas por separado, sin embargo, manifiestan que es necesario unir fuerzas para poner fin a la contaminación de la cuenca del río Chibunga. Además, es necesario implementar educación ambiental a la sociedad y sobre todo que tomen conciencia sobre la afectación al recurso hídrico. Así también que el municipio debe tomar cartas en el asunto debido a que es su competencia directa y aplicar ordenanzas con fuertes sanciones a personas que causen un daño a la cuenca. En suma importancia aplicar proyectos de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con el fin de reducir y eliminar los contaminantes que se encuentran en las aguas servidas.
 - Los resultados de la evaluación de calidad de agua aplicados en diez puntos de la cuenca del río Chibunga, muestran valores BUENA al inicio a medida que el agua recorre por varios sitios la calidad se altera siendo REGULAR y llegando a ser de MALA calidad en varios puntos finales. El ICA total en el estudio es de MALA calidad con un valor de 49 puntos.
 - La cuenca del río Chibunga, se cataloga como uno de los ríos con mayor estrés hídrico del cantón Chimborazo, a causa de las actividades antrópicas. Las altas presiones sobre el recurso hídrico han provocado varios problemas como político, económico, social y ambiental. La aplicación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas o Watershed Sustainability Index (WSI), fue con el propósito de evaluar la sostenibilidad en la gestión del recurso hídrico, que muestren una gestión adecuada durante los últimos años. El resultado del índice WSI global de la cuenca del río Chibunga es de 0.55, lo que se califica como nivel de sostenibilidad intermedia; el

nivel calificado se debe a que en los cinco indicadores (Hidrología cantidad, calidad; medio- ambiente; vida y política) se existen debilidades como escasez hídrica, contaminación, actividades antrópicas, falta de políticas - acciones por las autoridades competentes, falta de recursos y personal capacitado en la gestión de cuencas.

Recomendaciones

- Existen, limitaciones para desarrollar estudios como falta de información y colaboración por las autoridades que velan por el manejo de recursos hídricos, en la actualidad la Dirección de Gestión Ambiental, apenas cuenta con la identificación de puntos críticos; es importante desarrollar estudios regulares, detallados sobre calidad de agua, estudios hidrológicos, estudios de impactos ambiental, cumplir con monitoreos continuos y evaluación, para contar con información adecuada y plantear estrategias necesarias para mitigar las fuentes de contaminación y lograr mejorar la salud del río.
- Para reducir o mitigar de impactos negativos de las actividades antrópicas en las cuencas hidrográficas, es esencial implementar prácticas sostenibles y programas de conservación. Esto incluye promover la reforestación, proteger las riberas y cuidar las áreas naturales. También es importante aplicar agricultura y ganadería sostenible; así como políticas de manejo de residuos y control de contaminación. Involucrar a las comunidades locales en la educación ambiental es fundamental para promover la conservación de los recursos naturales con un enfoque integral y colaborativo, asegurando así la funcionalidad de los recursos para las futuras generaciones.
- Dado que las autoridades competentes de las tres instituciones han identificado las necesidades, se recomienda unir esfuerzos para mitigar la contaminación de la cuenca del río Chibunga. Para ello, se propone la creación de una mesa de coordinación interinstitucional que facilite la colaboración y ejecución de programas y proyectos. Esta mesa permitirá una mejor gestión de los recursos y una toma de decisiones más efectivas.

- De acuerdo con las referencias consultadas, no existe antecedentes de aplicación de dicho índice en la cuenca del río Chibunga, por lo que la metodología propuesta podrá ser utilizada y aplicada en varios estudios que ayuden a determinar cuencas la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Referencias Bibliográficas

- Andrade, S., & Villalba, m. (20 de marzo de 2023). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de Evaluación de la contaminación provocada por actividades antropogénicas en el río Chibunga, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo :
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21337/1/236t0755.pdf>
- Aparicio, J., Jiménez, M., Guiltrón, A., & Hidalgo, J. (2013). Aplicación del índice de sustentabilidad WSI en la cuenca Lerma-Chapala. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 93-113.
- Araque, M. (Julio de 2019). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Cuencas hidrográficas:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19038/1/Cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas.pdf>
- Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación del impacto ambiental en proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia.
- Arias, M. (2006). *Indicadores para la sostenibilidad ambiental: Un enfoque de políticas públicas*. Editorial XYZ.
- Basantes, A. C. (8 de 6 de 2024). Uno de los ríos más contaminados del Ecuador gana un juicio y es declarado sujeto de derechos. *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/america-futura/2024-08-06/uno-de-los-rios-mas-contaminados-del-ecuador-gana-un-juicio-y-es-declarado-sujeto-de-derechos.html?utm>
- Basantes, L. (2024). Análisis de la calidad del agua en ríos urbanos de Ecuador: El caso del río Machángara. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Ambientales*, 19(2), 102-115.

- Calvo Bregnes, G. (Diciembre de 2019). *Tecnología en Marcha*. Obtenido de Nuevo índice para valorar la calidad de aguas superficiales en Costa Rica : <https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878600010.pdf>
- Castillo, O., Carrillo, L., Chimbo, E., Inca, J., Limaico, A., & Quishpe, D. (06 de Junio de 2014). *Universidad Nacional de Chimborazo*. Obtenido de Identificar los puntos de descarga de agua residuales a las fuentes superficiales “CASO RIO CHIBUNGA”.
- Cepeda, H. (29 de Julio de 2022). Obtenido de Método Del Flotador: Preparación de Un Flotador: <https://es.scribd.com/document/584708792/3>
- Chávez, L., & Allipaz, R. (2007). Índice de sostenibilidad del agua: un marco para la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Internacional de Estudios Hidrológicos*, 22(3), 89-105.
- Chicaiza, E.-D. (2019). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO*. Obtenido de Determinación de bacterias de interés clínico en productos agrícolas con riego del río Chibunga.
- CMMAD. (1987). *Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Revista Scielo*. Obtenido de Nuestro futuro común, Informe Brundtland, ONU.: <https://drive.google.com/file/d/1VHuacfetduxOc7DQz60qlemAfGbHdo5Y/view>
- Conessa- Vitora, V. (2011). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Obtenido de Asamblea Nacional del Ecuador: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

- Dávalos, F. (2024). Contaminación bacteriológica en ríos ecuatorianos, Evaluación y consecuencias para la salud pública. *Revista de Salud Ambiental*, 16(3), 45-60.
- Domingo Gómez , O., & Gómez Villarino, M. T. (2008). *Manual de evaluación de impactos ambientales*. Madrid: Mundiprensa.
- EP-EMAPAR. (2020). *BASES Y PLIEGOS-ANEXO TECNICO: ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, LEGAL Y FINANCIERA*. LOKALCONSULT.
- Ferraro, L., Ferrer, P., & Rodríguez, E. (2021). Contaminación del río de la Plata: Impacto de residuos industriales y domésticos. *Monitoreo y evaluación ambiental*, 193(4), 240-257.
- Figuerola, I., & Hidalgo, L. (22 de Marzo de 2022). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de ESTUDIO ISOTÓPICO DE LAS FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA, Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA: LÍNEA BASE : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17622/1/236T0621.pdf>
- Freire, R., Vallejo, M., Andrade, P., & Mejía, A. (Junio de 2020). *Revista Scielo*. Obtenido de EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHAMBO EN ÉPOCA DE ESTIAJE UTILIZANDO EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA ICA-NSF: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/perfiles/v1n23/2477-9105-perfiles-1-23-00054.pdf>
- GAD.RIOBAMBA. (2022). PLAN ESTRATEGICO DE DESARROLLO CANTONAL. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2030*. Obtenido de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2020 - 2030

- Godoy, J., López, F., & Pérez, M. (2020). Análisis de indicadores ambientales y su impacto en la política ambiental global. *Revista de Ciencias Ambientales*, 35(2), 112-130.
- Gómez, D., & Gómez, M. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental*. España: Ediciones Mundi Prensa.
- Gómez, M., Díaz, C., & López, A. (2020). Calidad del agua en la cuenca del río Chibunga, Chimborazo Un análisis preliminar. *Revista Ecuatoriana de Recursos Hídricos*, 22(1), 87-93.
- González - Marañón, A., Palacios - Mulgado, I., & Ábalos - Rodríguez, A. (14 de Diciembre de 2019). *Revista Cubana de Química*. Obtenido de Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica Guaos-Gascón de Santiago de Cuba: <https://www.redalyc.org/journal/4435/443562886010/html/>
- González, G., Ortega, O., Rojas, S. C., & M. (30 de Abril de 2021). *Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador*. Obtenido de <https://doi.org/10.4995/Ia.2021.13921>
- Guanga, E. (2023). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de Evaluación de la eficiencia de la especie *Phragmites australis* en el tratamiento de aguas dulces mediante humedales artificiales en el río Chibunga del cantón Riobamba.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/18492/1/20T01686.pdf>
- Guerrero, G. L., & Osejos, M. Á. (Junio de 2023). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*. Obtenido de Evaluación de Impactos Ambientales en El Río Jipijapa: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7612/11543>

- Guillén Ferraro, M. L., Cordovéz-Martínez, M., González-Romero, G. E., Mur-Caicedo, L., & Marcillo-Valencia, K. G. (31 de 01 de 2024). Bacterias multirresistentes en aguas de riego del río Chibunga, Chimborazo, Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 17(1), 16-25. doi:10.29166/revfig.v17i1.5793
- Jaque, E., & Potocí, C. (2015). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIBUNGA, EN VARIACIONES ESTACIONALES, PROVINCIA DE CHIMBORAZO – ECUADOR, DURANTE EL PERIODO 2014”.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4077/1/236T0132%20UDCTFCI.pdf>
- Jaramillo, S. (2017). Identificando a los protagonistas: el mapeo de actores como herramienta para el diseño y análisis de políticas públicas. *Gobernar: The Journal of Latin American Public Policy and Governance*.
- Kovács, Z., Király, B., & Tóth, G. (2018). Contaminación química en el río Danubio: un estudio de caso sobre pesticidas y vertidos industriales . *Contaminación ambiental*, 2(40), 478-485.
- Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. (05 de Agosto de 2014). *Asamblea Nacional* . Obtenido de <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

- Lima, T., Araujo, R., & Silva, M. (2019). El impacto de la contaminación en el río Tieté: Un análisis de residuos industriales y aguas residuales. *Revista Brasileña de Ciencias Ambientales*, 31(1), 22-37.
- MAATE. (Julio de 2022). *MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA*. Obtenido de GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE PEQUEÑA MINERÍA NO METÁLICA : https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/GUIA_no_metalicos.pdf
- Madhav, S. e. (12 de Octubre de 2019). *Springer Nature*. Obtenido de Contaminantes del agua: fuentes e impacto en el medio ambiente y la salud humana: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-0671-0_4#citeas
- Martínez, A., Torres, H., & Jiménez, R. (2020). El río Santiago: Un estudio sobre la contaminación por descargas industriales en México. *Revista de contaminación ambiental*, 18(2), 80-995.
- Martins, J. (18 de Febrero de 2024). *OSANA*. Obtenido de Mapa de actores - Stakeholders: <https://asana.com/es/resources/project-stakeholder>
- Morales Guamán, Y. (2023). La contaminación del río Chibunga y el Derecho al buen vivir de los habitantes del cantón Riobamba. *Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador*. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10937>
- OECD. (2003). Environmental Indicator: Development, measurement and use. París: OECD.

- ONU. (16 de Junio de 1972). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- ONU. (2023). *Naciones Unidas*. Obtenido de Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*17t57c*_ga*MTkwNjcwMjI1MC4xNzMyMDI3OTA1*_ga_TK9BQL5X7Z*MTczMjM4MDAyMy4yLjEuMTczMjM4MDA2OS4wLjAuMA..
- Pandit, P., Singh, A., & Sharma, R. (2020). Contaminación por metales pesados en los ríos Salween y Ganges en la India: un estudio de caso. *Revista asiática de ciencias ambientales*, 12(4), 215–229.
- Preciado, A., Gómez, R., & Torres, C. (2013). Políticas y estrategias para la sustentabilidad hídrica. *Editorial Hidrogestión*.
- Preciado, M., Aparicio, J., & Güitrón, A. (2013). *Revista Scielo*. Obtenido de Aplicación del índice de sustentabilidad WSI en la cuenca Lerma-Chapala: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v4n4/v4n4a6.pdf>
- Ramos, E. (2018). *UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO*. Obtenido de DESECHOS CONTAMINANTES E ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CHIBUNGA, CANTÓN RIOBAMBA, AÑO 2017.: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/802a5328-9666-40a3-8a9a-7f05404d6b4d/content>

- Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*.
- Ríos, J., Pérez, E., & García, V. (2021). contaminación del agua en el río Santiago, México: Una evaluación de las descargas industriales y los residuos sólidos. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(6), 363.
- Rodríguez, M., Herrera, P., & González, S. (2018). mpacto de la minería en la contaminación del río Lima, Perú: Análisis de metales pesados. *Revista de Geografía y Ciencias Ambientales*, 29(2), 153-162.
- Rodríguez, S., Rodríguez, M., Garcia, S., & Caina, D. (01 de 3 de 2025). *REVISTA INGENIO- Universidad Central del Ecuador*. Obtenido de Analysis of the Biodegradability Index of Organic Matter in the Water of the Machangara River in Quito City:
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/7376/9424>
- Salgado, C. (2018). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de EVALUACIÓN DE RESISTENCIA DE BACTERIAS A LOS METALES PESADOS, EN LA MICROCUENCA DEL RIO CHIBUNGA:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10243/1/236T0380.PDF>
- Sandoval, J., Pérez, M., & Ramírez, L. (2011). Gestión sostenible del agua en cuencas hidrográficas. *Revista de Recursos Hídricos*, 12(2), 45-60.
- Senent, J., Pérez, J., & Bielsa, A. (02 de Abril de 2016). *Tecnología y Ciencias del Agua*. Obtenido de Evaluación de la sostenibilidad de cuencas mediterráneas semiáridas. Caso de estudio: cuenca del Segura, España:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353545556005>

Soriano, L, Ruiz, Ma., & Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 99-112.

Toapanta, J. (2022). *Universidad Nacional de Chimborazo*. Obtenido de Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9009/1/Toapanta%20J%20%282022%29%20Tesis%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20en%20un%20tramo%20de%20la%20microcuenca%20del%20Ri%C3%B3%20Chibunga%20utilizando%20macroinvertebrados%20acuaticos%20como%20b>

Toledo, M. (2015). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4774/1/236T0141.pdf>

UNESCO. (2005). Hydrology for tehe environment, life and policy-HELP., (pág. 20). Paris.

UNESCO. (2014). *Estimación y validación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC) para la cuenca del río Reventazón. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 35*. Montevideo: (Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2014).

UNESCO. (2019). El río Nilo: desafíos ambientales y soluciones. *arís: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.

Vallejo, M., & Lara, M. (17 de Octubre de 2022). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*.

Obtenido de Tras la recuperación de la quebrada Machángara en Quito :

<https://doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.4891>

Veloz, N. (2018). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Obtenido de Estudio de los

factores condicionantes de contaminación que afectan la calidad del agua de la

microcuenca del río Chibunga – Chimborazo:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/95e99140-7964-4d44-9da7-b9eae4a3a0e1>

Veloz, N., & Carbonel, C. (2018). *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*.

Obtenido de Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-

Ecuador en variaciones estacionales, periodo 2013-2017:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15784/135>

20

Vinueza , D., Ochoa, V., Laurence, M., Tamayo , E., Mejía , L., Tejera , E., & Machado, A.

(.3 de Septiembre de 2021). Determinación de la contaminación microbiana y

química en los principales ríos del Ecuador. *Scientific Reports*, *11*(1), 17640.

doi:10.1038/s41598-021-96926-z