



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DEL ECOSISTEMA
HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL
PÁRAMO EN LA PARROQUIA RURAL QUIMIAG DEL CANTÓN
RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

DARWIN JAIR DAHUAS PALACIOS

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DEL ECOSISTEMA
HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL
PÁRAMO EN LA PARROQUIA RURAL QUIMIAG DEL CANTÓN
RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: DARWIN JAIR DAHUAS PALACIOS

DIRECTORA: ING. MARÍA SOLEDAD NUÑEZ MORENO MsG.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Darwin Jair Dahuas Palacios

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Darwin Jair Dahuas Palacios, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Aquellos textos de otras fuentes están correctamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos presentes en este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 6 de diciembre de 2023



Darwin Jair Dahuas Palacios

150086963-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DEL ECOSISTEMA HERBAZAL Y ARBUSTAL SIEMPREVERDE SUBNIVAL DEL PÁRAMO EN LA PARROQUIA RURAL QUIMIAG DEL CANTÓN RIOBAMBA**, realizado por el señor: **DARWIN JAIR DAHUAS PALACIOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Andrés Agustín Beltran Davalos, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-06
Ing. María Soledad Núñez Moreno, MsC. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-06
Ing. Juan Carlos González García, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-06

DEDICATORIA

A Dios quien me guía y fortalece en cada momento, que con su infinito amor y misericordia me ha permitido llegar hasta este momento lleno de alegría en mi vida. A mis padres Darwin y Enma quienes, con su esfuerzo y amor incondicional me han permitido hacer posible cumplir hoy una meta más, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hacen de mí una mejor persona. A mis hermanos y mis familias Dahuas - Palacios por ser una fuente de motivación e inspiración para poder superarme.

Gracias.

Darwin

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por sus bendiciones y a toda mi familia por estar siempre presentes. De igual manera a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la Facultad de Ciencias, de manera especial a todas las autoridades, docentes y técnicos que conforman el grupo de investigación GIAD, por abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su grupo. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi directora de trabajo de titulación la Ingeniera Soledad Núñez, quien con su dirección, asesoramiento y colaboración permitió el desarrollo de esta investigación.

Darwin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Pregunta de investigación.....	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Marco conceptual.....	6
2.2.1 <i>Recurso hídrico</i>	6
2.2.1.1 <i>Recursos hídricos en el Ecuador</i>	6
2.2.1.2 <i>Recurso hídrico de Quimiag</i>	6
2.2.1.3 <i>Consumo de los recursos hídricos</i>	7
2.2.2 <i>Análisis de la calidad del agua</i>	7
2.2.3 <i>Muestreo</i>	7
2.2.4 <i>Tipos de muestra</i>	7
2.2.4.1 <i>Muestra simple</i>	7
2.2.4.2 <i>Muestra completa</i>	8
2.2.5 <i>Índices para la evaluación del recurso hídrico</i>	8
2.2.5.1 <i>Índice del Uso del Agua (IUA)</i>	8

2.2.5.2	<i>Índice de Extracción de Agua Subterránea (IEAS)</i>	8
2.2.5.3	<i>Índice de Aridez (IA)</i>	8
2.2.5.4	<i>Índice de Calidad del Agua (ICA)</i>	9
2.2.5.5	<i>Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento Hídrico (IVH)</i>	9
2.2.6	<i>Ecosistema</i>	9
2.2.6.1	<i>Ecosistema del Ecuador</i>	9
2.2.6.2	<i>Ecosistemas en Chimborazo</i>	9
2.2.7	<i>Ecosistemas frágiles, servicios ambientales y territorio bajo conservación o manejo ambiental</i>	10
2.2.8	<i>Páramos</i>	11
2.2.8.1	<i>Función del páramo</i>	11
2.2.9	<i>Los páramos del Ecuador</i>	11
2.2.10	<i>Herbazal y Arbustal siempre verde subnival de Páramo (HsNn03)</i>	12
2.3	Bases conceptuales	13
2.4	Base legal	14
2.4.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	14
2.4.2	<i>Texto Unificado de la legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)</i>	16

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	17
3.1	Tipo de investigación	17
3.2	Diseño de la investigación	17
3.2.1	<i>No experimental</i>	17
3.3	Localización del estudio	17
3.4	Población de estudio y muestra	18
3.4.1	<i>Población</i>	18
3.4.2	<i>Muestra</i>	18
3.5	Técnicas de recolección de datos	19
3.5.1	<i>Técnicas</i>	19
3.5.2	<i>Materiales</i>	19
3.5.3	<i>Técnicas y métodos</i>	20
3.5.3.1	<i>Análisis bibliográfico</i>	20
3.5.3.2	<i>Caracterización del área de estudio</i>	20
3.5.3.3	<i>Análisis biofísico</i>	20
3.5.3.4	<i>Cálculo de los índices de evaluación del recurso hídrico</i>	22

3.6	Análisis estadístico	25
-----	----------------------------	----

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1	Resultados del análisis del componente biofísico de las fuentes de agua pertenecientes al ecosistema en la parroquia Quimiag	26
4.2	Resultados de la caracterización la diversidad biológica perteneciente al ecosistema establecido	28
4.2.1	<i>Flora</i>	28
4.2.2	<i>Fauna</i>	35
4.3	Resultado del análisis físicoquímicos y biológicos del agua	35
4.3.1	<i>Resultados del índice de calidad del agua</i>	45

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1	Conclusiones	47
5.2	Recomendaciones	48

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Ecosistemas de Chimborazo.....	10
Tabla 2-2: Ficha ecosistémica.....	12
Tabla 2-3: Extensión.....	13
Tabla 3-1: Formato etiqueta de muestra	22
Tabla 3-2: Parámetros para el análisis hídrico.....	22
Tabla 3-3: Categorías del índice IUA	23
Tabla 3-4: Categorías del índice IA	24
Tabla 3-5: Categorías del índice ICA	25
Tabla 4-1: Sistema de agua analizada.....	26
Tabla 4-2: Componente Biofísico analizado.....	27
Tabla 4-3: Fauna	35
Tabla 4-4: Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico	37
Tabla 4-5: Resultados del color real en las nueve muestras.....	38
Tabla 4-6: Resultados de Fluoruro en las nueve muestras.....	39
Tabla 4-7: Resultados del hierro total en las nueve muestras	40
Tabla 4-8: Resultados del potencial hidrógeno en las nueve muestras.....	41
Tabla 4-9: Resultados del oxígeno disuelto en las nueve muestras	42
Tabla 4-10: Resultados de la conductividad eléctrica en las nueve muestras.....	43
Tabla 4-11: Resultados de la turbiedad en las nueve muestras.....	44
Tabla 4-12: Resultados	45
Tabla 4-13: Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al modelo NSF.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Ubicación parroquia Quimiag.....	18
Ilustración 4-1: Resultados del color real en las nueve muestras	38
Ilustración 4-2: Resultados de Fluoruro en las nueve muestras	39
Ilustración 4-3: Resultados del hierro total en las nueve muestras.....	40
Ilustración 4-4: Resultados del potencial hidrógeno en las nueve muestras	41
Ilustración 4-5: Resultados del oxígeno disuelto en las nueve muestras.....	42
Ilustración 4-6: Resultados de la conductividad eléctrica en las nueve muestras	43
Ilustración 4-7: Resultados de la turbiedad en las nueve muestras	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

ANEXO B: RIO EN EL ECOSISTEMA HSNN03

ANEXO C: CAPTACIÓN DE AGUA DE LA PARROQUIA QUIMIAG

ANEXO D: OBSERVACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL AGUA EN EL ECOSISTEMA
HSNN03

RESUMEN

En el presente estudio, se evaluó el recurso hídrico del ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo en la parroquia rural Quimiag del cantón Riobamba. Por medio de la metodología de observación directa, se analizó el componente biofísico de las fuentes hídricas. En la caracterización de la diversidad biológica se empleó el método de revisión bibliográfica basado en fuentes de libros, páginas web y PDyOT; Se aplicó un diseño no experimental, con 9 muestras de agua para ser enviados al laboratorio de TOX-CHEM y se evaluaron 22 parámetros fisicoquímicos. Se observó que la muestra de aceite y grasas tuvo un resultado menor a 0,3 mg/L y el cromo hexavalente arrojó valores inferiores a 0,05 mg/L, en DQO las muestras cumplen con la normativa obteniendo resultados menores al límite máximo permisible de <4 mg/L, similar al DBO₅ que se encontraron valores inferiores a los permitidos por la norma NTE INEN 1108:2014, en nitritos y nitratos con <0,012 y <2,5 mg/L, los sulfatos tuvieron valores menores a 5 mg/L, lo mismo sucedió con el cloro residual, Fenoles y Amoniaco. En Solidos Suspendidos Totales tuvieron un nivel inferior al incremento de 10% de la condición natural. Dentro de los parámetros microbiológicos las Coliformes fecales fueron menores a 1 NMP/100mL, por lo que, la calidad del agua es buena y se considera apta para el consumo humano. El color real, fluoruro, hierro total, potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y turbiedad mostraron una leve variación en sus resultados. Sin embargo, no afecta en la calidad de agua, ya que, se encontraron dentro del límite permisible de acuerdo con la Norma. Se concluye, que el recurso hídrico analizado es una fuente de agua de alta calidad, y que a sus alrededores no se encuentra ninguna zona industrial ni residencial, lo que contribuye a la conservación del recurso hídrico.

Palabras clave: <RECURSO HIDRICO>, <PARAMETROS FISICO-QUIMICOS>, <PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS>, <NORMATIVA>, <CALIDAD DEL AGUA >, <DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO>, <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO>.

2188-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

In this research, the water resources of the ecosystems Herbazal and Arbustal evergreen sub-level of the tundra of Quimiag town in Riobamba were evaluated. Through direct observation methodology, the biophysical component of the water sources was analyzed. A non-experimental design was applied, with 9 water samples to be sent to the TOX-CHEM laboratory, and 22 physicochemical parameters were evaluated. It was observed that the oil and grease sample had a result lower than 0.3 mg/L and hexavalent chromium yielded values lower than 0.05 mg/L. In COD, the samples comply with the regulations obtaining results lower than the maximum permissible limit of <4 mg/L. Similar to BOD5, values lower than those allowed by the NTE INEN 1108:2014 standard were found. In nitrites and nitrates with <0.012 and <2.5 mg/L, the sulfates had values lower than 5 mg/L. The same was true for residual chlorine, phenols, and ammonia. Total Suspended Solids had a level lower than the 10% increase of the natural condition. Among the microbiological parameters, fecal coliforms were less than 1 NMP/100mL, so the water quality is good and is considered suitable for human consumption. The actual color, fluoride, total iron, hydrogen potential, dissolved oxygen, electrical conductivity, and turbidity showed a slight variation in their results. However, this does not affect water quality, since they were within the permissible limit according to the Standard. It is concluded that the water resource analyzed is a high-quality water source and that no industrial or residential area in the surrounding area contributes to the conservation of the water resource.

Keywords: <WATER SOURCE>, <PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS>, <MICROBIOLOGICAL PARAMETERS>, <RULES>, <WATER QUALITY>, <BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND>, <CHEMICAL OXYGEN DEMAND>.

2188-DBRA-UPT-2023



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez

0603877713

INTRODUCCIÓN

A diferencia de muchos otros recursos, el agua es uno de los recursos naturales esenciales para el desarrollo de la vida humana, en comparación de la mayoría de los recursos naturales, el agua dulce tiene la sorprendente propiedad de renovarse constantemente a lo largo del ciclo del agua. El siguiente estudio busca evaluar el recurso hídrico del ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo en la parroquia rural Quimiag del cantón Riobamba.

En la parroquia sujeta al estudio la contaminación de los ríos y el deterioro de las zonas de recarga hídrica produce la reducción de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, esto es provocado por la intervención humana por vías como la agricultura, ganadería; así también como incendios, deforestación, introducción de especies y migración de comunidades a los páramos. Este problema surge por la mala planificación territorial y el manejo inadecuado de la tierra, lo que genera pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos y fuentes de agua (Nieto, 2013, pp. 13-34).

En Ecuador existe poca investigación sobre la evaluación del recurso hídrico en el Páramo, pero en los últimos años se han realizado estudios en la parte sur del territorio del país evaluando la importancia del recurso hídrico en la conservación y protección del agua, investigar sobre el recurso hídrico nos permite obtener información sobre la cantidad, calidad, distribución, acceso y gestión de los recursos hídricos del ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo, para poder planificar, aprovechar y mantener proyectos hídricos como el abastecimiento de agua potable y canales de riego.

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental porque la investigación se realiza por observación, sin interferir ni manipular el objeto de investigación y se clasifica de tipo descriptiva porque a partir de datos recopilados a nivel de campo se establecen las características del lugar de estudio y de las principales fuentes hídricas.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La Organización de las Naciones Unidas (2015, p.1) afirma que los recursos hídricos son uno de los elementos básicos para el desarrollo de la vida; Las aguas subterráneas y superficiales son recursos naturales aprovechables para el desarrollo humano y el crecimiento de la flora y la fauna, sin embargo, la insuficiente distribución por la alta demanda de este recurso plantea el problema de su manejo y calidad a nivel mundial.

Jaramillo y Merchán (2018, p. 1) mencionan que la Sierra o región interandina está definida por la Cordillera de los Andes, sus condiciones climáticas, topográficas y el curso de los ríos la convierten en un ciclo hidrológico dinámico y rico que tiene un alto potencial para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad y el entorno. Sin embargo, su persistencia en el tiempo está sujeta a influencias y tensiones tales como: cambio climático, intensificación de los fenómenos de El Niño y La Niña, nuevas formas de explotación, explotación masiva de los recursos ambientales, crecimiento de la población y sus actividades.

En la parroquia de Quimiag el deterioro de las zonas de recarga hídrica y la contaminación de los ríos conllevan a una reducción en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, esta situación es provocada por la intervención humana a través de la agricultura y ganadería en los suelos del páramo, incendios, deforestación, introducción de especies, desplazamiento de comunidades en las partes altas de la montaña, etc. Este problema surge por la mala planificación territorial y el manejo inadecuado de la tierra, lo que genera pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos y fuentes de agua (Nieto, 2013, pp. 13-34).

La falta de información sobre la cantidad, calidad, distribución, acceso y gestión de los recursos hídricos del ecosistema Herbazal y Arbustal Siempreverde subnival del Páramo en la parroquia de Quimiag complica la planificación y aprovechamiento de los recursos hídricos, lo que afecta en gran medida el diseño, operación y mantenimiento de los proyectos hídricos (abastecimiento de agua potable, canales de riego, etc.). Este problema afecta al municipio de Quimiag y se encuentra muy extendido en diferentes regiones de nuestro país.

1.2 **Objetivos**

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el recurso hídrico del ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del páramo en la parroquia rural Quimiag del cantón Riobamba.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el componente biofísico de las fuentes de agua pertenecientes al ecosistema en la parroquia Quimiag.
- Caracterizar la diversidad biológica perteneciente al ecosistema establecido.
- Determinar el estado actual del recurso hídrico de acuerdo con los resultados obtenidos.

1.3 **Justificación**

El agua, a diferencia de muchos otros, es uno de los recursos naturales indispensables para el desarrollo de la vida humana. El agua dulce, a diferencia de la mayoría de los recursos naturales, tiene la asombrosa propiedad de ser constantemente regenerada por su ciclo del agua. El 68% de la microcuenca del río Blanco que es un influente importante para la parroquia Quimiag está cubierta por páramos y bosques, los cuales forman los dos ecosistemas principales para la regulación del agua y la conservación de la biodiversidad.

La capacidad regenerativa del agua ha creado una falsa percepción de que el agua es inagotable, y la sociedad humana está comenzando a reconocer señales de que el recurso está bajo peligro. Apareciendo la falta de uso adecuado y conocimiento en el tratamiento de los residuos vertidos en el mismo.

La creciente escasez de agua requiere que los recursos hídricos sean evaluados en sus dimensiones reales para obtener información confiable sobre el estado y evolución de los recursos hídricos y así anticiparse a las necesidades provocadas por el cambio climático y/o las actividades humanas. La evaluación de los recursos hídricos del ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde Subnival del Páramo en la parroquia de Quimiag, servirá para planificar y diseñar proyectos de suministro de agua en los diferentes ámbitos, uso doméstico, agrícola, y servir de base para la hidrología, es decir, como medio necesario para formular, implementar y controlar las políticas de desarrollo

en todos los sectores directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos.

1.4 Pregunta de investigación

¿La evaluación del recurso hídrico del ecosistema Herbazales y Arbustos Siempreverdes Subnival del Páramo de la parroquia de Quimiag permite el mejor aprovechamiento de este?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En el Ecuador existen pocos estudios sobre la evaluación del recurso hídrico en Páramo, sin embargo, en los últimos años se han realizado estudios en la zona sur del territorio del país, estimando la importancia del recurso hídrico para la conservación y protección de las fuentes hídricas.

En Ecuador, el Páramo cubre alrededor de 1.250.000 hectáreas, lo que representa alrededor del 6% del territorio nacional. En estos ecosistemas, debido a la textura espesa y muy densa del suelo, la saturación de agua da como resultado una zona totalmente impermeable y mal drenada que afecta directamente a la vegetación, provocando la inundación de zonas de agua corriente o turberas y zonas de agua estancada conocidas como pantanos (1, Zurita et al., 2021, p.798).

Las superficies de los Páramos se caracterizan principalmente por la vegetación natural en la provincia de Chimborazo, el 36,9% de su extensión territorial está constituida por este bioma, siendo los Páramos la cobertura dominante y el 17,7% del total de superficie de páramo a nivel nacional.

A pesar de las severas condiciones, algunas especies han logrado desarrollarse soportando el clima propio de las montañas altas, como es el ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo, que se encuentra entre los 4.100 y 4.500 msnm, con un ambiente extremo subnival que se agudiza al incrementar la elevación, llegando al congelamiento y descongelamiento del agua en el suelo, por este motivo la vegetación es fragmentada, alcanzando alturas de 1,5 m (MAE, 2013, p.1). Su importancia radica en la diversidad endémica que presenta, ya que algunas de estas especies brindan servicios ecosistémicos como regulación y abastecimiento de agua, almacenamiento de carbono y mitigación del cambio climático, sin embargo, enfrenta fuertes amenazas antropogénicas que amenazan su conservación (Ati, 2021, p.1).

Por lo que se requiere evaluar los recursos hídricos del ecosistema Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo, ejecutado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para lo cual se desarrollará un análisis al componente biofísico de los recursos hídricos identificados. Además, se determinará los índices para la evaluación del recurso agua.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Recurso hídrico

El recurso hídrico de un área es la cantidad de agua disponible para la población de esa área durante un período de tiempo determinado. El término incluye las reservas hidráulicas de la cuenca, incluidas las fuentes superficiales y subterráneas. Los recursos hídricos pueden ser utilizados para consumo humano, riego, energía, transporte, pesca, turismo, etc. Por lo tanto, su uso para uno de estos fines puede reducir su uso para otros fines, sujeto a limitaciones (Peralta, 2017, p.13).

2.2.1.1 Recursos hídricos en el Ecuador

El estado de Ecuador reconoció el agua como un recurso renovable a través de su constitución de 2008. El agua es considerada un recurso indispensable, no sólo por ser un derecho fundamental, sino también por ser un elemento esencial de la biosfera. Su uso permite diversas acciones y actividades productivas (Muñoz, 2021, p.41).

Ecuador es el país con mayor número de ríos por unidad de superficie en el mundo, con 289.000.000.000 m³/año de recursos hídricos en sus cauces, lagos y embalses, ubicados en dos grandes vertientes: 72 cuencas en el Océano Pacífico y 7 en la oriental o vertientes amazónicas una cuenca hidrológica. Aunque la superficie de las dos vertientes es relativamente similar (48,62% y 51,38% de la superficie del país, respectivamente), el potencial hídrico entre las dos vertientes es muy diferente, ya que la vertiente oriental concentra las 3/4 partes de los recursos hídricos del país. , y la población más concentrada de la vertiente oriental se ubica en la vertiente del Pacífico. , el 87% de los 16.755.452 habitantes se ubican en la vertiente del Pacífico, lo que ejerce mayor presión y demanda sobre los recursos naturales de la región (Padrino, 2021, p.1).

2.2.1.2 Recurso hídrico de Quimiag

Riobamba es el tercer estado en cuanto a concesiones y caudales autorizados, destacando el sistema de riego Guarguallá-Licto con un caudal de 1.300 l/s y el aprovechamiento de agua de los ríos Blanco o Collanes con un caudal de 1.160 l/s. Inventario de recursos hídricos, algunos de los sistemas hídricos de la parroquia de Quimiag están afectados por las aguas de la microcuenca Río Blanco y las aguas del Río Chambo, que son los principales cuerpos de agua de nuestro territorio, como se muestra en la Recursos Hídricos Provinciales de Chimborazo elaborados por el Gobierno

Provincial de Chimborazo Descripción observada en matriz de inventario (PDOT Quimiag, 2021, p.27).

2.2.1.3 Consumo de los recursos hídricos

La mayor parte del uso del agua en Ecuador es para riego, representando aproximadamente el 80% del uso total del agua; sin embargo, las pérdidas en las áreas de captación, conducción primaria, secundaria y terciaria, y áreas de parcela resultan en eficiencias que varían entre el 15% y el 25% (Rediris, 2020, p.1).

2.2.2 Análisis de la calidad del agua

La calidad del agua está definida por características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas, las cuales se evalúan mediante el análisis de diversos parámetros, cuyos resultados se comparan con valores de referencia que dependen del uso, aprovechamiento y conservación del recurso (ENCA, 2022, p. 32). La Constitución de la República del Ecuador (2008) y LORHUYA (2014) reconocen el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos. Las principales prioridades para el uso del agua son el consumo humano, la soberanía alimentaria, los caudales ecológicos, y el riego para la producción agrícola, la acuicultura, la agroindustria de exportación, y las actividades turísticas, la energía hidroeléctrica y la energía hidrotermal. Cada uno de estos usos y desarrollos requiere una calidad de agua específica para que los recursos hídricos disponibles cumplan su función y propósito (ENCA, 2022, p.33).

2.2.3 Muestreo

En cuanto a la toma de diferentes muestras, dependerá del procedimiento analítico utilizado y el propósito del análisis, por lo que es necesario asegurar el cumplimiento de diferentes normas nacionales e internacionales. Las técnicas de adquisición y preservación son importantes porque permiten la precisión y exactitud de los datos obtenidos en la prueba (Mejía, 2020, pp. 6-7).

2.2.4 Tipos de muestra

2.2.4.1 Muestra simple

Las muestras simples son muestras recolectadas en un lugar y momento específicos para su análisis individual. Cuando existan múltiples puntos de vertido, se relacionará con una muestra

simple constituida por un volumen proporcional al caudal en cada punto. Este tipo de muestra es adecuada para evaluar la calidad del agua. Para recolectar muestras, use un muestreador, para aguas subterráneas o superficiales, o por balde (Mejía, 2020, pp. 6-7).

2.2.4.2 Muestra completa

Es el resultado de una combinación o colección de muestras simples tomadas en un mismo punto en diferentes momentos. Este tipo de muestra se utiliza como estándar para diferentes análisis y se recolecta en un período de más de 24 horas. Se debe considerar que, para cumplir con el volumen de agua, cada muestra simple debe ser proporcional al caudal de salida en el momento del muestreo (Mejía, 2020, pp. 6-7).

2.2.5 Índices para la evaluación del recurso hídrico

Los principales indicadores de evaluación del recurso hídrico expuestos por Cabrera et al. (2018, págs. 45-47) son:

2.2.5.1 Índice del Uso del Agua (IUA)

Se refiere a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios en un período determinado (anual, mensual) y una unidad espacial de análisis (área, zona, etc.) en relación con la oferta de agua superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espacio.

2.2.5.2 Índice de Extracción de Agua Subterránea (IEAS)

Mide el nivel actual de intensidad de uso del suministro renovable de agua subterránea de un acuífero o sistema acuífero. Varía entre 0 y 100%. Cuanto mayor sea la intensidad de uso. Se calcula anualmente.

2.2.5.3 Índice de Aridez (IA)

Mide el grado en que la precipitación es suficiente o insuficiente para mantener el ecosistema de un área. Varía entre 0 y 1. Cuanto mayor sea el número, mayor será el déficit de precipitación.

2.2.5.4 Índice de Calidad del Agua (ICA)

Representa las condiciones de la calidad física, química y bacteriológica de un proceso o cuerpo de agua. Varía entre 0 y 1. Cuanto mayor sea la calidad del agua, mejor. Se calcula anualmente.

2.2.5.5 Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento Hídrico (IVH)

Representa la vulnerabilidad de los sistemas de agua para mantener el suministro de agua, lo que puede crear los siguientes déficits de riesgo cuando se enfrentan a la amenaza de una sequía prolongada o eventos como el Calentamiento del Pacífico/El Niño.

2.2.6 Ecosistema

Los ecosistemas son sistemas complejos como bosques, ríos o lagos, formados por un conjunto de elementos fisicoquímicos (biomas) y elementos biológicos (biomas o biomas), y las interacciones entre los seres vivos y su entorno físico. En otras palabras, un ecosistema es una unidad compuesta por factores bióticos (o componentes vivos como plantas y animales) y factores abióticos (componentes sin vida como minerales y agua) en los que hay importantes interacciones, flujos de energía y materia (Valencia, 2020, p.1).

2.2.6.1 Ecosistema del Ecuador

El ecosistema diverso de Ecuador es de alto valor turístico debido a su proximidad a las principales ciudades ecuatorianas. Comprender cómo funcionan, su ubicación, su flora, la composición de su paisaje, su geografía, hace del turismo un precursor para mejorar la vida de los habitantes de los recursos naturales de Ecuador (Ecotec, 2018, p.1).

2.2.6.2 Ecosistemas en Chimborazo

En Chimborazo, este ecosistema está compuesto por las siguientes formaciones: Bosque Siempreverde de Páramo, Pastizales Húmedos Altos Montañosos de Páramo, Pastizales Inundables de Páramo, Pastizales y Arbustos Subnivales Siempreverdes de Páramo, Pastizales Subnivales Húmedos de Páramo, Pastizales Subnivales de Páramo Ultrahúmedos y Arbustos Semicaducifolios del norte de los valles, que se encuentra bajo protección como ecosistema representativo (Lozano, 2021, p.315).

Tabla 2-1: Ecosistemas de Chimborazo

Nombre del Ecosistema	Extensión (ha)
Arbustal siempre verde montano del norte de los Andes	14752.7
Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo	26103.3
Arbustal y bosque semideciduo del Norte de los Vallés	52347.5
Bosque siempre verde del Páramo	1788.3
Bosque siempre verde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	9571.1
Bosque siempre verde montano alto del norte de la Cordillera Oriental de los Andes	13217.6
Bosque siempre verde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	9349.1
Bosque siempre verde Montano bajo de Cordillera Occidental de los Andes	4574.1
Bosque siempre verde montano de Cordillera Occidental de los Andes	20102.1
Bosque siempre verde montano del norte de la Cordillera Oriental de los Andes	16.1
Bosque siempre verde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes	6096.5
Bosque siempre verde piemontano de Cordillera Occidental de los Andes	7556.5
Herbazal de Páramo	201194
Herbazal Húmedo montano alto superior del Páramo	10937.3
Herbazal Húmedo subnival del Páramo	2315.9
Herbazal inundable del Páramo	80.5
Herbazal Ultrahúmedo subnival del Páramo	3632.1
Herbazal y Arbustal siempre verde subnival del Páramo	25368.5
Total	411327

Fuente: Prefectura de Chimborazo, 2021.

Realizado por: Dahuas, D., 2023

2.2.7 Ecosistemas frágiles, servicios ambientales y territorio bajo conservación o manejo ambiental

Los bosques de páramo y los bosques naturales son ecosistemas frágiles, lamentablemente vulnerables a prácticas de manejo que conducen a cambios en la cobertura y uso del suelo. Gran parte de los páramos y bosques nativos de la provincia se encuentran bajo presión por la práctica generalizada de agricultura, ganadería y reforestación de especies introducidas, considerando que el 47% de la superficie terrestre de la provincia constituye la regulación que provee agua para microcuencas, poblaciones, sistemas de riego, etc. y los ecosistemas involucrados en el

suministro de agua, estas prácticas han recordado a las comunidades la importancia de los proyectos de conservación y restauración (PDOT Chimborazo, 2020, p.82).

2.2.8 Páramos

Es un ecosistema único en las montañas tropicales de los Andes del norte en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, con una pequeña extensión en Costa Rica. En Ecuador, los páramos cubren aproximadamente 1.260,00 hectáreas, equivalentes al 5% de la extensión territorial. El clima típico presenta estacionalidad diaria, es decir, "noches de invierno y noches de verano". Los días son generalmente fríos y los cambios diurnos son significativos. El clima determina los tipos de vegetación, caracterizados principalmente por arbustos, pastizales y cojines. La fauna es relativamente escasa (Esparza, 2017, p.7).

2.2.8.1 Función del páramo

Según Landa y Tituaña (2019, p.7) los páramos cumplen las siguientes funciones:

- Poseen un significativo valor científico y ecológico por su flora, avifauna endémica y su paisaje único.
- Desempeñan un importante rol en la producción agrícola, pecuaria y forestal.
- Constituyen la fuente de agua potable para consumo humano, son considerados como fábricas de agua puesto a que retienen y almacenan el agua de lluvia.
- Los suelos que conforman los páramos tienen propiedades especiales, están compuestos de materia orgánica que no se descompone rápidamente, actúa como una esponja y absorbe agua del deshielo, la lluvia y otras fuentes.
- Se puede apreciar que las propiedades del páramo lo convierten en un recurso no renovable único, sin embargo, se ha debatido su existencia y de él depende el uso y ocupación del suelo del país (Muñoz, 2020, p.45).

2.2.9 Los páramos del Ecuador

El páramo en el país se ubica entre los 3.200 y 4.700 metros sobre el nivel del mar (límite inferior del glaciar o fondo de hielo). Gran parte de Ecuador es húmedo. La precipitación anual está entre 500 y 2.000 mm (impactos sobre la vegetación natural y el crecimiento de los pastos). En general, la Cordillera Media recibe más precipitaciones que la Cordillera Occidental.

Dentro de Ecuador, Páramo cubre aproximadamente 1.250.000 hectáreas, o aproximadamente el 7% del territorio, que se extiende desde la frontera norte con Colombia hasta la frontera sur con Perú. Numéricamente, este ecosistema que recorre el corredor andino tiene 600 kilómetros de largo y unos 180 kilómetros de vértebra andina. Ante este panorama, lo cierto es que Ecuador es el país con mayor extensión total y lamentablemente menos del 40% del ecosistema está protegido oficialmente (Lozano, 2021, p. 314).

Los páramos del Ecuador no son homogéneos. Los factores que diversifican la vegetación son el suelo y los factores meteorológicos (temperatura, precipitación, evapotranspiración y viento), que generan una amplia gama de microclimas y zonas de vida (Camacho, 2013, p. 79). Además, Paramus es un importante sumidero de carbono (C), que almacena seis veces más C que los bosques tropicales (Chuncho, 2019, p.72).

2.2.10 *Herbazal y Arbustal siempre verde subnival de Páramo (HsNn03)*

El pastizal se mezcla con arbustos esclerófilos semi-rastreros, con una altura de entre 0,5 y 1,5 m, y es más común en morrenas, círculos de hielo, barrancos rocosos, depósitos glaciares y pendientes arenosos pronunciados o barrancos estrechos. El ecosistema se caracteriza por una vegetación fragmentada con suelo desnudo entre los parches de vegetación ubicados en las cumbres más altas de las montañas, formando un sistema insular confinado al norte del Ecuador, que se desarrolla en el estrato altitudinal, conocido como “superpáramo” y mostrando algunos cambios de elevación (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

Características

Tabla 2-2: Ficha ecosistémica

HsNn03 Herbazal y Arbustal siempreverde subnival del Páramo	
Clasificación	Formación vegetal/ecosistema
Valencia et al., 2018	No reconoce
Similitud	CES409.096 Arbustales bajos y matorrales altoandinos paramunos. CES409.122 Matorrales edafoxerófilos en cojín altoandinos paramunos
Factores diagnósticos:	
Fisonomía: arbustiva y herbácea	
Bioclima: pluvial, Ombrotipo (Io): hiperhúmedo, ultrahúmedo	
Biogeografía: Región: Andes, Provincia: Andes del Norte, Sector: Páramo	
Fenología: siempreverde	
Piso bioclimático: Subnival (4100-4500 msnm), Termotipo (It): supratropical, orotropical	
Geofoma: Relieve general: De montaña, Macrorrelieve: Cordillera, Mesorelieve: Relieves montañosos, Cimas	
Inundabilidad general: Régimen de Inundación: no inundable	

Fuente: Prefectura de Chimborazo, 2021.

Realizado por: Dahuas, D., 2023

Especies diagnósticas:

Arcytophyllum capitatum, Calamagrostis intermedia, Chuquiraga jussieui, Diplostephium rupestre, Drabaaretoides, D.depresa, Festuca asplundii, Gentiana sedifolia, Lachemilla nivlais, L. vulcania, Loricaria spp., Luzula racemosa, Poa cucullata, Valeriana microphylla, Xenophyllum humile, X. rigidum. Entre las especies de cojín están Azorella aretioides, A. crenata, Plantago rígida (Sistema de Clasificación de Ecosistemas, 2020, p.147).

Referencias geográficas:

Imbabura: volcanes Imbabura y Cayambe; Pichincha volcanes Pichincha y Rumiñahui; Cotopaxi; El Corazón, los Ilinizas; Chimborazo: volcanes El Altar, Chimborazo y Carihuairazo; Azuay: Cerro Arquitecto (Sistema de Clasificación de Ecosistemas, 2020, p.147).

Tabla 2-3: Extensión

Nombre del Ecosistema	Extensión (ha)
Herbazal y Arbustal siempre verde subnival del Páramo	25368.5

Fuente: Prefectura de Chimborazo, 2021.

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

2.3 Bases conceptuales

Caracterización del agua: Identificación y cuantificación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Gil, 2019, p.1).

Caracterización microbiológica: Las bacterias, coliformes totales, etc. se cuantifican mediante métodos estándar de análisis de agua potable y aguas residuales. (TORRES et al., 2019: p.61).

Carbono Orgánico Total: El carbono forma parte de la materia orgánica de las aguas superficiales (PTR-ES, 2007, P.1).

Caudal: La cantidad de fluido que fluye a través de una sección por unidad de tiempo (S&P, 2017, p1.).

Ecosistema: Es un sistema que consiste en un grupo de organismos, el ambiente físico (hábitat) en el que viven, y las relaciones bióticas y abióticas que se establecen entre ellos (Concepto. De, 2022, p.1).

IA: Mide el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región (Cabrera et al., 2018, pp. 45-47).

ICA: Representa las condiciones de calidad física, química y bacteriológica de un curso o cuerpo de agua (Cabrera et al., 2018, pp. 45-47).

IEAS: Mide el nivel actual de intensidad de uso que se hace de la oferta renovable de aguas subterráneas de un acuífero o sistema acuífero (Cabrera et al., 2018, pp. 45-47).

IUA: Permite determinar la presión por uso en relación con la oferta disponible de agua (Cabrera et al., 2018, pp. 45-47).

IVH: Representa la vulnerabilidad de los sistemas de agua para mantener el suministro de agua (Cabrera et al., 2018, pp. 45-47).

Páramo: En el páramo predomina la vegetación de tipo arbusto o matorral, vegetación baja y sin árboles, por eso también son llamados regiones de matorral de montaña (ABAMBARI, 2010, p.1).

Recurso hídrico: Son sedimentos de agua dulce, en diferentes estados físicos, a disposición del ser humano para determinadas necesidades (Concepto. De, 2022, p.1).

2.4 Base legal

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, publicada mediante Registro Oficial No. 449 el 20 de octubre del 2008 garantiza sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución, dentro de los cuales está el derecho humano al agua para sus habitantes, planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al Buen Vivir (MAE, 2016, pp.12-14).

La Constitución de la República del Ecuador trata la problemática de la calidad del agua desde varias perspectivas, que se presentan adelante, de forma resumida:

TITULO II DERECHOS Capítulo primero Principios de aplicación de los derechos

Según los Art.10, 57, 58, 59, 71, 171, 276, 335, 398, 403, 416 en la Constitución de la República del Ecuador; el agua como parte de la cultura de las comunidades se la debe respetar al igual que la naturaleza y sus derechos, con la finalidad de preservar un ambiente sano (MAE, 2016, pp.12-95). El agua al ser un derecho para las comunidades, los pueblos y nacionalidades ancestrales reconocen y garantiza usar, administrar y beneficiarse de los recursos naturales renovables existentes en sus tierras (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp.13-95).

TITULO II DERECHOS. Capítulo segundo Derechos del buen vivir

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp.13-95).

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp.13-95).

TITULO II DERECHOS Capítulo sexto Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

1. El derecho a la inviolabilidad de la vida. No habrá pena de muerte.
2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad y otros servicios sociales necesarios (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp.13-95).

TÍTULO VI RÉGIMEN DE DESARROLLO Capítulo cuarto Soberanía económica

Art. 318-3 y 411-2.- se señala que los recursos hídricos se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación, además se menciona que la sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp.13-95).

2.4.2 Texto Unificado de la legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)

Dentro de la normativa aplicable, se encuentra el TULSMA, donde se considera el libro VI anexo I: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA, la cual está constituida por normas y estándares mínimos que regulan la calidad del agua de consumo humano y las diferentes actividades que involucran el recurso.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general (TULSMA., 2015).

Esta norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua (TULSMA., 2015).

Los parámetros que posee el agua cruda o de captación para consumo humano y uso doméstico, serán comparados con lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) del Libro VI. Anexo I, y deberán cumplir con los límites establecidos.

Los parámetros se muestran en el Anexo A de Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La siguiente investigación según el método utilizado es cuantitativa; Los cálculos numéricos utilizados para evaluar los recursos hídricos de los ecosistemas herbazal y arbustivo subnival siempreverde del Páramo permitirán una mejor planificación en el futuro.

Según el objetivo es del tipo aplicada, porque da a conocer los recursos hídricos del ecosistema Herbazal y Arbustal Siempreverde Subnival del Páramo para planificar mejor su aprovechamiento.

Según el nivel de profundización del conocimiento, esta investigación se clasifica como una investigación de tipo descriptiva porque a partir de datos recopilados a nivel de campo se establecen las características del lugar de estudio y de las principales fuentes hídricas.

Según la manipulación de variables, el diseño de investigación correspondiente al proyecto es no experimental porque la investigación se realiza por observación, sin interferir ni manipular el objeto de investigación.

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 *No experimental*

3.3 Localización del estudio

La parroquia de Quimiag está ubicada en la parte nororiental del cantón de Riobamba, Chimborazo, entre los 78° 33' 50" de longitud oeste y los 1° 39' 11" de latitud sur, a una altitud de 2400 msnm - 5,31 9 msnm.

3.5 Técnicas de recolección de datos

3.5.1 Técnicas

a) Observación directa

Se aplicó en la fase de planificación a través de visitas de campo que permitieron determinar los diferentes recursos hídricos del ecosistema Herbazal y Arbustal subnival siempreverde del páramo en la parroquia de Quimiag.

b) Análisis de documentos

A través de la bibliografía recopilada en medios tanto digitales como físicos se estableció un método de evaluación hídrica.

c) Trabajo en campo

Se llevó a cabo visitando el área de estudio para comprender el problema y obtener datos relevantes para la investigación.

3.5.2 Materiales

De campo

- Imágenes satelitales Google Earth
- GPS (Sistema de posicionamiento global)
- Cámara fotográfica
- Cronómetro
- Cuaderno de campo para la recolección de información primaria
- Tablero y Planillas de registro para la evaluación de fuentes de agua
- de laboratorio
- Cooler
- Botellas plásticas

De laboratorio

- Se realizará el análisis de agua en los laboratorios de TOX-CHEM

3.5.3 Técnicas y métodos

3.5.3.1 Análisis bibliográfico

Comprendió desde la recopilación de información secundaria, referente a datos climáticos como precipitaciones, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar, de registros históricos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), mapas y fotografías aéreas, información de recursos hídricos.

3.5.3.2 Caracterización del área de estudio

Involucró los límites espaciales y geográficos del área a estudiar, la definición de puntos de muestreo para la determinación de caudales y la evaluación de la calidad del agua.

3.5.3.3 Análisis biofísico

Aforo de caudales

Correspondió a una medida de flujo circulante a través de una sección en un momento dado. La elección del método dependió del volumen a medir y de las condiciones en las que se debe realizar la medición, así como de la precisión deseada.

Análisis de la calidad del agua

a) Recolección de muestras de agua

Fases de la recolección

1. Plan de muestreo

- Programa de Monitoreo
- Recursos para ejecución del muestreo
- Recolección de datos y muestras en campo

- Laboratorio, métodos de análisis
- Procesamiento de datos

2. Programa de Monitoreo

- Propósito del Monitoreo
- Objetivos
- Descripción del área
- Selección de sitios, estaciones y frecuencia
- Estudios preliminares

3. Recursos para ejecución del muestreo

- Disponibilidad de laboratorio (Tox-Chem)
- Recursos informáticos
- Personal técnico capacitado
- Equipos de medición para campo
- Disponibilidad de transporte

4. Recolección de datos y muestras en campo

- Procedimientos e instructivos para toma de muestras y uso de equipos
- Cartilla para registro de datos
- Transportación y almacenamiento de muestras
- Registro de cadena de Custodia
- Recepción de muestras por el laboratorio

5. Laboratorio

- Capacidad
- Control de calidad
- Norma 17025
- Entrega de resultados

b) Identificación de la muestra

Tabla 3-1: Formato etiqueta de muestra

Etiqueta / rótulo envase		
Nº	Código de la muestra	Nº de estación
Fecha	Hora del muestreo	Serie/ Código de los parámetros a analizar

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

c) Análisis físicoquímicos y biológicos

El análisis tiene en cuenta los siguientes parámetros para determinar la calidad del agua:

Tabla 3-2: Parámetros para el análisis hídrico

Parámetro	Unidad	Método de análisis
Aceites y grasas	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 5520 B
Coliformes fecales	NMP/100mL	Standard Methods Ed. 23.2017, 9221E/9221C
Cianuro	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 CN- E modificado
Cromo hexavalente	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 3500 Cr B
Color real	Uni Pt-Co	Standard Methods Ed. 23.2017, 2120 C
Fluoruro	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 FD
Arsénico	mg/L	Absorción Atómica-Generador de hidruros
Demanda química de oxígeno	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 5020 D
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 5210 B
Hierro total	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 3500 Fe
Nitratos	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 NO3 A
Nitritos	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 NO2 B
Potencial hidrógeno	uni pH	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 H+ B
Sulfatos	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017, 4500 E SO4
Cloro residual	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017 4500 Cl-G
Fenoles	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017 5530C
Tensoactivos	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017 5540 C
Amoniaco	mg/L	EPA Water waste N° 350. 2,1974
Oxígeno disuelto	mg/L	Espectrofotometría
Sólidos suspendidos totales	mg/L	Standard Methods Ed. 23.2017 2540 D
Conductividad eléctrica	us/cm	Standard Methods Ed. 23.2017 2510B
Turbiedad	UNT	EPA 180.1. 2003

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

3.5.3.4 Cálculo de los índices de evaluación del recurso hídrico

Cabrera et al. (2018, pp. 45-47) describen los siguientes índices como los más importantes para evaluar los recursos hídricos.

Índice de Uso del Agua

Fórmula

$$IUA: Dh/Oh * 100$$

Donde:

Dh: demanda hídrica sectorial

Oh: oferta hídrica superficial disponible

Categorías del índice IUA

Tabla 3-3: Categorías del índice IUA

Rango	Categoría	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01-50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01-20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1-10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
<1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

Índice de Extracción de Agua Subterránea (IEAS)

Fórmula

$$IEAS: (Extracción de agua subterránea)/recarga * 100$$

Dónde: Extracción total de agua subterránea: para los diferentes usuarios.

$$\text{Recargara: } P - Es - Et$$

Donde

P: precipitaciones (mm)

Es: escurrimiento (mm)

Et: evapotranspiración (mm)

Índice de Aridez (IA)

Fórmula

$$IA: (ETP - ETR)/ETP$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: evapotranspiración real (mm)

$$ETR: P / ((0,9 + P^2/L^2) * 0,5)$$

$$L = 300 + 25 * T + 0,005T$$

Donde:

P: precipitación (mm)

L: factor heliotérmico

T: temperatura (°C)

Categoría del índice IA

Tabla 3-4: Categorías del índice IA

Rango	Significado
Menor a 0.15	Altos excedentes de agua
0.15-0.19	Excedentes de agua
0.20 – 0.29	Moderado y excedentes de agua
0.30-0.39	Moderado
0.40 – 0.49	Moderado a deficitario
0.50-0.59	Deficitario de agua
Mayor de 0.60	Altamente deficitario de agua

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

Índice de Calidad del Agua (ICA), modelo NSF

Fórmula

$$ICA = \sum_{i=1}^n Si * Wi$$

Donde:

WQI: Índice de calidad del agua

Si: Subíndice del parámetro i

Wi: Factor de ponderación para el subíndice i

Categorías del índice de ICA

Tabla 3-5: Categorías del índice ICA

Rango	Significado
0 - 25	Muy mala
26 - 50	Mala
51 - 70	Media
71 - 90	Buena
91 - 100	Excelente

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

3.6 Análisis estadístico

Para procesar los datos recolectados se utilizó un análisis estadístico descriptivo, en donde se generó tablas o gráficos, así también se usó medidas de tendencia central y variabilidad para el análisis de resultados.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del análisis del componente biofísico de las fuentes de agua pertenecientes al ecosistema en la parroquia Quimiag

La parroquia Quimiag perteneciente al cantón Riobamba presentó un número de concesiones y caudal autorizado. De acuerdo con el plan de desarrollo y ordenamiento territorial “Santiago de Quimiag” cuenta con un caudal de 1160 L/s que provienen del agua del río Blanco o Collanes.

Con base al inventario hídrico, Quimiag posee 15 sistemas influenciados por las microcuencas del Río Blanco y el Río Chambo, para uso de riego, hidroeléctrico y consumo humano. La tabla 4-1 detalla el sistema de agua para el caso de estudio.

Tabla 4-1: Sistema de agua analizada

Código del sistema	0270103
Nombre del sistema	Junta de Agua Potable Chañag - Puelazo
Subcuenca	Río Chambo
Código Subcuenca	287602
Unidad Hidrográfica U.H	R.Blanco
Código U_H	027
Sector Quebrada	R.Blanco
Captaciones sistema	1
Tipo uso del agua	Consumo Humano
Organismo Administrador	Junta de Agua Potable Chañag - Puelazo
Numero Usuarios	1748
Caudal Total de Uso L/s	3.50

Fuente: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial “Santiago de Quimiag” Gad Provincial, 2020, p.29.

El componente biofísico que envuelve a la fuente hídrica presentó ecosistemas heterogéneos en el que se denotó la presencia del ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo, se observó también matorrales, bosques del páramo, que de acuerdo con el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial “Santiago de Quimiag”, que establece que estos servicios

ambientales contribuyen a la regulación del equilibrio de la naturaleza, así como también, del agua y el clima (p.30).

El recurso hídrico proviene del Río Blanco, en la cordillera oriental y la superficie cubierta por paramos y bosques representó el 68%, esto permite la conservación de la biodiversidad y el almacenamiento de la fuente hídrica. Además, se visualizó variedad en plantas y animales silvestres que se han acoplado a la presencia de los habitantes de la zona, la microcuenca permite que se mantenga la biodiversidad como hábitat del Cóndor (*Vultur gryphus*). Sin embargo, la zona se ve amenazada por deslizamientos originados por el riego por gravedad, los incendios, el pastoreo de ganado en el páramo, el aumento de la frontera agropecuaria, deforestación, las plantaciones de pino en el páramo, el uso excesivo de agroquímicos y lavado de bombas en los ríos, deslizamientos y uso de maquinaria agrícola.

El área de estudio presentó un relieve muy pronunciado, con grandes pendientes alrededor del entorno, lo que dificulta el asentamiento de pobladores. La altitud no supera los 5000 msnm. Otro aspecto biofísico que se denotó es el clima, el 62,80% representa el clima Ecuatorial de Alta Montaña, además, por la presencia del Nevado El Altar representa el 28,16% de clima Nival, con 8546,63 y 3832,17 hectáreas, respectivamente.

Tabla 4-2: *Componente Biofísico analizado*

Tipo de Clima	Características
Ecuatorial de Alta Montaña	A medida que la altitud avanza la temperatura disminuye mientras aumentan las precipitaciones, al menos hasta un cierto nivel altimétrico. Presenta unas temperaturas invernales negativas y unas estivales positivas, aunque la temperatura media anual se establece en torno a los 0 °C; la oscilación térmica es inferior a los 20° y las precipitaciones, más abundantes en verano. En invierno, superan los 1000 mm anuales. Este clima de alta montaña es el que predomina en la cordillera andina.
Nival	Presenta una temperatura media anual -15°C, en invierno, -26°C y en verano, 3°C. Los inviernos son largos y fríos y los veranos cortos y frescos. Las precipitaciones son cercanas a 400 mm, que caen en forma de nieve, presentando fuertes vientos.

Fuente: Dahuas, D, 2023.



Las precipitaciones en esta área son fundamentales para el ciclo hidrológico, ya que, en la corteza terrestre surge agua dulce, que favorece a la subsistencia del planeta. En los meses de marzo a junio es la época de lluvias en la parroquia Quimiag. Sin embargo, no existen meses ecológicamente secos. Además de una zona de amortiguamiento del PNS que se concentra de 1000 a 1500 mm al año.

4.2 **Resultados de la caracterización la diversidad biológica perteneciente al ecosistema establecido**

4.2.1 *Flora*

Se identificó herbazal mezclado con arbustos esclerófilos semipostrados, con una altura entre 0,5 a 1,5 m, sucede en morrenas, circos glaciares, escarpados rocosos, depósitos de rocas glaciares y pendientes pronunciadas de arena o quebradas estrechas. Se caracterizó por tener una vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación que se localizó en las cumbres más altas de la cordillera. Las especies representativas de este ecosistema son: arbustos esclerófilos enanos de Loricaria, Pentacalia, Monticalia y Diplostephium, cojines como Xenophyllum, Azorella, Distichia y Plantago y las hierbas de tallo corto como Poa, Stipa y Calamagrostis

Tabla 4-3: Flora

Familia	Especie	Nombre común	Características	Referencia
<i>Asteraceae</i>	<i>Loricaria thuyoides</i>	Loricaria	<p>Arbustos hasta 1.5 m, muy ramificados desde la base. Tallos erguidos dispuestos en un solo plano, densamente blanco lanosos.</p>	
			<p>Inflorescencia un capítulo axilar, 0.6–1 cm de largo. Flores inconspicuas; corola amarillo-rojiza, con 5 dientes cortos, triangulares, reflexos. Arbustos hasta 1.5 m, muy ramificados desde la base. Tallos erguidos dispuestos en un solo plano, densamente blanco lanosos. Inflorescencia un capítulo axilar, 0.6–1 cm de largo. Flores inconspicuas; corola amarillo-rojiza, con 5 dientes cortos, triangulares, reflexos.</p>	
<i>Asteraceae</i>	<i>Pentacalia vaccinioides</i>	Chitón	<p>Alcanza entre 0,5 y 5 m de altura, muy ramificado; ramas frecuentemente fasciculadas, cilíndricas, totalmente glabras o pubérulas en el ápice, la base cubierta de cicatrices dejadas por las hojas al caerse. Hojas alternas, sésiles o con pecíolos no claramente diferenciados de la lámina foliar; lámina de 17 a 50 mm de longitud por 5 a 16 mm de anchura, coriácea, cuneado-oblonga, cuspidada y subpungente en el ápice, base un poco angostada, margen entero, lámina uninervia y glabra. Inflorescencia en corimbos terminales simples; capítulos de 8 a 10 mm de longitud y 6 a 9 mm de anchura; involucre de 5 a 8 mm de longitud, acampanado. Flores hermafroditas; corola de 6,5 mm de longitud, de color amarillo, tubulosa, con limbo ensanchado y pentadentado, glabra; anteras exsertas, cortamente sagitadas en la base, apéndice conectival oblongo; ramas del estilo truncadas. Aquenios de 2 mm de longitud, cilíndricos, glabros. Papo de 5mm de longitud, con pelos blancos.</p>	
			<p>Usos: Propiedades como antiparasitario. En laboratorio, se ha comprobado la presencia en sus hojas de altas cantidades de cumarinas y esteroides, de manera que pueden ser ampliamente utilizadas en la industria farmacéutica para fabricar medicamentos antiespasmódicos, vasodilatadores de las coronarias, antiinflamatorios, antibacterianos, antipiréticos, analgésicos anticoagulantes y anticonceptivos.</p>	

Asteraceae

Monticalia vaccinioides

Monticalia

Arbustos hasta 2 m de altura, muy ramificados desde la base. Ramas erguidas, nudosas debidas a las cicatrices por el desprendimiento de las hojas. Inflorescencia una cima terminal formada de 4–8 capítulos; capítulos homógamos 0.9–1.3 cm de largo. Receptáculo verde. Hojas simples, alternas, helicoidales, oblanceoladas, 2–5 × 0.5–1.5 cm, tiesas, quebradizas, pruinosas, glabras, los márgenes enteros, el ápice cortamente cuspidado con un acumen puntiagudo, la base decurrente; pecíolo indefinido; nervio principal conspicuo, amarillento. Flores numerosas, tubulares, completamente amarillas a color amarillo limón, con 5 dientes cortos triangulares; estilo bifurcado, las ramas erguidas.



Arbusto con numerosas ramificadas hacia el ápice.

Asteraceae

Diplostephium

R. Erler

Tallos teretes, con indumento tomentoso y pelos glandulosos negros hacia el ápice de las ramas, ramas maduras estriadas con cicatrices. Estípulas ausentes. Hojas alternas, simples; pecíolo de 2-3 mm de largo; lámina lanceolada a oblanceolada, de 5-16 x 1.5-4 mm, coriácea, margen revuelto, haz glabrescente, verde claro. Envés densamente lanuginoso, con pelos glandulares negros; vena principal conspicua en el haz, hendida a lo largo de la vena. Inflorescencia en capítulos arreglados en corimbos, terminales, 25-50 flores unisexuales y bisexuales; involucre de brácteas campanulado, filarias pajosas, 4-7 seriadas, oblongas a lineares, con indumento lanuginoso; flores pistiladas 1- a multiseriadas, papus 2-seriados con pelos escasamente dilatados externos, los internos de cerdas largas, corola violeta gamopétala, liguladas, ovario ínfero; flores del disco funcionalmente estaminadas 1- a multiseriadas, pelos externos del papus gruesos, escamosos, pelos internos igual que en flores pistiladas, corola rojiza púrpurea, gamopétala. Fruto cipsela obovoide-oblonga, glabra a pilosa, papus persistente (Romoleroux et al., 2019, p.1).



Asteraceae

Xenophyllum

Jasuaso

Rastrero rizomatoso. Ramas tupidas formando cojines de 3 a 10 cm de alto. Hojas lineares, glabras. Capítulos terminales. Brácteas del involucre lineares pegadas hasta la mitad. Flores dimorfas, marginales blancas liguladas, centrales tubulosas amarillas o liláceas. Fruto un aquenio oblongo con costillas y vilano amarillento.



Apiaceae

Azorella pedunculata

Azorella

Hierba cespitosa, formando almohadillas redondeadas de hasta 50 cm de grosor y 2 m de diámetro.

Tallos rastreros, ramificados; ramas densamente cubiertas por los pecíolos persistentes de las hojas. Estípulas ausentes. Hojas densamente agrupadas en el ápice de las ramas; pecíolo de hasta 8 mm de largo, pulvinado, densamente cerdoso-ciliado en los márgenes; lámina espatulada, de 5-10 mm de largo, profundamente inciso-lobada, ápice agudo a truncado, base cuneada, lóbulos de la lámina agudos, glabros o con pequeñas cerdas en los márgenes y el haz, venación ternada o palmada. Inflorescencia en umbelas, 10-20 flores, brácteas involucrales linear-lanceoladas, escariosas, cerdas-ciliadas; pedicelos de 5-10 mm de largo, glabros; flores bisexuales, cáliz obsoleto, no evidente en la flore; 5 pétalos amarillentos; 5 estambres; ovario ínfero, 2-locular, 2 estilos muy cortos, erectos, formando un estilopodio cónico. Fruto esquizocarpo ovoide, de aproximadamente 2 mm de largo, glabro, ligeramente comprimido dorsalmente, con 3costas dorsales conspicuas.



Usos: Se emplea para arreglos del pesebre navideño.

Juncaceae

Distichia acicularis

Distichia

Hierba terrestre



Hábito y forma de vida: Hierba erecta.

Tamaño: De 10 a 65 cm de altura.

Tallo: Grueso tallo (cáudice), formando un "tronco" compacto.

Hojas: Alternas, todas basales, dispuestas en roseta, gruesas y algo coriáceas, pecíolo acanalado, verdoso, a veces de color púrpura en la base, de 4 a 20 cm de largo, láminas ovadas, elíptico-ovadas o cordado-ovadas hasta orbicular-ovadas, de 4 a 15 (40) cm de largo y de 3 a 12 cm de ancho, ápice obtuso, margen entero o ligeramente ondulado y con frecuencia irregularmente dentado, base prolongada hacia el tallo o pecíolo, con o sin pelos, venas por lo general divergentes desde la base, 3 a 5 (7), paralelas.

Inflorescencia: 1 a 30 por planta, pedúnculos acanalados, de 6 a 30 (40) cm de largo.

Flores: Espigas lineal-cilíndricas, de 3 a 20 cm de largo, por lo común con flores densamente apretadas, a menudo separadas un poco en la parte inferior del ráquis, brácteas lanceoladas a ovado-lanceoladas, de 0.5 a 1 mm de largo durante la floración, pero a menudo más largas que los sépalos en la madurez, márgenes membranosos y secos; sépalos elípticos u ovados hasta orbiculares, de \pm 2 mm de largo, obtusos, sin pelos o finamente pubescentes a lo largo de la quilla; corola con lóbulos triangulares, de 0.5 a 1 mm de largo, membranosos, obtusos o un tanto agudos, doblados hacia abajo en la floración. Frutos y semillas: El fruto es una cápsula globosa o elipsoide, de 2 a 5 mm de largo, café oscuro, con dehiscencia próxima a la mitad, semillas 6 a 30, ovadas, de \pm 1 mm de largo y 0.5 a 0.9 mm de ancho, cuerpo translúcido de color café o café rojizo muy oscuro, textura rugosa (Espinosa y Sarukhán, 1997).



Plantaginaceae

Plantago

Llantén

Poaceae

Calamagrostis intermedia

Poa

Plántulas: Hipocótilo nulo o de hasta 4 mm, sin pelos; cotiledones de lámina estrechamente elíptica a oblanceolada, de 2 a 3.5 mm de largo y 0.5 a 1 mm de ancho, borde entero, sin pelos; epicótilo nulo; hojas alternas arrosetadas (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Raíz: Raíz principal degenerada, superada fisonómicamente por las raicillas; da es aspecto de raíces fibrosas.

Usos: medicinal

Hierbas en macollas densas, hasta 1 m de diámetro. Hojas lineares, hasta de 120 cm, recurvadas, duras, los márgenes doblados dan una apariencia cilíndrica a las hojas. Inflorescencias en espigas llamativas, hasta 90 cm de largo, en racimos compuestos hasta de 50 cm, con numerosas espiguillas amarillentas a púrpura-azuladas. Flores reducidas, hasta 10 mm de largo.



Poaceae

Stipa ichu

Pajonal

Tiene tallos que alcanza un tamaño de 60-180 cm de altura. Las hojas son rígidas, erectas; vainas glabras en el dorso, ciliadas en un margen y el cuello; la lígula de 0.5 mm; láminas 25-70 cm x 1-2(-5) mm, generalmente involutas, a veces aplanadas, escabriúsculas. Panícula 15-41 x 2-3 cm, argétea; ramas adpresas o ascendentes. Espiguillas adpresas; glumas 7.5-11 mm, 3-nervias, acuminadas; lema 2.5-3.5 mm, esparcidamente pilosa, parda en la madurez, los márgenes traslapados, el ápice prominentemente piloso con tricomas 3-4.5 mm, la arista 10-20 mm, 2-geniculada, escabriúscula; callo c. 0.3 mm, agudo, con tricomas hasta 1 mm; pálea 1/3-1/2 la longitud del lema, inconspicuamente 2-nervia; anteras 1-1.3 mm, apiculadas. Tiene un número de cromosomas de $2n=40$



Poaceae

Calamagrostis mollis

Paja

Hierbas perennes, formando macollas densas, las macollas llegan a medir de 10 a 100 cm de alto.

Tallos erectos, herbáceos, redondeados, los rizomas cortos. Estipulas ausentes. Hojas simples; lígula de 7-11 mm de largo; lámina linear, completamente involuta, usualmente tan larga como las cañas que sostienen las inflorescencias, rígida, erecta, glabra; venación paralela inconspicua. Inflorescencias en panículas terminales, laxas; flores bisexuales; espiguillas púrpura, uniflorescúladas, angostamente fusiformes, casi siempre aristadas, desarticulándose por encima de las glumas; raquilla densamente pubescente alcanzando el ápice de la lema; glumas iguales, agudas, más grandes que el flósculo, uninervadas, ligeramente escabrosas hacia el ápice; lema 5-nervia, aguda a irregularmente dentada, escabrosa, geniculada y retorcida en la mitad inferior; palea bien desarrollada, callo del flósculo pubescente; 3 estambres; ovario súpero. Fruto cariopsis, lema y palea persistentes.

Usos: se usa como forraje. Las hojas y tallos se emplean en la construcción de techos, cestos y pequeñas chozas.



4.2.2 Fauna

Se encontró en la zona de estudio 12 especies de mamíferos, 12 aves, 2 anfibios y reptiles y una especie de pez. Constituyendo una variedad de fauna en las zonas de páramo. La tabla 04-4 enlista las especies:

Tabla 4-4: Fauna

Tipo	Nombre común	Uso	Abundancia
Aves	Tórtola	Alimentación humana	Mucho
	Torcaza	Alimentación humana	Frecuente
	Curiquingue	Alimentación humana	Frecuente
	Gavilán	Alimentación humana	Frecuente
	Perdíz	Alimentación humana	Mucho
	Guarro	Otros	Frecuente
	Mirlo	Otros	Mucho
	Buitre	Otros	Frecuente
	Cóndor	Otros	Poco
	Pájaro	Otros	Mucho
	Lechuga	Medicinal	Mucho
	Golondrina	Medicinal	Frecuente
Mamífero	Ratón	Otros	Mucho
	Chuchuri	Otros	Poco
	Raposa	Otros	Mucho
	Conejo	Alimentación humana	Poco
	Sacha cuy	Alimentación humana	Mucho
	Venado	Alimentación humana	Frecuente
	Chivicab	Alimentación humana	Frecuente
	Zorro	Alimentación humana	Mucho
	Lobo	Alimentación humana	Mucho
	Leopardo	Otros	Frecuente
	Toro bravo	Alimentación humana	Mucho
	Cuy	Alimentación humana	Mucho
Anfibios y reptiles	Lagartija	Otros	Mucho
	Sapo	Otros	Mucho
Peces	Trucha	Alimentación humana	Poco

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

4.3 Resultado del análisis fisicoquímicos y biológicos del agua

De acuerdo con la Tabla 4-5 se observó que los parámetros analizados cumplen los límites permisibles que exige cada normativa como el TULSMA, NTE INEN 1108:2014, OMS, entre otras. Se determinó que en las nueve muestras analizadas para el aceite y grasas tuvo un resultado menor a 0,3 resultado similar a la investigación de Escudero (2021) que presentó ausencia de este parámetro. Dentro de los resultados de Cianuro y Arsenio la norma establece como límite máximo

0,1 mg/L donde las muestras analizadas obtuvieron menos del 0,1 mg/L similar a Escudero (2021). De acuerdo con la OMS (2016) su presencia en el agua se debe esencialmente a la contaminación de origen industrial, es decir, en el ecosistema no existe presencia de actividad industrial. Para el cromo hexavalente los resultados arrojaron valores inferiores a 0,05 mg/L como Escudero (2021) y Carrillo (2018), siendo un elemento disponible en gran magnitud por la corteza terrestre, sin embargo, en el agua se debe a la contaminación de vertidos industriales, que son inexistentes en la zona de estudio de la presente investigación. En DQO las muestras cumplen con la normativa obteniendo resultados menores al límite máximo permisible de <4 mg/L, similar a la investigación de Escudero (2021), similar al DBO₅ siendo la cantidad de oxígeno necesaria consumida por microorganismos en condiciones aerobias para descomponer la materia orgánica que se presenta en un cuerpo de agua (Granizo & Toa, 2020, p. 46). De igual manera, se han encontrado valores inferiores a los permitidos por la norma NTE INEN 1108:2014 en nitritos y nitratos con <0,012 y <2,5 mg/L, estos indicadores son parte del ciclo del hidrogeno, en aguas subterráneas se pueden encontrar en mayor cantidad y puede ocasionar enfermedades en la población en general (p.23). Para el parámetro de sulfatos se obtuvo valores menores a 5 mg/L, cumplen con la norma NTE INEN 1108:2014 y concuerdan con Escudero (2021) y Granizo & Toa, (2020) con valores de 0,2 mg/L, esto se debe a que este parámetro se encuentra en gran cantidad en aguas subterráneas y no superficiales como es el caso de estudio. Lo mismo sucede para el Cloro residual, Fenoles y Amoniaco. Para Solidos Suspendedos Totales se encontró un nivel inferior al incremento de 10% de la condición natural, es decir que la cantidad de pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en agua es mínima. Dentro de los parámetros microbiológicos se encontró que las Coliformes fecales son menores a 1 NMP/100mL, es decir, que no hay acumulación de material orgánico y microorganismo, por lo que, la calidad del agua es buena y se considera apta para el consumo humano (Jaimes & Sepúlveda, 2020, p.67).

Tabla 4-5: Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR LIMITE PERMISIBLE		RESULTADOS HsNn03-								
		Tabla 1	Tabla 2	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Aceites y grasas	mg/L	0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Coliformes fecales	NMP/100mL	1000	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cianuro	mg/L	0,1	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo hexavalente	mg/L	0,05	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Color real	Uni Pt-Co	75	-	5	13	12	1	4	3	3	12	3
Fluoruro	mg/L	1,5	-	0,04	0,25	0,22	0,07	0,03	0,09	0,11	0,06	0,09
Arsénico	mg/L	0,1	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DQO	mg/L	<4	40	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DBO	mg/L	<2	20	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Hierro total	mg/L	1,0	-	<0,06	0,08	0,09	0,1	<0,06	<0,06	<0,06	0,09	0,07
Nitratos	mg/L	50,0	13	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Nitritos	mg/L	0,2	0,2	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012	<0,012
Potencial Hidrógeno	uni pH	6,0-9,0	6,5 – 9,0	6,98	7,28	7,36	7,43	7,48	7,65	7,75	7,82	7,80
Sulfatos	mg/L	500	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cloro residual	mg/L	-	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fenoles	mg/L	-	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Tensoactivos	mg/L	-	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Amoniaco	mg/L	-	0,4	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Oxígeno disuelto	mg/L	-	>6	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4
SST	mg/L	-	Max incremento de 10% de la condición natural	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conductividad eléctrica	us/cm	-	-	261,5	223,2	223,6	148,6	328,8	328,7	328,5	223,2	328,2
Turbiedad	UNT	100,0	-	1,38	2,71	2,68	1,31	1,69	1,67	1,69	2,63	1,70

Realizado por: Dahuas, D., 2023

A pesar de que la mayoría de los parámetros mantuvieron constancia en los resultados de las nueve muestras, existieron siete indicadores de calidad del agua en que los valores resultantes variaron, a continuación, se realizó el análisis de cada parámetro:

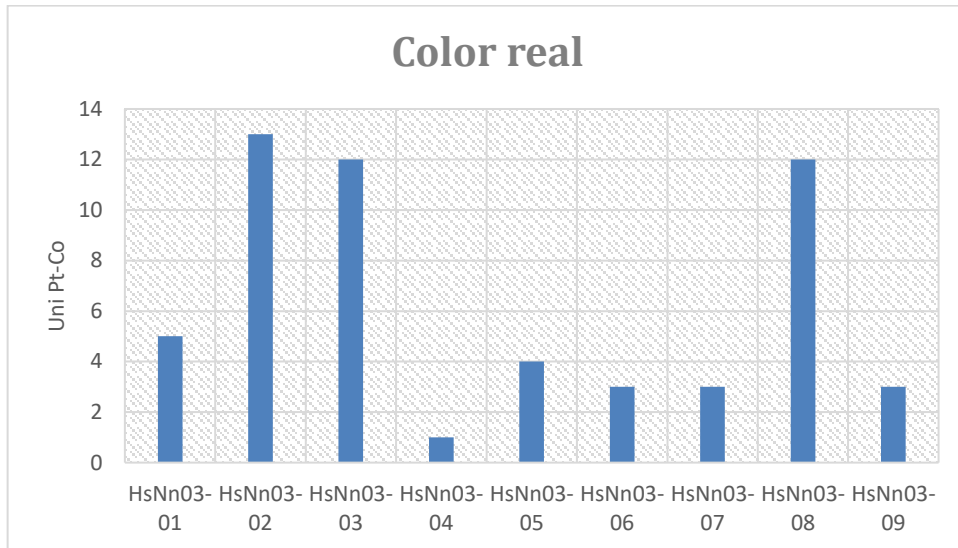


Ilustración 4-1: Resultados del color real en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

La Ilustración 4-1 indica los resultados de las nueve muestras analizadas, de acuerdo con el valor máximo permitido todos los valores se encuentran por debajo de la norma TULSMA que considera 20 Uni Pt-Co como el límite adecuado, la HsNm03-02 tiene un valor de 13 Uni Pt-Co. Para el Índice Biological Monitoring Water Party (BMWP) establece que si el valor se encuentra dentro del rango entre 61-100 el agua es aceptable, no obstante se encuentra ligeramente contaminada, además menciona que tiene relación con el color verde. Por otra parte, con base al Índice Andean Biological Index (ABI) en Ecuador, cuando se tiene una puntuación entre 59-96 el agua se considera buena y concuerda en su coloración verde. Peralta (2019) en su investigación encontró la zona alta con un valor de 316 Und Co/Pt, y menciono que el caudal no es recomendable para el consumo humano, debido al exceso de materiales disueltos y suspendidos dentro del mismo. El color está relacionado a las sustancias disueltas en el agua, es decir, este parámetro brinda una idea del nivel de materia orgánica natural en el agua (pp.43-44). Sin embargo, el agua analizada en la presente investigación se encuentra dentro de los parámetros de la normativa.

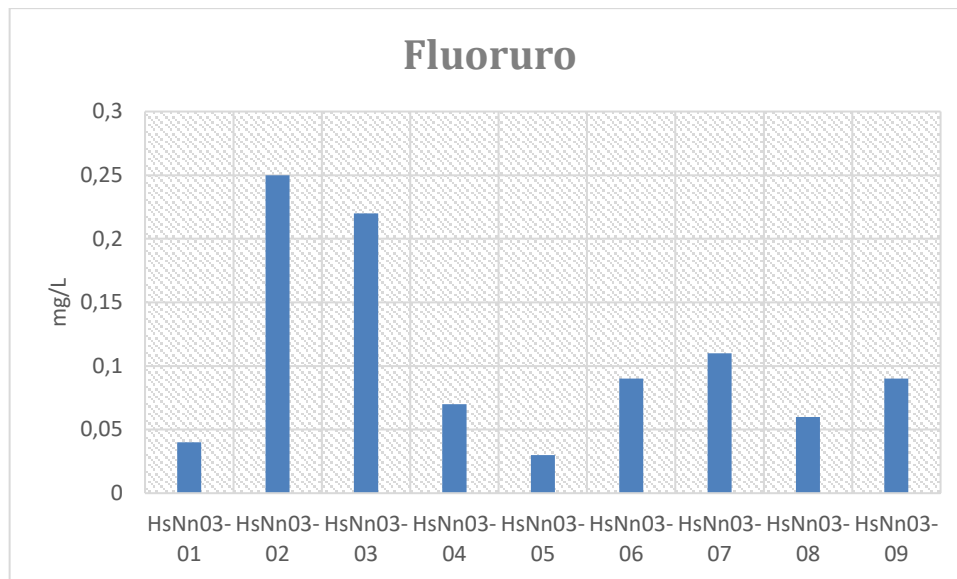


Ilustración 4-2: Resultados de Fluoruro en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

De acuerdo a la Ilustración 4-2 se observó la variación de resultados de las nueve muestras del análisis. No obstante, estas variaciones se mantienen en el límite recomendado por la OMS de 1,5 mg/L, el resultado de HsNn03-02 presenta el valor más alto entre las muestras de 0,25 mg/L este valor es similar al resultado de Mehdi et al., (2023) en su investigación “Características, índice de calidad del agua y riesgo para la salud humana por nitrato y fluoruro en la ciudad de Kakhk y sus áreas rurales, Irán” que reportan concentraciones medias de fluoruro en las áreas de estudio de $0,32 \pm 0,17$ mg/L, además, han estimado que el 75% de la ingesta total de fluoruro en el cuerpo humano proviene del agua potable que contiene fluoruro (p.4). Otra investigación realizada en Ecuador por Cabrera et al., (2023) con el tema “Concentración de flúor en agua en parroquias rurales del cantón Cuenca” obtuvieron rangos: 0,0–0,0565 mg/L en los tanques de captación; 0,0–0,0440 mg/L en los tanques de almacenamiento; y 0,0–0,0525 mg/L en los sistemas de distribución de las instituciones educativas, la concentración de flúor en el agua es menor a la concentración límites permitida (p.40). La OMS (2019) también informó que los adultos en los EE.UU., consumían entre el 66% y el 80% del fluoruro del agua potable. Por lo que, la ingesta crónica de altos niveles de fluoruro puede afectar el metabolismo del calcio y el fósforo en el cuerpo humano, lo que resulta en deficiencia de calcio y fluorosis esquelética (Srivastava y Flora, 2020; citado en Hu et al., 2021). El fluoruro en los recursos hídricos subterráneos y superficiales se origina a partir de procesos naturales, es decir, interacciones entre el agua y las rocas y los minerales que contienen fluoruro y actividades humanas, como: producción y aplicación de fertilizantes fosfatados en tierras de cultivo, quema de carbón, producción de vidrio y cerámica (Bhattacharya et al., 2020, p.14). Por lo tanto, debido a la rápida y grave contaminación de los recursos hídricos y los riesgos asociados para la salud humana, se necesita cada vez más atención a la

calidad del agua potable. La evaluación de la calidad del agua y la evaluación de riesgos para la salud humana brindan información valiosa para la utilización y protección nacional de los recursos hídricos y para la salud humana (Chai et al., 2021, p.22).

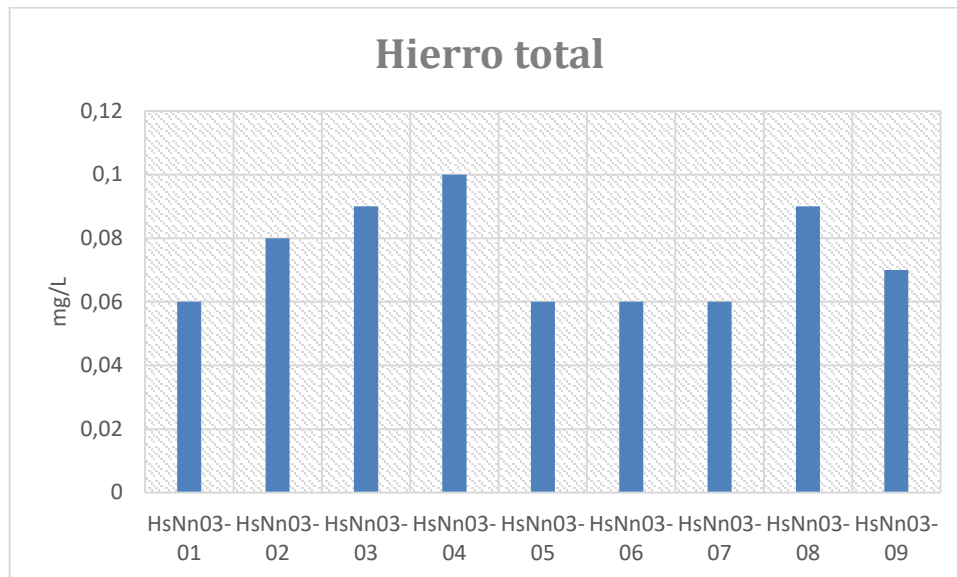


Ilustración 4-3: Resultados del hierro total en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

Se observa en la Ilustración 4-3 que los resultados de las muestras analizadas se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN1108:2014, siendo, todos los valores menores a 1 mg/L, estos resultados son similares a la investigación de Escudero (2021) en la determinación de la calidad de agua mediante un análisis hidroquímico en la comunidad Ponce Quilotoa, parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi presentó concentraciones de 0,5, 0,8 y 0,9 mg/l de agua. Además, mencionó que la presencia de hierro puede representar un riesgo para la salud de la población al ser un metal pesado. El bajo contenido de hierro total en el análisis de la presente investigación puede darse a la mineralización natural por el contacto de la fuente hídrica con las rocas, aun cuando existe un incremento del hierro, además, el contenido de hierro de las aguas superficiales rara vez excede 1 mg / L, mientras que las aguas subterráneas a menudo contienen concentraciones más altas. Las altas concentraciones en aguas superficiales pueden indicar la presencia de efluentes industriales o desagüe (p.20). Como se evidencio en los resultados, el agua analizada no presenta contaminación por industrias, ni de residencias.

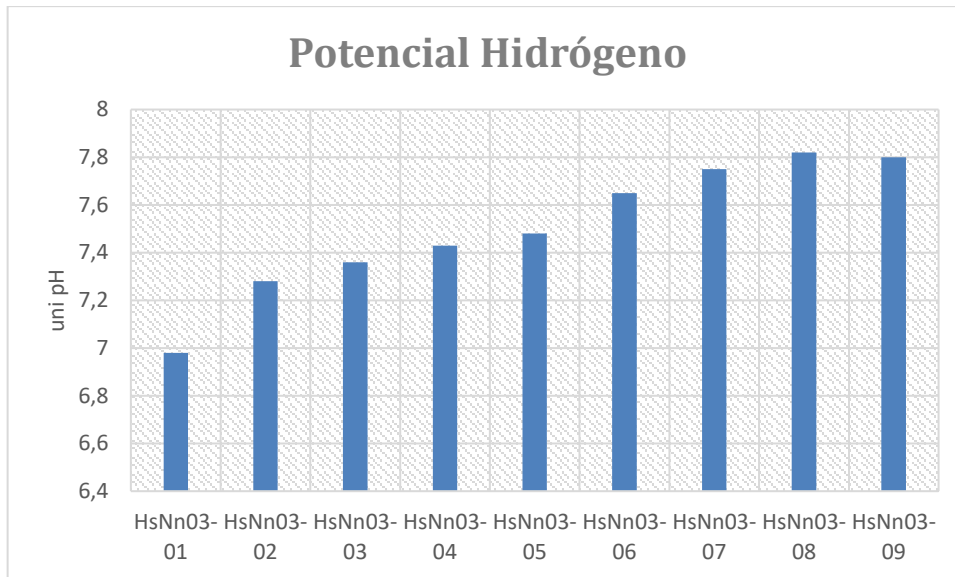


Ilustración 4-4: Resultados del potencial hidrógeno en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

Según la Ilustración 4-4, la muestra HsNn03-01 con 6,98 se acercó a los límites permitidos por la norma NTE INEN 1108:2014 de 6,0 a 9,0 en la escala del pH. Peralta (2019) en su investigación obtuvo valores similares al presente estudio con 6,0 en tres zonas del estudio (p.46). Por otra parte, Carrillo (2018) mencionó una media de 8,74 y determina que en la parroquia Quimiag el agua de consumo humano es agua cruda, no es potabilizada. Así también, mencionó que el agua pura tiene un pH entre 6,5 y 8,5, un valor menor a 6,5 se debe a que el agua es corrosiva lo que puede disolver iones metálicos (p.66). El pH del agua determina la solubilidad y la biodisponibilidad, es decir, cuánto pueden consumir los organismos acuáticos de sustancias químicas como nutrientes (fósforo, nitrógeno y carbono) y metales pesados (plomo, cobre, cadmio, etc.). Por ejemplo, además de afectar la cantidad y forma de fósforo que es más abundante en el agua, el pH también determina si está disponible para los organismos acuáticos. En el caso de los metales pesados, la solubilidad determina su toxicidad. Los metales son más tóxicos a valores de pH más bajos porque son más solubles. Así también, la mayoría de las plantas y animales acuáticos optan por vivir en un intervalo de pH entre 6 y 8. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar. Un pH bajo también puede hacer que los compuestos tóxicos sean más perjudiciales porque ingresan más fácilmente a las plantas y los animales acuáticos (Universidad Complutense de Madrid, 2020, p.1). Con lo expuesto anteriormente, se menciona que de acuerdo con este parámetro el agua se consideró apta para el consumo humano y para el desarrollo de especies acuáticas.

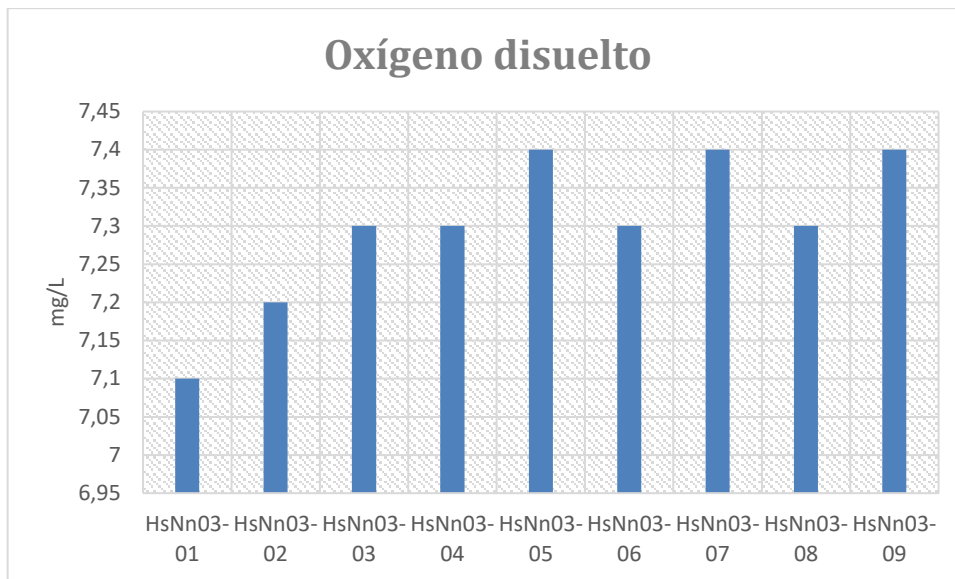


Ilustración 4-5: Resultados del oxígeno disuelto en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

Los resultados de la Ilustración 4-5 manifestaron que todos los valores muestran concentraciones mayores a 6 que determina la norma NTE INEN 1108:2014, la HsNn03- 05, HsNn03-07 y HsNn03-09 con 7,4 mg/L. Según Carvalho et al (2021) reportaron concentraciones mínimas de oxígeno disuelto que pueden garantizar el mantenimiento de las funciones biológicas del medio acuático. Dependiendo de la temperatura del agua, el mínimo oscila entre 4,0 mg/L y 9,5 mg/L. Para un medio acuático con biota de agua caliente, la concentración de oxígeno disuelto no debe ser inferior a 5 mg/L a 6 mg/L, pero en biota de agua fría, los valores no deben ser inferiores a 6,5 mg/L a 9,5 mg/L (p.2).

Habitualmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad si los niveles de oxígeno disuelto son excesivamente bajos algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Además, la cantidad de oxígeno que pueden disolverse en el agua depende de la temperatura, tal es que, el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que en el agua más. Asimismo, una diferencia en los niveles de oxígeno puede ser aparente a diferentes profundidades del agua si hay un cambio significativo en la temperatura del agua. (“Práctica 6. QG Oxígeno Disuelto - Pura Química”) Los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 ppm causa daño en la mayor parte de los organismos acuáticos y por debajo de 2 o 1 ppm los peces mueren, de 5 a 6 ppm se considera la cantidad suficiente para la mayor parte de las especies. Además los niveles de oxígeno disuelto a veces se expresan en términos de porcentaje de saturación. Los animales acuáticos necesita oxígeno para vivir los peces, los invertebrados, las plantas y las bacterias aeróbicas requieren oxígeno para respirar. El oxígeno de la atmósfera se disuelve con facilidad en el agua hasta que ésta se satura, una vez disuelto en el agua el oxígeno se difunde muy lentamente y su distribución depende del movimiento de agua aireada, las plantas acuáticas, las algas y el

fitoplancton producen oxígeno como un subproducto del proceso de fotosíntesis. Otro factor que interviene en el nivel de oxígeno es la presión atmosférica (altitud) a mayor presión atmosférica, el agua contendrá más oxígeno. Asimismo, el agua dulce puede contener más oxígeno que la salada (Peña, 2019, pp.2-5).

Es así que, se determinó que el agua analizada presenta buena calidad y es óptima para el desarrollo de especies acuáticas.

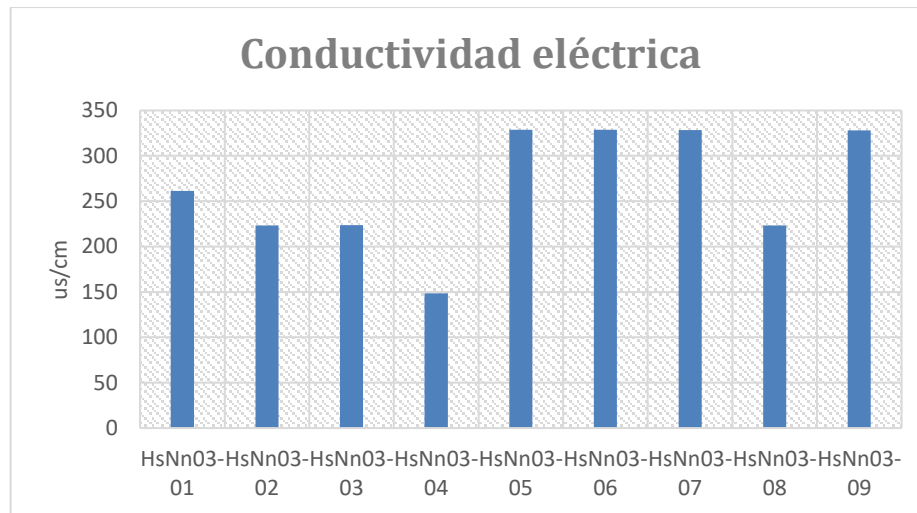


Ilustración 4-6: Resultados de la conductividad eléctrica en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D., 2023.

De acuerdo con la Ilustración 4-6 indicó las variaciones referentes a las nueve muestras analizadas, de las cuales la HsNn03-05 presenta la mayor conductividad eléctrica con 328,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en comparación al estudio de Cárdenas (2022) encontró que este parámetro puede variar en aguas superficiales y subterráneas, debido a los factores que influyen, como: la tierra y las rocas que descargan iones en las aguas que fluyen a través y por encima de ellas. La geología de una cierta zona determina la cantidad y el tipo de iones. Así también, cuando la temperatura aumenta, la conductividad aumenta también, dentro de los valores registrados de conductividad eléctrica emite un rango de 115 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Asimismo, menciona que cuando la conductividad eléctrica es menor a 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se considera agua pura, mientras que cuando se encuentra en el rango 280-430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el agua está poco contaminada. Finalmente, cuando el valor se encuentra en un rango 430-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ el agua está contaminada (p.21). Por lo que, la presente investigación se encuentra en el rango de agua poco contaminada. Sin embargo la OMS en 1995 manifiesta un límite máximo permisible de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El autor Carrillo (2018), obtuvo resultados entre 110 – 284 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 14 muestras, además manifestó que este parámetro indica la

presencia de metales en el agua que por su movimiento transmiten energía o calor y es una estimación de la cantidad de sales disueltas que se encuentran en el agua (p.60).

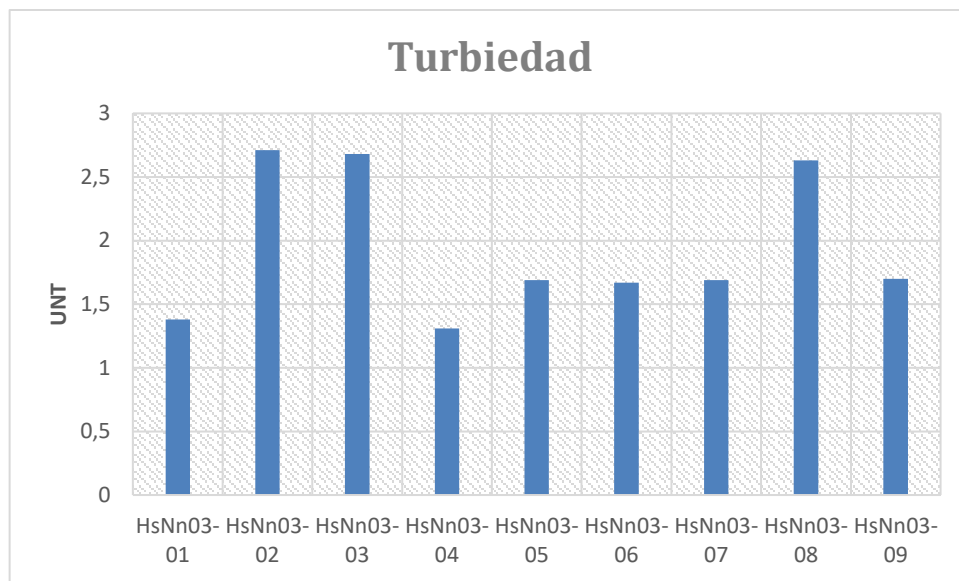


Ilustración 4-7: Resultados de la turbiedad en las nueve muestras

Realizado por: Dahuas, D, 2023.

En el caso de la turbiedad la ilustración 07-4, indicó la variación de las nueve muestras analizadas. Sin embargo, estas diferencias no superan el límite permisible de 100 NTU para este parámetro, las muestras HsNn03-02, HsNn03-03 y HsNn03-08 presentaron valores mayores entre las muestras de 2,71, 2,68 y 2,63 NTU, respectivamente. Se consideró como un cuerpo de agua de baja turbidez, ya que, los resultados arrojados son menores a muchas investigaciones como Liu et al., (2018, p. 3) con el estudio “Enhanced coagulation of low-turbidity micro-polluted surface water: Properties and optimization” en el que el agua superficial de Lago Yangshan en Nanjing de la provincia de Jiangsu, China presento una turbidez inicial de agua cruda de aproximadamente 8,0–15,0 NTU, para disminuir la turbidez aplicaron PACl (Policloruro de Aluminio) para reducir por debajo de 3,5 NTU en una dosis suficiente. Asimismo, Granizo et al (2019, p. 44), en su determinación del índice de calidad de agua (ICA – NSF) de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de páramos, Parroquia Sucre, Cantón Patate, encontraron en cuatro muestras un rango de 4 a 5 NTU. Otro estudio de Peralta (2019, p. 44) realizo una determinación del caudal y calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad el calvario, ubicado en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua, en la que presento un valor de turbidez en la zona alta con 22,8 NTU, acorde al análisis el valor indica un nivel medio de materia sin disolver en esta zona por lo que necesita tratamiento convencional y desinfección .

4.3.1 Resultados del índice de calidad del agua

Tabla 4-6: Resultados

PARÁMETRO	W (%)	Índice HsNn03-									W*I HsNn03-								
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Coliformes fecales	15	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	99,00	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85
Demanda bioquímica de oxígeno	10	81,60	81,60	81,60	81,60	81,60	81,60	81,60	81,60	81,60	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16
Nitratos	10	87,75	87,75	87,75	87,75	87,75	87,75	87,75	87,75	87,75	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77	8,77
Potencial Hidrógeno	12	89,30	88,60	88,20	87,85	87,60	86,75	86,25	85,90	86,00	8,93	8,86	8,82	8,78	8,76	8,675	8,625	8,59	8,60
Sulfatos	10	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,125
Oxígeno disuelto	17	94,16	93,88	93,60	93,60	93,29	93,60	93,29	93,60	93,29	16,00	15,96	15,91	15,91	15,85	15,91	15,85	15,91	15,85
Sólidos suspendidos totales	8	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	85,00	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Turbiedad	8	97,24	94,58	94,64	97,38	96,62	96,66	96,62	94,74	96,6	7,77	7,56	7,57	7,79	7,72	7,73	7,72	7,57	7,72
Temperatura	10	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	83,4	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34
ICA											80,89	80,56	80,47	80,66	80,52	80,49	80,38	80,25	79,23

Realizado por: Dahuas, D., 2022.

Tabla 4-7: Clasificación de la calidad del agua de acuerdo al modelo NSF

Rango	Calidad
0-25	Pésima
26-50	Mala
51-70	Mediana
71-90	Buena
91-100	Excelente

Fuente: (Brown, 1970; citado en Carrillo & Urgilés, 2016)

De acuerdo con el modelo NSF el agua se encontró en un rango de 71 a 90 y se consideró como buena calidad, ya que, se obtuvo un valor promedio ICA de 80,39 en las nueve muestras analizadas, sin embargo, al ser un recurso hídrico proveniente de una fuente superficial se requiere aplicar una purificación menor para el consumo humano. Estos resultados concuerdan con Granizo & Toa (2020) que encontraron un ICA- NSF entre 81, 83 y 87,70 de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de páramos, parroquia Sucre, cantón Patate, de la que después de un tratamiento de purificación se distribuye a las comunidades para el consumo humano y agrícola.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se analizó el componente biofísico de las fuentes de agua pertenecientes al ecosistema en la parroquia Quimiag, en el que se encontró ecosistemas heterogéneos en el que se denota la presencia de matorrales, bosques del páramo, los cuales son servicios ambientales contribuyen a la regulación del equilibrio de la naturaleza, así como también, del agua y el clima, el recurso hídrico proviene del Rio Blanco y la superficie cubierta por paramos y bosques representa el 68%, esto permite la conservación de la biodiversidad y el almacenamiento de la fuente hídrica. Además, se visualizó variedad en plantas y animales silvestres que permite que se mantenga la biodiversidad. Sin embargo, la zona presentó un relieve muy pronunciado, que está en amenaza por deslizamientos originados por el riego por gravedad, los incendios, el pastoreo de ganado en el páramo, el aumento de la frontera agropecuaria, deforestación, las plantaciones de pino en el páramo, entre otros. Las grandes pendientes alrededor del entorno dificultan el asentamiento de pobladores. La altitud no supera los 5000 msnm. El clima Ecuatorial de Alta Montaña representa el 62,80%, además, por la presencia del Nevado El Altar representa el 28,16% de clima Nival, con 8546,63 y 3832,17 hectáreas, respectivamente.
- Se caracterizó la diversidad biológica perteneciente al ecosistema establecido, en el que se identificó el entorno de la zona de estudio con arbustos esclerófilos semiprostrados, con una altura entre 0,5 a 1,5 m, en morrenas, circos glaciares, escarpados rocosos, depósitos de rocas glaciares y pendientes pronunciadas de arena o quebradas estrechas. En el que la principal característica es la vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación que se localiza en las cumbres más altas de la cordillera. Las especies representativas de este ecosistema son: arbustos esclerófilos enanos de *Loricaria*, *Pentacalia*, *Monticalia* y *Diplostephium*, cojines como *Xenophyllum*, *Azorella*, *Distichia* y *Plantago* y las hierbas de tallo corto como *Poa*, *Stipa* y *Calamagrostis* y 12 especies de mamíferos, 12 aves, 2 anfibios y reptiles y una especie de pez. Constituyendo una variedad de fauna en las zonas de páramo que se integran entre ellos y subsisten gracias al recurso hídrico.
- Se determinó el estado actual del recurso hídrico, por medio de un análisis físico químico y microbiológico en el que los parámetros en su mayoría presentaron resultados constantes

en las nueve pruebas efectuadas, tan solo, el color real, fluoruro, hierro total, potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y turbiedad mostraron una leve variación en sus resultados. Sin embargo, no afectó en la calidad de agua, ya que, se encontraron dentro del límite permisible de acuerdo con la Norma NTE INEN 1108:2014. El color real con 13 Und Co/Pt está relacionado a las sustancias disueltas en el agua, es decir, este parámetro brinda una idea del bajo nivel de materia orgánica natural en el agua, el fluoruro con 0,25 mg/L es normal, puesto que, el agua proviene de un superficial en el que se origina a partir de procesos naturales, es decir, interacciones entre el agua y las rocas y los minerales que contienen fluoruro y actividades humanas, lo mismo sucede con el hierro total que arrojó un valor menor a 1 mg/L, en el que concentraciones altas en aguas superficiales pueden indicar la presencia de efluentes industriales o desagüe, el potencial de hidrogeno obtuvo un valor de 9,68, la solubilidad y la biodisponibilidad, es decir, cuánto pueden consumir los organismos acuáticos de sustancias químicas como nutrientes y metales pesados, es adecuada. Se determinó el índice de calidad del agua, por medio de la metodología NSF en el que se tomó los parámetros: Coliformes fecales, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Potencial Hidrógeno, Sulfatos, Oxígeno disuelto, Sólidos suspendidos totales, Turbiedad y Temperatura, con el producto del peso relativo y el subíndice de cada parámetro, se obtuvo un valor promedio de ICA – NSF de 80,39. Se concluye finalmente que el recurso hídrico es una fuente de agua de alta calidad, y que a sus alrededores no se encuentra ninguna zona industrial ni residencial, lo que contribuye a la conservación del recurso hídrico.

5.2 Recomendaciones

- Realizar campañas socioambientales dirigidas hacia los agricultores, ganaderos y demás comunidad, para mantener las condiciones de buena calidad actuales del recurso y lograr actitudes pragmáticas en la conservación de el mismo en el ecosistema Herbazal y Arbustal subnival siempre verde del páramo.
- Reducir el uso de químicos utilizados en la producción ganadera y agrícola, por posibles motivos de filtración de estos hacia el recurso hídrico poniéndolos en riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

ABAMBARI, T. Propuesta para la creación del centro de interpretación ambiental en el parque nacional Llanganates, provincia de Tungurahua. (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). [En línea] 2010. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13311/1/41640_1.pdf.

ATI CUTIUPALA, Guicela Margoth. Análisis de la composición florística y diversidad del ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo como base para estudios de fisiología y comportamiento ante el cambio climático. *Polo del conocimiento* [en línea]. 2021, 8(2), 1. ISSN 1235-7854 [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3377/html>

BHATTACHARYA, P.; et al. Health risk assessment of co-occurrence of toxic fluoride and arsenic in groundwater of Dharmanagar region, North Tripura (India), *Groundwater for Sustainable Development* [En línea]. 2020, 11(), p.100430. ISSN 2352-801X. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100430>.

CABRERA, E.; et al. “Evaluación del recurso hídrico en el ecosistema montañas de Guamuhaya en Cienfuegos”. *Ekotemas*, Vol. 4, No. 2 (2018), (Cuba) pp. 34-47.

CABRERA, A.; et al. Concentración de flúor en agua en parroquias rurales del cantón Cuenca – Ecuador. *La Ciencia al Servicio de la Salud* [En línea]. 2023, 13(2), pp. 40-51. ISSN 1390-874X. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/773/770>

CAMACHO, Miguel. "Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible". *Revista digital* [en línea]. 2013, 1(2), 79. ISSN 1542-7854 [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241/1227>

CARRILLO VILLAFUERTE, Ligia Elena. *Evaluación de la calidad físico – químico, microbiológica y parasitológica del agua utilizada en las queseras ubicada en la parroquia de Quimiag en el cantón Riobamba perteneciente a la provincia de Chimborazo.* (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador,

2018, p.124. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9015/1/56T00802.pdf>

CHAI, N.; et al. Spatiotemporal variations, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in the Fen River, *Science of The Total Environment* [En línea]. 2021, 757(), p. 143882, ISSN 0048-9697. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143882>.

CHUNCHO, Guillermo. Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: una revisión. *ResearchGate* [en línea]. 2019, 9(2), 72. ISSN 2528. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344180955_Paramos_del_Ecuador_importancia_y_afectaciones_Una_revisi

CONCEPTO. DE. *Recursos hídricos*. 2022. [Consulta: 23 agosto 2022]. Disponible en: <https://concepto.de/recursos-hidricos/#:~:text=Los%20recursos%20h%C3%ADdricos%20son%20los,recursos%20naturales%20del%20planeta%20Tierra.>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. 2008. pp. 13-95. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>

CÁRDENAS CADME, Diana Gabriela & MACÍAS CRIOLLO, John James. *Determinación de factores físico químicos en cuerpos lénticos en el páramo del macizo del Cajas* (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2022. p. 123. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11801/1/17329.pdf>

ECOTEC. *Ecosistemas ecuatorianos* [en línea]. Ecuador-Quito: Girh, 2018 [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://www.ecotec.edu.ec/documentacion/propuestas/turismo_hoteleria_2007/987_HTR_B_S_AMB_256.pdf

ENCA. *Estrategia nacional de calidad del agua* [en línea]. 3ª ed. Ecuador-Quito: Paraninfo, 2016 [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

ESCUADERO FRESNEDA MESTRE, Miguel & MARTÍNEZ ANDINO, Jimmy Javier. *Determinación de la calidad de agua mediante un análisis Hidroquímico, en la comunidad Ponce Quilotoa, parroquia Zumbahua, provincia de Cotopaxi.* (Trabajo de Titulación). (Postgrado), Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. 2021. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4452/1/MANUSCRITO%20%20FINAL%20JIMMY%20ESCUADERO%20ANDINO.pdf>

ESPARZA PIÑAS, Daniela. *Análisis de la composición faunística de los ecosistemas herbazal de páramo, herbazal y arbustal siempre verde subnival de páramo y herbazal húmedo montano alto superior de páramo de la reserva de producción de fauna chimborazo.* (Trabajo de Titulación). (Titulación), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. p 7. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8219>

GIL, M. *Nuevos conceptos en la caracterización de agua residual industrial.* 2019. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/mauricio-gil/nuevos-conceptos-caracterizacion-agua-residual-industrial>

GRANIZO TABOADA, Roney Martín & TOA LÓPEZ Verónica Nicole. *Determinación del índice de calidad de agua (ICA – NSF) de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de parámos, Parroquia Sucre, Cantón Patate.* (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador, 2020, p. 98. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/827/1/T.AMB.B.UEA.%20%203266.pdf>

HU, Y.; et al. High-strength joint of nuclear-grade FeCrAl alloys achieved by friction stir welding and its strengthening mechanism, *Journal of Manufacturing Processes* [En línea]. 2021, 65(), pp. 1-11. ISSN 1526-6125. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.03.007>.

JAIMES LEÓN, German Alonso & SEPÚLVEDA QUINTANA, Yury. *Determinación de los Índices de Calidad del Agua (ICA), Índices de Contaminación del Agua (ICOs), Metales Pesados 50 metros aguas arriba (coordenadas 7°22'53.75" N-72°53'54.16" O) y 50 metros aguas abajo (coordenadas 7°22'50.60" N-72°53'54.79" O) de un punto de vertimiento en la quebrada Angosturas del municipio California (Santander) y su Evaluación de Impacto Ambiental.* (Trabajo de Titulación). (Pregrado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bucaramanga-Colombia. 2020. p.10-75. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34847/gajaimel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JARAMILLO, M.; & MERCHÁN, T. Evaluación de las zonas de recarga hídrica con relación a las formaciones vegetales en la parroquia Angochagua (Trabajo de titulación) (Tesis de pregrado). [En línea] Universidad Técnica del Norte, Facultad De Ingeniería En Ciencias Agropecuarias Y Ambientales. Ibarra-Ecuador. 2018, pp. 1-98. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/8654/1/03%20RNR%20294%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

LOZANO RODRÍGUEZ, Pablo. Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: una revisión. *Redib* [En línea]. 2021, **9**(2), 315. ISSN 313-338 [Consulta: 27 agosto 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Guillermo-Chuncho-2/publication/344180955_Paramos_del_Ecuador_importancia_y_afectaciones_Una_revision/links/5f599caaa6fdcc11640482c4/Paramos-del-Ecuador-importancia-y-afectaciones-Una-revision.pdf

MAE. Estrategia Nacional de Calidad del Agua [En línea]. Septiembre de 2016. pp. 12-14. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

MEHDI, Q.; et al. Characteristics, water quality index and human health risk from nitrate and fluoride in Kakhk city and its rural areas, Iran. *Journal of Food Composition and Analysis* [En línea]. 2023, 115(), p. 104870. ISSN 0889-1575. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104870>.

MEJÍA, J. *Evaluación de calidad de agua cruda proveniente de fuentes subterráneas previo a su distribución para uso doméstico del barrio San Luis de la parroquia Lloa.* (Trabajo de Titulación). (Titulación), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2017. p. 41. [Consulta: 28 agosto 2022]. Disponible en:

MUÑOZ MORENO, Wilson David. *El agua del páramo como elemento de la naturaleza en el marco jurídico ecuatoriano, caso de estudio cuenca.* (Trabajo de Titulación). (Titulación),

Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2017. p. 41. [Consulta: 28 agosto 2022]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10545/1/16134.pdf>

NIETO, S. “Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica”. *Universidad de Medellín Colombia*, Vol. 12, No. 23 (2013), pp. 13-34.

PADRINO, Luis Alejandro. Gestión integral de recursos hídricos en Ecuador. *vitalis* [En línea]. 2021. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: https://vitalis.net/agua/girh_ecuador/#:~:text=Ecuador%20es%20además%20el%20país,Vertiente%20Oriental%20o%20Amazónica%20con

PALACIOS PILLAJO, R. F. & VELASTEGUI QUINTEROS, L. C. *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha* (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2020. p.126. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34847/gajaimesl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PDOT. CHIMBORAZO. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de chimborazo* [En línea]. Ecuador-Riobamba: Andes Editorial, 2020 [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000280001_PDyOT%20FINAL%20-%20160516%2013y50_16-05-2016_19-06-53.pdf

PDOT. QUIMIAG. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia santiago de quimiag* [En línea]. Ecuador-Quimiag: Editor, 2021 [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/589967205/PDOT-QUIMIAG-2020-2021>

PERALTA L, Ronald Freddy. *Evaluación de recursos hídricos, con fines de riego, en la microcuenca keraya del municipio de cairoma.* (“EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS CON FINES DE RIEGO EN LA ... - SciELO”) (Trabajo de Titulación). (Titulación), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2017. p. 13. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13209>

PERALTA PERALTA, Jessica Magaly. *Determinación del caudal y calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la comunidad el calvario, ubicado en el cantón Tisaleo,*

provincia de Tungurahua. (Trabajo de Titulación). (Postgrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba- Ecuador, 2019, p.124. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/10379/1/33T0214.pdf>

PTR-ES. *Carbono Orgánico Total*. 2007. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://ptr-es.es/Carbono-organico-total-COTComo-C,15663,11,2007.html>

REDIRIS GALARRAGA, Remigio. Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador. *HidroRed* [en línea]. [sin fecha] [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html#:~:text=La%20mayor%20parte%20de%20consumo,el%2015%%20y%2025%>

S&P. *Fórmula para calcular el caudal (con y sin normativa)*. 2017. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/formula-caudal/#:~:text=Se%20puede%20definir%20el%20caudal,la%20ventilación%20es%20el%20aire>.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN. *Ecosistemas andinos* [En línea]. Ecuador-Quito: Control San, 2020 [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>

SRIVASTAVA, S., & FLORA, S. Fluoruro en agua potable y fluorosis esquelética: una revisión del impacto global. *Informes actuales de salud ambiental* [En línea]. 2020, 7(), pp. 140-146. [Consulta: 26 abril 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00270-9>

TORRES, Laura. “Physicochemical and microbiological characterization of wastewater from coffee processing”. *ION*, (2019), (Colombia) p.61. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v32n2/2145-8480-rion-32-02-59.pdf>

TULSMA. Libro VI. Anexo I: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. 2015. pp. 286-300. [Consulta: 22 agosto 2022] Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

VALENCIA MORENO, Juan Eduardo. *Ecosistemas* [En línea]. Ecuador-Quito: ArgBook, 2020 [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://www.mclibre.org/otros/daniel_tomas/diversificacion/ecosistemas/ecosistemas.pdf

YONGHAI, G.; et al. Basicity of titanium-based coagulants matters in the treatment of low-turbidity water, *Separation and Purification Technology* [En línea]. 2022, 281(), p.119989. ISSN 1383-5866. [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119989>

ZHOZHOU, L.; et al. Enhanced coagulation of low-turbidity micro-polluted surface water: Properties and optimization, *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2019. 233(), pp. 739-747, ISSN 0301-4797, [Consulta: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.101>



ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA



ANEXO B: RIO EN EL ECOSISTEMA HSNN03



ANEXO C: CAPTACIÓN DE AGUA DE LA PARROQUIA QUIMIAG



**ANEXO D: OBSERVACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL AGUA EN EL ECOSISTEMA
HSNN03**





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Darwin Jair Dahuas Palacios
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniero Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2188-DBRA-UPT-2023

