

REPÚBLICA DEL ECUADOR



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE  
RIEGO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO PICHAVÍ, CANTÓN  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión Integral  
de Cuencas Hidrográficas

**DIRECTOR:**

David Ernesto Suárez Duque

**AUTOR:**

Cristina Elizabeth Valles Goveo

IBARRA - ECUADOR

2024

## ***Dedicatoria***

*A mi y al proceso que sin dar paso a la rendición permitió que llegara a redactar el presente documento, con el reconocimiento merecido a quien suscribe.*

*A mis amores, pareja e hijo que con amor y paciencia sostuvieron este largo proceso en la construcción del estudio que se fortalecía continuamente con el conocimiento y criterio técnico a lo largo del tiempo.*

*A mis familiares y amigos queridos que sin saberlo apoyaron en el estudio con su contingente, recomendaciones, palabras de aliento y acompañamiento por lo que les hace parte de las líneas que se leerán en adelante.*

***Cristina Elizabeth Valles G.***

## ***Agradecimientos***

*A la Universidad Técnica del Norte – Facultad de Posgrado, quien a través de sus valiosos docentes y funcionarios contribuyeron a la formación académica y construcción del presente estudio.*

*A mis estimados docentes tutor: David Suarez Duque y asesor: José Ali Moncada quienes con el valioso conocimiento dirigieron y aportaron muy acertadamente en la elaboración del documento de tesis.*

*Al Parque Nacional Cotacachi Cayapas (zona alta) a través de su responsable Rafael Defas; a mis compañeros guardaparques Plutarco Méndez, Luis Arotingo, Ramiro Flores por su apoyo constante y permanente acompañamiento hacia las fuentes de agua durante las visitas de campo.*

*Al GAD municipal de Cotacachi a través de los funcionarios:*

*Ing. Francisco Grijalba, ex funcionario de la Jefatura de Biodiversidad por la información proporcionada y el acompañamiento durante la fase de campo,*

*Al Ing. Luis Bonilla, responsable de la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado por su apoyo inmediato en la visita de campo y entrega de información necesaria para la consecución del estudio.*

*Al Ing. Marcelo Ponce, funcionario de la Jefatura de Avalúos y catastros por su valioso asesoramiento, acompañamiento y facilitación inmediata de información necesaria para la elaboración del documento de tesis.*

*Al docente universitario e investigador Christian Villamarín por el apoyo oportuno en la revisión y validación del instrumento utilizado para la evaluación del estado de protección de fuentes de agua*

*A mis queridos amigos a quienes recuerdo con profunda gratitud y cariño, cuando recuerdo el inicio del presente estudio: Anita Lucero, Vicente Encalada y Concepción Espinosa*

*A la Dirección Zonal 1 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica en nombre de las funcionarias; Cristina Saransig; María José Zuleta, Verónica Pozo, Estefanía Andrade, por la oportuna entrega de información para la consecución del presente estudio y por su valiosa amistad.*

*A la Dra. Patricia Aguirre, docente investigadora de la Facultad de Posgrado de la Universidad Técnica del Norte, quien sin saberlo aportó grandemente para la consecución del presente estudio con su preocupación e interés.*

*Mi sentida gratitud y reconocimiento a todos*

***Cristina Elizabeth Valles G***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD	1002859930		
APELLIDOS Y NOMBRES	Valles Goveo Cristina Elizabeth		
DIRECCIÓN	Atuntaqui, calle Luis Gonzalo Yépez S/N y Panamericana		
EMAIL	<a href="mailto:cvallesg@utn.edu.ec">cvallesg@utn.edu.ec</a> / <a href="mailto:crisvalles81@gmail.com">crisvalles81@gmail.com</a>		
TELEFONO FIJO	062 617 953	TELEFONO MOVIL	0993697430

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Zonas de protección de las fuentes de agua potable y de riego en la unidad hidrográfica del río Pichaví, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura
AUTOR:	Cristina Elizabeth Valles Goveo
FECHA:	5 de agosto del 2024
PROGRAMA DE POSGRADO	Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas
TITULO POR EL QUE OPTA	Magister
TUTOR	David Ernesto Suárez Duque

## 2. CONSTANCIAS

Yo Cristina Elizabeth Valles Goveo manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que soy titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de agosto del año 2024

AUTOR:



Firmado electrónicamente por:  
CRISTINA ELIZABETH  
VALLES GOVEO

Firma \_\_\_\_\_

Cristina Elizabeth Valles Goveo



Ibarra, 4 de julio de 2024



Dra.  
Lucía Yépez  
**DECANA FACULTAD DE POSGRADO**

**ASUNTO:** Conformidad con el documento final

Señora Decana:

Nos permitimos informar a usted que revisado el Trabajo final de Grado ZONAS DE PROTECCION DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE RIEGO EN LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO PICHAVI, CANTON COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA del maestrante *Cristina Elizabeth Valles Goveo*, de la Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, certificamos que han sido acogidas y satisfechas todas las observaciones realizadas.

Atentamente,

	Apellidos y Nombres	Firma
Director	David Suarez Duque	 <p>Firmado electrónicamente por: DAVID ERNESTO SUAREZ DUQUE</p>
Asesor	José Ali Moncada	 <p>Firmado electrónicamente por: JOSE ALI MONCADA RANGEL</p>

## INDICE DE CONTENIDOS

<b><i>DEDICATORIA</i></b>	<b>2</b>
<b><i>AGRADECIMIENTOS</i></b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>12</b>
<b>EL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. ANTECEDENTES	13
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.4. JUSTIFICACIÓN	19
<b>CAPITULO II</b>	<b>21</b>
<b>MARCO REFERENCIAL</b>	<b>21</b>
2.1 MARCO TEÓRICO	21
2.1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	21
2.1.2 TIPOS DE FUENTES DE AGUA Y SUS CARACTERÍSTICAS	21
2.1.3 ZONAS DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA	23
2.1.4 CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA	24
2.1.5 CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA	25
2.1.6 CRITERIOS LEGALES PARA LA PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA	26
2.1.7 ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA (EJEMPLOS)	27
2.1.8 SITUACIÓN DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA EN EL PAÍS	29
2.2. MARCO LEGAL	30
2.2.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008.	30
2.2.2. CÓDIGO ORGÁNICO ORDENAMIENTO TERRITORIAL AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN (COOTAD), 2010.	31
2.2.3 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014	31
2.2.4 REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS (2015)	32
2.2.5 ORDENANZA SUSTITUTIVA QUE DELIMITA, REGULA, AUTORIZA Y CONTROLA EL USO DE RIVERAS Y LECHOS DE RÍOS, LAGOS Y LAGUNAS, QUEBRADAS, CURSOS DE AGUA, ACEQUIAS Y SUS MÁRGENES DE PROTECCIÓN; EN EL CANTÓN SANA ANA DE COTACACHI, 2016	33
<b>CAPITULO III</b>	<b>35</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>35</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	35
3.2 ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.2.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	36

<b>3.2.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>36</b>
<b>3.3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>37</b>
<b>3.4 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS</b>	<b>40</b>
<b>CAPITULO IV</b>	<b>41</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>41</b>
<b>4.1 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA DE RIEGO Y POTABLE</b>	<b>41</b>
<b>4.1.1 GENERALIDADES:</b>	<b>41</b>
<b>4.1.3 ESTADO DE PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE AGUA CHUMAVÍ</b>	<b>52</b>
<b>4.1.4 ESTADO DE PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE AGUA EL HONDÓN</b>	<b>58</b>
<b>4.1.5 ESTADO DE PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE AGUA CUICOCHA – JUNTO AL LAGO</b>	<b>59</b>
<b>4.1.6 ESTADO DE PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE AGUA CONDOR LOMA</b>	<b>64</b>
<b>4.1.7 FUENTE DE AGUA QUEBRADA CUBI – GUITARRA UCO Y LA CALERA</b>	<b>70</b>
<b>4.2 ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INCIDEN EN LA PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA</b>	<b>77</b>
<b>4.2.1 CRITERIOS DE RIESGO Y PROTECCIÓN</b>	<b>77</b>
<b>4.2.2 CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACIÓN</b>	<b>82</b>
<b>4.2.3 CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA DEL GAD COTACACHI</b>	<b>84</b>
<b>4.3 ESTRATEGIAS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA</b>	<b>86</b>
<b>4.3.1 PROGRAMA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN</b>	<b>87</b>
<b>4.3.2 PROGRAMA DE GESTIÓN COMUNITARIA</b>	<b>88</b>
<b>4.3.4 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>90</b>
<b>4.3.5 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y GENERACIÓN DE PROYECTOS</b>	<b>91</b>
<b>4.3.6 PROGRAMA DE FINANCIAMIENTO Y RECURSOS</b>	<b>92</b>
<b>4.3.7 PROGRAMA DE EVALUACIÓN Y MONITOREO</b>	<b>93</b>
<b>5. CONCLUSIONES:</b>	<b>94</b>
<b>6. RECOMENDACIONES:</b>	<b>95</b>
<b>7. REFERENCIAS:</b>	<b>97</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 1:</b>	<b>101</b>
<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE FUENTES DE AGUA</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 2.-</b>	<b>103</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE VIGENCIA DE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA LEVANTADO POR EL GAD MUNICIPAL</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO 3.-</b>	<b>105</b>
<b>VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR PARTE DE UN EXPERTO</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO 4.- MAPAS</b>	<b>112</b>



## INDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Fuentes de agua existentes en la unidad hidrográfica del río Pichaví de acuerdo al uso 43

**Tabla 2.-** Matriz de evaluación de fuentes de agua \_\_\_\_\_ 50

**Tabla 3.-** Matriz de evaluación de las fuentes de agua para consumo humano Chumaví 1 y 2 \_\_\_\_\_ 56

**Tabla 4.-** Matriz de evaluación de las fuentes de agua para consumo humano Condor Loma \_\_\_\_\_ 68

**Tabla 5.-** Matriz de evaluación de las fuentes de agua para consumo humano Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín \_\_\_\_\_ 75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Ubicación del Área de estudio. _____	<b>36</b>
<b>Figura 2.</b> Ubicación de fuentes de agua potable, en las zonas alta y media de la unidad hidrográfica. _____	<b>42</b>
<b>Figura 3.</b> Ubicación de captaciones de agua de riego en la zona baja de la unidad hidrográfica. _____	<b>45</b>
<b>Figura 4:</b> Vista de las fuentes de agua Sixituro y Chumaví 1 y 2 en el Cerro Cotacachi dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas _____	<b>46</b>
<b>Figura 5:</b> Área de la fuente de agua Sixituro. A. Fuente Sixituro. B. Toma de caudal en la fuente. C. Vegetación del área circundante a la fuente (pajonal). D. Vegetación del área circundante (arbustos). _____	<b>47</b>
<b>Figura 6:</b> Mapa de hidrogeología (nivel freático) _____	<b>49</b>
<b>Figura 7:</b> Área de las fuentes de agua Chumaví 1 y 2. A. Quebrada Chumaví que conduce el agua de los deshielos del volcán Cotacachi y escurrimiento del páramo. B. Fuente de agua. C. Medición del caudal. D. Infraestructura de captación. E. Tanques desarenadores previo a la conducción. F. Vista de huellas de venado. G. Vista de huellas de felino _____	<b>53</b>
<b>Figura 8:</b> Tanques de almacenamiento de agua para ser distribuida a la comunidad Ugshapungo; no es considerada fuente de agua de acuerdo con la metodología del presente estudio. _____	<b>59</b>
<b>Figura 9:</b> Área de la fuente de agua Cuicocha – Junto a la laguna. A. Captación vista de tubería colocada en la roca B. Tanque de almacenamiento C. Sitio alrededor de la fuente. D. vegetación circundante e ingreso a la fuente. _____	<b>60</b>
<b>Figura 10:</b> Área de la fuente de agua Condor Loma. A. Área de fuentes de agua Condor Loma de propiedad del GAD municipal de Cotacachi; B. Verificación de uno de los tanques de agua con apoyo de un funcionario del GAD municipal. C. Tanque 1 de acumulación de agua. D. Tanque 2 de acumulación de agua. _____	<b>65</b>
<b>Figura 11:</b> Área de la fuente de agua Condor Loma. A. Tanque de captación El Punge; B. Vegetación del área. C. Toma de datos tanque de captación del GAD municipal. D. Tanque de agua remanente que se dirige a formar el río Pichaví _____	<b>68</b>
<b>Figura 12:</b> Área de la fuente de agua Cubi – Guitarra Uco y La Calera. A. B. C. Vegetación y pequeños canales de recolección y conducción del agua hacia el tanque de almacenamiento. _____	<b>71</b>
<b>Figura 13:</b> D. Afloramiento de agua E. Vista del cerramiento del área donde se encuentran las fuentes de agua F. Tanque de almacenamiento G. Vista de agua que ingresa al tanque. _____	<b>72</b>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTION INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**ZONAS DE PROTECCION DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE  
RIEGO EN LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO PICHAVI, CANTON  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA**

**Autor:** Cristina Elizabeth Valles Goveo

**Tutor:** David Ernesto Suárez Duque

**Año:** 2024

**RESUMEN**

La Unidad hidrográfica del río Pichaví, ubicada en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura abastece de agua para consumo humano y riego a la población de la parroquia Quiroga y algunos barrios de la cabecera parroquial de Cotacachi. Según la bibliografía, desde el 2006 se identificó la existencia de escasez de agua para solventar las actividades agrícolas, industriales y de consumo humano; así mismo se determinó que se encuentran bacteriológicamente contaminadas. Dada la existencia de normativa nacional y local para la protección de fuentes de agua, la presente investigación analiza la eficacia de la ordenanza municipal a través de la evaluación del estado de protección de las fuentes; para ello se identifican las fuentes de agua desde una línea base levantada por el GAD municipal de Cotacachi. La evaluación del estado de protección utiliza un instrumento que analiza variables agrupadas en tres tipos de criterios: riesgos y protección; integridad y conservación y criterios legales establecidos en la ordenanza municipal; los resultados recaen en tres segmentos de valores que identifican a las fuentes como: Protegidas; Medianamente protegidas e Insuficientemente protegidas; así también, se analizan los factores que inciden en la protección de fuentes de agua y se establecen medidas de manejo para su protección y conservación. Los resultados determinan que las 5 fuentes de agua para consumo humano evaluadas se encuentran medianamente protegidas y por ende existe una mediana prioridad de intervención por parte de los actores comunitarios y gubernamentales; se analiza que las variables evaluadas inciden entre sí y directamente hacia la protección de las fuentes de agua. Las medidas de manejo planteadas integran a todos los actores comunitarios y gubernamentales dentro de la unidad hidrográfica. Se concluye que la ordenanza municipal no se cumple en territorio y se requiere de una delimitación de las zonas de protección en territorio en función de las características de la fuente.

**Palabras clave:** zonas de protección, fuentes de agua; unidad hidrográfica, Pichaví, ordenanza municipal.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTION INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**ZONAS DE PROTECCION DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE  
RIEGO EN LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO PICHAVI, CANTON  
COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA**

**Autor:** Cristina Elizabeth Valles Goveo

**Tutor:** David Ernesto Suarez Duque

**Año:** 2024

**ABSTRACT**

The Pichaví River Hydrographic Unit, located in the Cotacachi canton, Imbabura province, supplies water for human consumption and irrigation to the population of the Quiroga parish and some neighborhoods of the Cotacachi parish seat; According to the bibliography, since 2006 the existence of water scarcity was identified to solve agricultural, industrial and human consumption activities; Likewise, it was determined that they are bacteriologically contaminated. Given the existence of national and local regulations for the protection of water sources, this research analyzes the effectiveness of the municipal ordinance through the evaluation of the state of protection of the sources; To do this, water sources are identified from a baseline drawn up by the municipal GAD of Cotacachi. The evaluation of the protection status uses an instrument that analyzes variables grouped into three types of criteria: risks and protection; integrity and conservation and legal criteria established in the municipal ordinance; The results fall into three segments of values that identify the sources as: Protected; Moderately protected and Insufficiently protected; Likewise, the factors that affect the protection of water sources are analyzed and management measures are established for their protection and conservation. The results determine that the 5 sources of water for human consumption evaluated are moderately protected and therefore there is a medium priority for intervention by community and government actors; It is analyzed that the evaluated variables affect each other and directly towards the protection of water sources. The proposed management measures integrate all community and government actors within the hydrographic unit. It is concluded that the municipal ordinance is not complied with in the territory and a delimitation of the protection zones in the territory is required based on the characteristics of the source.

**Keywords:** protection zones, water sources; hydrographic unit, Pichaví, municipal ordinance

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

La normativa en el Ecuador concibe al agua como recurso natural, derecho humano y bien de dominio hídrico público, inalienable, imprescriptible e inembargable a ser protegido y conservado tanto por instituciones públicas como de nivel comunitario para asegurar su permanencia, calidad y acceso equitativo. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y aprovechamiento - LORHUYA, 2014) (Art. 4). La responsabilidad de protección, recuperación y conservación de fuentes de agua es delegada a los propietarios de predios en donde se hallen, a los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios (Art. 12). Además, la ley establece las formas de conservación y protección hídrica considerando a las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción (Art. 13), de cuya delimitación se encarga la autoridad del agua (Art. 18).

Los lineamientos descritos en la LORHUYA han sido considerados por las autoridades del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, en la construcción de la Ordenanza que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección, vigente desde el 2016. Este instrumento legal también regula las relaciones de la municipalidad con las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, públicas, mixtas o privadas, comunitarios o de autogestión y las de éstas entre sí, respecto a las actividades que se realicen en dichos cuerpos de agua; por lo que es importante conocer si, el régimen de protección establecido para las fuentes de agua potable y de riego, asegura en la práctica, el manejo sostenible del recurso hídrico desde sus principales actores como son las juntas de agua potable o de riego, consumidores y usuarios.

Zehetner y Miller mencionan que la zona alta de Cotacachi enfrenta escasez de agua para satisfacer la demanda agrícola, industrial y doméstica (Zehetner & Miller, 2006). Las principales fuentes hídricas son los ríos Pichaví, Pichanviche y Yanayacu, sin embargo, éstas no logran satisfacer la demanda de la población y se encuentran bacteriológicamente contaminadas (Aragundy & Zapata, 2006). Para el año 2015, de acuerdo con el Plan de

desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Cotacachi, estos ríos presentan altos niveles de DBO y *E. coli* total, atribuyendo a la presencia de 12 descargas de aguas servidas, a los desechos sólidos y a las aguas residuales generadas de actividades agrícolas e industriales (Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Imbabura, 2015) Dada la existencia de un cuerpo normativo nacional y local que promueve la protección y conservación del agua por cada uno de los actores públicos y comunitarios, es importante analizar las causas para el deterioro de la calidad del agua del río Pichaví.

Considerando que el recurso hídrico se encuentra bajo un régimen de protección a través de la ordenanza municipal, es posible cuestionar si su aplicación en el territorio puede resultar insuficiente para garantizar el manejo sostenible. La presente investigación analiza la problemática del agua en la unidad hidrográfica del río Pichaví del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, para determinar ¿cuán protegidas se encuentran las fuentes de agua por parte de los actores principales?; así como la determinación de las zonas de protección o áreas de influencia de las fuentes de agua desde el análisis de características físicas, ecológicas y lineamientos legales así como la identificación de estrategias de protección y conservación aplicables.

## **1.2. Antecedentes**

Almeida (2024) hizo una revisión de la evaluación de la calidad del agua de los ríos de la provincia de Imbabura y tomó como área de estudio a las cuencas hidrográficas de los ríos Ambi, Tahuando, Chota e Intag y la representación en mapas de la calidad del agua. Para contextualizar con la investigación propuesta, se identifica a la Unidad hidrográfica del río Pichaví, de la cual, el autor hace precisiones respecto a la contaminación del río por factores como las “descargas de aguas residuales, desechos sólidos” y residuos de agroquímicos por malas prácticas agrícolas y el análisis de resultados y datos de la calidad del agua en base a parámetros físicos, químicos, microbiológicos y biológicos (Almeida, 2014, pág. 14).

Proaño (2006) a través del Ministerio del Ambiente y el proyecto SNAP – GEF realiza el diagnóstico de los recursos hídricos en la Reserva ecológica Cotacachi Cayapas (RECC), actualmente categorizada como Parque Nacional. Como parte de los resultados, describe a las cuencas, sub cuencas y microcuencas que se encuentran dentro del área protegida desde un análisis de los recursos hídricos, caudales, concesiones y estado de

conservación. En el documento se cita a la Microcuenca del río Pichaví que, por su ubicación, se encuentra relacionada con el Parque Nacional Cotacachi Cayapas, con una superficie de 7,86 ha. dentro del área protegida. Esto se relaciona directamente con el mejor grado de conservación de los recursos hídricos, ya que se encuentran bajo un régimen de protección del Sistema nacional de áreas protegidas (SNAP) (p.23). Sin embargo, las microcuencas que se encuentran fuera de los límites del parque nacional no tienen el mismo grado de conservación, este criterio es citado por el autor:

A pesar de encontrarse las microcuencas en los límites de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, lo señalado anteriormente demuestra que el grado de conservación del área va decreciendo, lo que pone en peligro la continuidad en el tiempo de los caudales de las microcuencas (Proaño, 2006, pág. 27).

La parte alta de la unidad hidrográfica del río Pichaví se encuentra dentro del área protegida, lo que permite asumir que existe protección de las fuentes de agua en esta zona; lo contrario ocurriría en la parte media y baja en donde las fuentes de contaminación como desechos sólidos, aguas servidas y afluentes industriales sin tratamiento previo se descargan a las quebradas y ríos; “prácticamente todos los cursos superficiales, en particular el mismo curso medio del río Ambi, y otros como el río Tejar en Otavalo y Pichavi en Cotacachi se encuentran altamente contaminados por materia orgánica y bacterias” (*Op.cit*, p.51-52). uasapud

El análisis de resultados respecto a la contaminación del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas ubicadas en el área protegida, determinan que los problemas de contaminación se dan fuera de los límites del Parque nacional, sin embargo, menciona que es necesario trabajar en la descontaminación en todo el ecosistema e incorpora el concepto de manejo integral de los recursos hídricos; la conclusión a la que llega el estudio establece la importancia de la conservación de fuentes de agua como alternativa válida para preservar la calidad y cantidad de agua generada en las zonas altas.

En la investigación de Cuasapud (2017) respecto al manejo y protección de fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca del Tahuando, ubicada en el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura, define lineamientos técnicos de protección para el manejo de las fuentes de agua basados en aspectos sociales, económicos y técnico ambiental; en cada uno de los aspectos la autora determina la problemática, las causas y acciones a realizar. En referencia al aspecto técnico ambiental, se determinan como lineamientos a) Identificación y delimitación de las fuentes de agua a proteger; b)

Delimitación del área de influencia de las fuentes de agua; c) Intersección con las áreas protegidas; y d) Caracterización física del área de influencia; de este último aspecto se toman algunos lineamientos de referencia que servirán de análisis para la presente investigación.

Los estudios relacionados a la delimitación de zonas de protección hídrica se basan principalmente a fuentes hídricas superficiales o acuíferos destinadas al consumo humano y se presentan metodologías utilizadas para determinar zonas de protección de fuentes de agua. Ya desde el año 1999, la Organización Panamericana de la Salud en el documento sobre La protección de las captaciones, realiza la siguiente precisión:

Es mucho más fácil suministrar a la población agua de calidad satisfactoria si se tiene la seguridad de que los recursos hídricos que se utilizan están en principio, libres de contaminación. Una de las condiciones para mantener la calidad natural de las fuentes de agua es adoptar una política proactiva de protección de las captaciones. (Organización Mundial de la Salud, p. 1)

En este contexto, propone la delimitación territorial de zonas geográficas de protección denominadas perímetros de protección; los cuales se establecen en zonas que obedecen a los objetivos de protección, así: “el perímetro de protección inmediata (zona 1 o "zona alrededor del pozo"); el perímetro de protección cercana (zona 2 ó "zona de prevención") y el perímetro de protección alejada (zona 3 ó exterior)” (p. 4-5) (Organización Panamericana de la Salud, 1999).

Birkel (2007), en su trabajo de investigación referente a la Delimitación empírica de áreas prioritarias para el manejo del recurso hídrico en Costa Rica, presenta una metodología empírica para delimitar zonas prioritarias de protección y las estrategias que se deben implementar en un plan de manejo para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. La metodología aplicada por Birkel se basa en el concepto de la presión humana sobre el recurso hídrico propuesta por la Unión Europea (2000) y Eisele et al. (2003) para determinar una zonificación de áreas prioritarias de acuerdo al uso actual de la tierra, pendientes, uso de agua, hidrogeología, ámbito legal y densidad de la población y propone como primera medida para evitar el deterioro del recurso hídrico la aplicación del concepto de cuenca hidrográfica ya que permite tener una visión global de la dinámica del agua y detectar los puntos de contaminación y los posibles conflictos; como segunda medida la zonificación de áreas según diferentes criterios que permitan evaluar su



importancia ambiental para la protección del recurso hídrico (p. 40) (Birkel Dostal, 2007, pág. 40).

Los autores Foster, Hirata y otros (2007), en la publicación de Protección de la Calidad de fuentes de agua subterránea, propone guías metodológicas para la protección de fuentes de agua dentro de las cuales se incluyen: a) el mapeo de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, b) delimitación de las áreas de protección de fuentes de agua potable, c) Inventario de cargas contaminantes al subsuelo y d) evaluación y control de los peligros de contaminación del agua subterránea (2007).

El GAD municipal de Santa Ana de Cotacachi, provincia de Imbabura, expide la Ordenanza sustitutiva que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección en el cantón Sana Ana de Cotacachi que se encuentra vigente desde el 2016. Este instrumento legal establece que las márgenes de todos los ríos y quebradas del cantón, para la zona andina y urbana, tendrán una zona de protección según establece el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2015-2035 (Gobierno Provincial de Imbabura, 2015); define distancias de franja de servidumbre. Para el manejo de la zona de protección establece las siguientes sub zonas: a) Sub zona exclusiva de protección; b) Sub zona de uso restringido para reforestación y soberanía alimentaria. Para el presente estudio, se consideran los lineamientos establecidos por la ordenanza como elementos de análisis.

El estudio realizado por Bravo, et al, 2019 en el río Mijitayo, ubicado en el Municipio de Pasto, suroccidente colombiano, se aplica la metodología de definición de la ronda hídrica para la protección de los ecosistemas basada en la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia adoptada por resolución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. En la investigación se estudiaron algunas características fitosociológicas entre las cuales se encuentran: altura, cobertura, densidad y frecuencia relativa, con las que se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI), con la densidad de drenaje y el área de la cuenca aferente se delimitó la ronda hídrica con criterios ecosistémicos. El estudio finalmente recomienda varias especies de flora para la recuperación de los ecosistemas (2019).

La investigación realizada por Franz Herrera presenta la problemática de la microcuenca El limón del cantón Zamora entre lo que está los cambios de uso del suelo y actividades agrícolas de la parte alta de la microcuenca que afectan la calidad y cantidad de agua. Para ello se ha implementado un proyecto piloto para la conservación de la fuente logrando la expropiación de terrenos alrededor de la fuente deteniendo el pastoreo intensivo de estas zonas. En la actualidad la fuente de agua está rodeada por el Parque Nacional Podocarpus, terrenos municipales y particulares. La delimitación de la fuente utiliza la metodología aplicada por la Secretaría Nacional del Agua – SENAGUA y Fondo Regional del Agua - FORAGUA, con el uso de modelo digital de elevación de alta resolución. Los resultados determinan la zonificación del área de conservación cuyo objetivo es la protección de los recursos naturales asociados a la generación de agua, protección de biodiversidad, conectividad ecosistémica y producción de servicios ambientales (incluye las zonas de conservación de vegetación, protección de ríos y quebradas); zona poblada y zona para uso sustentable (Herrera, 2019).

En la investigación realizada por Parra (2020) se presentan resultados del análisis de la calidad de agua de las áreas de conservación hídrica (ACH) Alto Pita, Antisana y Ponce Palugillo, realizados para evaluar las estrategias de protección hídricas implementadas por el FONAG. Las áreas de conservación hídricas fueron creadas para proteger los ecosistemas fluviales altoandinos que constituyen la principal fuente de abastecimiento del distrito Metropolitano de Quito, los predios son administrados por el FONAG y las estrategias implementadas se diseñan para mejorar la calidad de agua, el hábitat fluvial y la vegetación de ribera. En todos los sitios de estudio se analizaron parámetros físicos, químicos, biológicos y ecológicos. Los resultados de la investigación muestran la eficacia de las estrategias implementadas por lo que se recomiendan la continuidad de los programas de restauración y los monitoreos continuo (Parra, 2020).

La protección y conservación de fuentes de agua se presenta con un ejemplo claro que lo expone Villacis y Cachipuendo, tras la Declaratoria de la zona de protección hídrica en el territorio del pueblo Kayambi, esta declaratoria se considera un instrumento novedoso que permite desde el marco legal y normativo lograr la protección de fuentes de agua desde varios enfoques eco hidrológicos y desde la gestión comunitaria. El cuidado de las fuentes generalmente es realizado por comunidades indígenas por su cercanía a ellas, el conocimiento de los niveles hídricos y los ecosistemas que permiten

su existencia, sumado a su cosmovisión, tradiciones y cultura de respeto hacia la naturaleza (2021).

La investigación realizada por Lara Vásconez, *et al*, 2023 presenta la metodología para la delimitación y priorización de áreas de protección hídrica en la microcuenca del río Cebadas de la provincia de Chimborazo; utiliza cartografía descargada de plataformas virtuales como Geoportal Ecuador, MAATE, SIGTIERRAS, GEOARCA junto a la guía para la delimitación de áreas de protección hídrica de la SENAGUA y procesos cartográficos ejecutados en el programa ArcGis. Las áreas de protección se delimitaron considerando los tipos de erosión según la pendiente del terreno y la profundidad del suelo, el riesgo potencial de degradación del suelo y el uso del suelo para evaluar el uso de las tierras (2023).

La investigación realizada por Alvarez, (2024) en Las Asadas, parte alta de la cuenca del río Sardinal, del Cantón de Carrillo, en Guanacaste, Costa Rica, con el objetivo principal de fortalecer las capacidades de Gestión Participativa del Agua en las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colón ubicadas en Sardinal de Carrillo establece, entre otros, la identificación del área de protección del río Sardinal con el uso del programa QGIS con la aplicación de la metodología para la delimitación digital de las áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos (INVU) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), así como el radio fijo de protección para los pozos de agua establecido en la Ley de aguas. Los resultados establecen una franja de protección del río y radio fijo para los pozos de agua cuyos resultados brindan información para la toma de decisiones de las autoridades (Alvarez, 2024).

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

- Definir zonas de protección de las fuentes de agua de riego y potable de la unidad hidrográfica del río Pichavi a partir de sus características físicas, ecológicas y criterios legales, que aseguren el manejo sostenible del recurso hídrico.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Evaluar el estado de protección de las fuentes de agua de riego y potable sobre la base de parámetros físicos, ecológicas y lineamientos legales.
- Analizar los factores que inciden en el estado de protección de las fuentes de agua.
- Proponer estrategias de protección y conservación de las fuentes de agua potable y de riego a partir sus características físicas, ecológicas y legales.

#### **1.4. Justificación**

La protección de fuentes de agua es fundamental para asegurar la calidad y cantidad de agua para consumo humano y esto implica el establecimiento de zonas de protección alrededor de la fuente que permitan prevenir la contaminación por acciones antrópicas garantizando la salud de los consumidores, asegurando el equilibrio ecosistémico, la permanencia de la fauna silvestre y protección de la biodiversidad. Visto como una estrategia viable y necesaria contribuye notablemente al cumplimiento de los Objetivos de desarrollo sostenible relacionados al Agua Limpia y segura (ODS 6); Salud y bienestar (ODS 3); Ciudades y comunidades Sostenibles (ODS 11) y Acción por el clima (ODS 13); Vida de ecosistemas terrestres (ODS 15); cada uno de ellos con varias metas a las que seguramente aporta la investigación.

Según la Ordenanza sustitutiva que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección del cantón Santa Ana de Cotacachi, la protección de fuentes de agua es responsabilidad de todos los organismos comunitarios, gobiernos locales y ciudadanía en general, para lo que establece lineamientos de protección, cuidado y conservación de las fuentes hídricas que permitan asegurar la cantidad y calidad del agua potable y de riego siendo la investigación de gran aporte a las autoridades y normativa local.

El Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2035 (Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Imbabura, 2015), en el apartado referente al consumo de agua para riego, determina que el 84% del recurso es usado para agricultura y el 16% para uso doméstico e industrial” (p. 56). Este alto porcentaje destinado al riego de cultivos de ciclo corto destinada al auto consumo y comercialización local determina la importancia de proteger y conservar las fuentes hídricas. Otro dato importante se refiere a que en

Imbabura el 36,79% del caudal que equivale a 44656,48 l/s es aprovechado para riego (p. 55) y en Cotacachi, donde se encuentra el área de estudio, “1.788,5 l/s son destinados para este uso, sin embargo, esta cantidad resulta insuficiente principalmente en la zona andina” (p. 70).

El agua potable de Cotacachi se abastece a través de red pública alcanzando un 78,26% del servicio; seguido por Quiroga con el 71,59% (PDOT Cotacachi, 2015-2035, Gobierno Provincial de Imbabura, pág. 236); este contexto, favorece las acciones de protección de las fuentes hídricas para riego y agua potable a través de la definición de zonas de protección, delimitadas para asegurar la conservación, regeneración natural y manejo sostenible del recurso hídrico y fundamentalmente el pleno conocimiento de los consumidores y usuarios de las estrategias de protección y las claves para su implementación.

La presente investigación contribuirá con los elementos de análisis para la delimitación de zonas de protección de las fuentes de agua destinadas al uso potable y de riego en la unidad hidrográfica del río Pichaví a través de la formulación de instrumentos metodológicos que incluyen la revisión de características físicas y ecológicas de la fuente; así como los lineamientos legales que se establecieron para su protección mediante ordenanza municipal. Aportará con la determinación del estado de protección de fuentes de agua y la construcción de estrategias de protección y conservación que pueden ser adoptadas por los actores involucrados en la gestión del agua.

La determinación de zonas de protección, constituye un aporte importante dentro del proceso para garantizar la cantidad y calidad del recurso hídrico y satisfacer las necesidades de los ciudadanos y la soberanía alimentaria; por lo que contribuye al cumplimiento del Objetivo 11.- Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales, y Objetivo 13.- Promover la gestión integral de los recursos hídricos del Plan Nacional Creando Oportunidades del Ecuador 2021 – 2025; a los Objetivos de desarrollo Sostenible y a las metas relacionadas principalmente a la seguridad del agua y la salud; al mismo tiempo que es compatible con la línea de investigación propuesta por la Universidad Técnica del Norte referente a la Biotecnología, energía y recursos naturales renovables.

## CAPITULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco teórico

##### 2.1.1 Cuenca hidrográfica

Las aguas corren naturalmente hacia un único lugar o punto de descarga que puede ser un río, lago u océano, que debe ser visto desde un enfoque independiente de límites político administrativos del país o de fronteras internacionales, en donde es apropiado realizar una planificación y gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. (Aguirre Núñez, 2011). Es el lugar en donde se desarrollan manifestaciones sociales de transformación del paisaje, implementación de políticas e incidencia de instituciones que convierten al espacio geográfico en un espacio social, más allá de los límites meramente biofísicos. El agua interviene en los procesos sociales como el establecimiento de asentamientos humanos, la intensidad de actividades productivas e industriales que conllevan al crecimiento económico de la región; consecuentemente en la generación de las normas y reglas que rigen el acceso y distribución del agua, así como las instituciones y la creación de políticas públicas (2015, págs. 11, 12).

##### 2.1.2 Tipos de fuentes de agua y sus características

Una fuente de agua *“es el afloramiento natural del agua de la capa freática en un punto de la superficie del terreno”* (Vieira, 2002, pág. 7), las fuentes de agua son de tipo subterráneas, superficiales y pluviales. La ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua (LORHUYA) (2014) define al dominio hídrico y a los elementos naturales que lo componen; siendo, una de ellas, las fuentes de agua determinadas como las *“nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía”*

###### 2.1.2.1 Las fuentes de agua subterránea

Son cuerpos de agua almacenados bajo la superficie de la tierra, se forma a partir del agua lluvia que se infiltra en el suelo y se acumula en acuíferos. Es muy importante porque constituye la reserva de agua para diferentes usos, potable, agrícola e industrial.

Las aguas subterráneas tienen características físicas específicas y se clasifican según su origen y distribución. La composición química del agua subterránea puede incluir una variedad de sustancias disueltas, como iones minerales y compuestos orgánicos (Márquez, 2020). Todo, 2004 establece que los iones más comunes en el agua subterránea incluyen calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, bicarbonato y nitrato (2004). Sin embargo, la composición química puede variar según la ubicación geográfica, las formaciones geológicas y las actividades humanas en la zona. Es importante realizar análisis y monitoreo regular para evaluar la calidad y la seguridad del agua subterránea.

### **2.1.2.2 Las fuentes de agua superficial**

Las fuentes de agua superficial incluyen ríos, lagos, embalses y humedales; son esenciales para el abastecimiento de agua potable, la agricultura, la generación de energía hidroeléctrica y el mantenimiento de la biodiversidad acuática.

El estudio realizado por Escobar y Barg determina las principales fuentes de contaminación acuática en varios países entre ellos el Ecuador, teniendo como resultado que las principales afectaciones se dan por fuentes agrícolas, fertilizantes, pesticidas, erosión y deforestación; descarga orgánica agroindustrial; fuentes domésticas; fuentes industriales y fuentes mineras (1990).

Las fuentes de agua superficial están sujetas a múltiples presiones y amenazas. La calidad de las aguas puede verse modificada por causas naturales como por factores externos; cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo hidrológico, se habla de contaminación. Se resalta la importancia de implementar estrategias y políticas de gestión integrada de recursos hídricos para proteger y conservar las fuentes de agua superficial y contribuir con la solución de los problemas de contaminación (Ministerio de Medio Ambiente, 2000, pág. 196).

En el Ecuador, la protección de fuentes de agua constituye uno de los ejes más importantes para garantizar la permanencia del patrimonio natural y estratégico del estado, para lo cual se han establecido tres formas que se mencionan en la LORHUYA, 2014; las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

### **2.1.2.2 Las fuentes de agua pluvial**

Para Gutiérrez, *et al*, 2024, la importancia del agua pluvial radica en la oferta de agua dulce en lugares donde no existe acceso a aguas superficiales y subterráneas; así como para el ciclo hidrológico. Las fuentes de agua de lluvia ofrecen una opción sostenible para el abastecimiento de agua, especialmente en regiones donde los recursos hídricos convencionales son limitados. La recolección de agua pluvial no solo ayuda a disminuir la demanda de agua potable, sino que también contribuye a reducir las inundaciones y a recargar los acuíferos. Este proceso de captación se puede realizar mediante sistemas instalados en techos y otras superficies impermeables, canalizando el agua hacia cisternas donde se almacena para su uso posterior (2024).

Según Duque, *et al*, 2024, la calidad del agua de lluvia recolectada puede variar debido a diversos factores como la contaminación del aire y las características del área de recolección. Sin embargo, con el tratamiento adecuado, el agua de lluvia puede ser utilizada para múltiples propósitos, desde el riego de jardines hasta actividades domésticas como lavar y limpiar. Investigaciones recientes indican que la aplicación de tecnologías avanzadas, como la filtración y la desinfección, puede mejorar considerablemente la calidad del agua pluvial, permitiendo su uso incluso para consumo humano en ciertas condiciones (2024).

Las infraestructuras verdes, como los techos verdes y los jardines de lluvia, son ejemplos de estrategias que incorporan la captación de agua lluvia como drenaje sostenible para el control de inundaciones en el diseño urbano, la misma que tiene la capacidad de establecer el almacenamiento, infiltración, evaporación o retención de la escorrentía en un punto de origen determinado, con la finalidad de evitar el colapso del sistema de alcantarillado pluvial (Guzhñay, 2024). Para esto se requiere la coordinación y colaboración de todos los niveles de gobierno y las comunidades, así como la generación de políticas públicas que incentiven su adopción (Suárez, y otros, 2024).

### **2.1.3 Zonas de protección de fuentes de agua**

Las zonas de protección de fuentes de agua son áreas definidas alrededor de las fuentes de agua que tienen regulaciones y restricciones específicas para proteger la calidad del agua. Estas zonas pueden incluir restricciones en el uso del suelo, regulaciones



sobre actividades agrícolas y ganaderas, y control de vertidos de aguas residuales. (Ministerio de Medio Ambiente, 2000). Baró, 2008 menciona que la protección frente a la contaminación de las fuentes de agua es esencial para asegurar el suministro de agua dulce de calidad para las comunidades garantizando la salud de los habitantes de una localidad (2008).

La estrategia utilizada en muchos países es establecer zonas de protección alrededor de las fuentes de agua para minimizar los riesgos de contaminación y degradación asegurando la cantidad y calidad necesarias. La legislación ecuatoriana incluye la figura de las Áreas de Protección Hídrica (APH), que buscan proteger los territorios donde existan fuentes de agua que hayan sido declaradas como de interés público con el propósito de mantenerlas, conservarlas y protegerlas, debido a su importancia al garantizar el abastecimiento de líquido vital para el consumo humano o la soberanía alimentaria (entendida como agua de riego) (Martinez, 2019).

En la normativa ecuatoriana se establecen “tres tipos de formas de conservación y de protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, las zonas de protección hídrica y las zonas de restricción; para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica” (Martinez, 2019, pág. 150).

#### **2.1.4 Criterios de riesgos y protección de fuentes de agua**

Chen y Yang (2014) en la investigación sobre Evaluación del impacto de la zona ribereña en la calidad del agua de una fuente de agua potable, establecen la importancia de la zona ribereña (ripariana) en la protección de la calidad del agua potable. Se sugiere que una zona de protección adecuada debe abarcar la vegetación ribereña y permitir la filtración natural del agua.

En el estudio realizado por Houser, Richardson y Brinsfield (2000), se discuten las estrategias de gestión de las zonas ribereñas en agroecosistemas para proteger los recursos hídricos. Se enfatiza la necesidad de considerar la vegetación ribereña, el uso del suelo y las prácticas agrícolas en la delimitación y el manejo de estas zonas de protección. Otro estudio hace relación a la eficacia de las zonas de protección (buffers) como herramientas de gestión de la calidad del agua en ríos de África Austral. Se resalta la

importancia de considerar la vegetación ribereña, la pendiente del terreno y los usos del suelo en la delimitación de estas zonas (Mazvimavi y Nhapi, 2009).

El estudio realizado por Daniel, Sharpley y Lemunyon (1998), se centra en la relación entre la agricultura y la eutrofización de cuerpos de agua. Destaca la importancia de establecer zonas de protección alrededor de los cuerpos de agua para reducir la escorrentía agrícola y la carga de nutrientes, como el fósforo. El artículo publicado por Dillaha y Frost (1986) aborda la necesidad de establecer zonas de protección alrededor de los pozos de agua subterránea. Se enfoca en la importancia de considerar la geología, la hidrología y los usos del suelo en la delimitación de estas zonas. Finalmente, Dosskey, *et al* (2017) revisa las lecciones aprendidas y direcciones futuras para las zonas riparias en agroecosistemas, así como destaca la importancia de considerar la vegetación ribereña, la calidad del agua y la mitigación de la contaminación agrícola al establecer zonas de protección.

#### **2.1.5 Criterios de integridad y conservación de las fuentes de agua**

Para Allan (2004), en su estudio sobre la influencia del uso de la tierra en los ecosistemas fluviales, destaca la importancia de considerar la conectividad del hábitat, la vegetación ribereña y la calidad del agua en la delimitación de zonas de protección. Así mismo, Richter, *et al* (1996) proponen un método para evaluar la alteración hidrológica en los ecosistemas acuáticos. Destaca la necesidad de considerar los regímenes de flujo naturales y los patrones estacionales de inundación al delinear las zonas de protección.

Leibold, *et al* (2004) en su artículo introducen el concepto de metacomunidad y su aplicación en ecología de comunidades acuáticas. Destaca la importancia de considerar la conectividad entre diferentes hábitats y subpoblaciones en la delimitación de zonas de protección para mantener la diversidad y la resiliencia ecológica. En el libro de Naiman, *et al* (2005) se ofrece una perspectiva integral sobre la ecología y la gestión de las comunidades ribereñas. Resalta la importancia de considerar la vegetación ribereña, los procesos de retención de nutrientes, la conectividad del hábitat y la conservación de especies clave al establecer zonas de protección. Estas dos condiciones como la conectividad del hábitat y la conservación de las especies nativas coinciden con los postulados de Arthington, *et al* (2017), aunque agregan también a la gestión del caudal como elemento importante dentro de la delimitación de zonas de protección.

Higgins, *et al* (2020) investigan el ancho de la franja forestal ribereña y su efecto en la biodiversidad aviar y los servicios de biocontrol en paisajes tropicales dominados por cultivos de café. Enfatiza en la importancia de considerar la estructura y la diversidad de la vegetación ribereña al establecer zonas de protección. Martínez-Harms, M. J., & Balvanera, P. (2017), Este artículo revisa métodos para mapear el suministro de servicios ecosistémicos. Destaca la importancia de considerar los servicios ecosistémicos proporcionados por los cuerpos de agua, como la provisión de agua limpia, la regulación del clima y la conservación de la biodiversidad, al establecer zonas de protección.

### **2.1.6 Criterios legales para la protección de fuentes de agua**

El marco legal y normativo relacionado con la protección de fuentes de agua puede variar de acuerdo con el país o región; sin embargo, es importante mencionar varias experiencias de países con regulaciones respecto a la protección del agua.

La guía de políticas de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) aborda la adaptación al cambio climático en el ámbito del agua. Proporciona orientación sobre políticas y marcos normativos para proteger y gestionar los recursos hídricos en el contexto del cambio climático (2017).

Directiva Marco del Agua (DMA) de la Unión Europea; es una de las legislaciones más destacadas en Europa para la protección y gestión sostenible del agua. Parte desde la premisa “El agua no es un bien comercial como los demás, sino un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal”. La DMA fomenta la participación ciudadana, la planificación de cuencas hidrográficas y el establecimiento de programas de medidas para la protección de fuentes de agua (El Parlamento Europeo, 2000)

Ley de Recursos Hídricos de Costa Rica; este país latinoamericano ha implementado una exitosa Ley que establece un marco legal sólido para la gestión integral del agua. La ley promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones, establece normas para la conservación de ecosistemas acuáticos y fomenta la planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos. Además, establece zonas de protección alrededor de las fuentes de agua y regula el acceso y uso del agua, contribuyendo así a la

conservación y protección de las fuentes de agua en el país Castro, A., & Campos, C. (2018).

Ley de Aguas de Uruguay, que establece un marco normativo para la gestión sostenible del agua y la protección de sus fuentes. La ley garantiza la participación ciudadana en la gestión del agua, promueve la conservación de los ecosistemas acuáticos y establece criterios de protección para las áreas de captación de agua potable. Además, regula el uso y acceso al agua, fomentando su uso eficiente y sostenible.

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del Ecuador, reconoce al agua como un derecho humano y establece un marco legal para su gestión integrada y sostenible. La ley establece la protección y conservación de las fuentes de agua, así como la participación ciudadana en la toma de decisiones. Además, promueve la creación de áreas de protección y conservación de cuencas hidrográficas, asegurando la disponibilidad y calidad del agua para las generaciones presentes y futuras (González, *et al*, 2018).

### **2.1.7 Estrategias de protección de fuentes de agua (ejemplos)**

**Conservación de áreas de captación;** la protección de las áreas de captación, donde el agua se recoge y se filtra antes de ingresar a los cuerpos de agua, es esencial para garantizar la calidad del agua. La conservación de estos territorios permite mantener la infiltración natural del agua y evitar la contaminación. Como ejemplo, el estudio de Tague *et al.* (2013) destaca la importancia de proteger las áreas de captación de agua para preservar la calidad del agua potable.

**Restauración de ecosistemas acuáticos,** La restauración de ecosistemas acuáticos, como ríos y humedales, contribuye a la protección de las fuentes de agua al mejorar la calidad del agua y mantener hábitats saludables. Investigaciones como la de Palmer *et al.* (2005) demuestran los beneficios de la restauración de ríos para recuperar la estructura y función de los ecosistemas acuáticos.

**Gestión sostenible de cuencas hidrográficas;** la gestión sostenible de cuencas hidrográficas es una estrategia integral que implica coordinar y regular el uso del agua y los recursos naturales en una cuenca específica. Esta estrategia busca equilibrar las

demandas de agua y mantener el funcionamiento saludable de los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo de referencia es el estudio de King et al. (2009), que destaca la importancia de la gestión sostenible de cuencas hidrográficas para la protección de las fuentes de agua.

**Control y reducción de la contaminación;** la implementación de políticas y regulaciones para controlar y reducir la contaminación es fundamental para la protección de las fuentes de agua. Esto implica el monitoreo y control de fuentes de contaminación, como descargas industriales y agrícolas. Un estudio de Cunha *et al.* (2017) analiza las medidas para el control de la contaminación del agua en cuencas hidrográficas urbanas.

**Promoción del uso eficiente del agua;** la promoción del uso eficiente del agua, tanto en el ámbito doméstico como en el sector industrial y agrícola, es una estrategia clave para la protección de las fuentes de agua. Esto implica la implementación de tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo y el desperdicio de agua. Un informe del Banco Mundial (2017) destaca la importancia del uso eficiente del agua para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos.

**Protección de zonas riparias y humedales;** las zonas riparias y los humedales desempeñan un papel crucial en la protección de las fuentes de agua, ya que actúan como filtros naturales y hábitats importantes. La protección y restauración de estas áreas contribuyen a la calidad y cantidad del agua. Un estudio de Mitsch y Gosselink (2015) revisa la importancia de los humedales en la protección y mejora de la calidad del agua.

**Educación y conciencia pública;** la educación y conciencia pública son estrategias fundamentales para la protección de las fuentes de agua. Al fomentar la comprensión de la importancia del agua y las acciones individuales que pueden afectar su calidad, se promueven prácticas responsables y sostenibles. El estudio de Cortina *et al.* (2018) destaca el papel de la educación ambiental en la protección del agua y los ecosistemas acuáticos.

**Monitoreo y evaluación:** el monitoreo y evaluación sistemáticos de la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos son esenciales para identificar problemas y tomar medidas adecuadas. El estudio de Herlihy *et al.* (2016) examina enfoques y herramientas para el monitoreo de la calidad del agua y su aplicación en la toma de decisiones para la protección de las fuentes de agua.

**Cooperación internacional y gobernanza:** la cooperación internacional y la gobernanza efectiva son importantes para abordar los desafíos transfronterizos en la protección de las fuentes de agua. Los acuerdos internacionales y las iniciativas de colaboración facilitan la gestión sostenible de los recursos hídricos. Un estudio de Giordano *et al.* (2016) examina la cooperación transfronteriza en la gestión de los recursos hídricos y la protección de las fuentes de agua.

**Planificación y ordenamiento territorial:** la planificación y el ordenamiento territorial consideran la ubicación y el uso de las fuentes de agua en relación con otras actividades humanas. Esto garantiza la protección de las áreas críticas y evita la degradación de las fuentes de agua. El libro "Integrated Water Resources Management: Theory, Practice, Cases" (Jouravlev, 2018) proporciona información sobre la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la protección de fuentes de agua.

### **2.1.8 Situación de protección de las fuentes de agua en el país**

La protección de las fuentes de agua en Ecuador enfrenta desafíos significativos que afectan la calidad y cantidad del agua disponible en el país. Varios estudios y referencias bibliográficas respaldan este análisis:

Según un estudio de Tobar-Tosse *et al.* (2019), la deforestación en las cuencas hidrográficas de Ecuador ha provocado una disminución en la calidad y cantidad de agua. La pérdida de cobertura vegetal contribuye a la erosión del suelo y la sedimentación de los ríos, afectando negativamente la disponibilidad de agua dulce. En el mismo sentido, un artículo de Arce-Mojena y Velásquez-Torres (2020) señala que la deforestación y el cambio de uso del suelo en las zonas montañosas de Ecuador han provocado una reducción en la capacidad de infiltración y retención de agua en los suelos, aumentando el riesgo de inundaciones y disminuyendo la recarga de acuíferos.

En cuanto a la contaminación del agua, un estudio de Arteaga-Armijos *et al.* (2021) destaca que la actividad minera en Ecuador ha generado problemas de contaminación de las fuentes de agua. Los residuos y drenajes ácidos de las minas pueden contaminar los ríos y cuerpos de agua, afectando negativamente la calidad del agua potable. Por otro lado, un informe del Ministerio del Ambiente de Ecuador (2020)

identifica la falta de tratamiento de aguas residuales como un problema importante en el país. Según el informe, aproximadamente el 80% de las aguas residuales generadas en Ecuador no reciben tratamiento adecuado antes de ser vertidas en ríos y cuerpos de agua.

Un artículo de Espinoza-Galarza *et al.* (2021) resalta la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo y control de la calidad del agua en Ecuador. El estudio señala que la falta de datos y la debilidad en la capacidad de monitoreo dificultan la evaluación precisa de la calidad del agua y la implementación efectiva de medidas de protección. El Reglamento a la Ley de Recursos hídricos, Usos y Aprovechamiento (2015), establece zonas para la protección hídrica con dos fines, la protección del dominio hídrico público y la prevención del deterioro de sus ecosistemas relacionados; así como la protección de las corrientes en avenidas; en las que se condicionan el uso de suelo y las actividades que se permitan en ellas (Art. 63).

Según Expósito (2001), citado por Baró *et al.*, 2008 “la protección de recursos hídricos para evitar su contaminación es indiscutible, especialmente los acuíferos y captaciones que abastecen a la población” (2008, pág. 313).

## **2.2. Marco legal**

### **2.2.1 Constitución de la República del Ecuador, 2008.**

La investigación realizada se enmarca en la revisión de normativa nacional y local que abordan a la gestión del recurso hídrico en sus diferentes niveles; para el estado ecuatoriano, el agua, constituye un derecho humano irrenunciable, patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Art. 12). La constitución otorga derechos a la naturaleza o Pacha Mama para el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, estos derechos pueden ser reclamados por cualquier persona, pueblo o nacionalidad y la responsabilidad de su cuidado y protección motivada por parte del estado (Art. 71).

La Autoridad única del agua será la responsable directa de la planificación y gestión de los recursos hídricos destinados para el consumo humano y riego; así mismo (Art. 318). El Estado ecuatoriano garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados

al ciclo hidrológico; y se regularán todas las actividades que pudieran afectar el recurso hídrico; determinando como prioridades la sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano en el uso y aprovechamiento del agua (Art. 411) (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

### **2.2.2. Código Orgánico Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD), 2010.**

El COOTAD establece como competencia exclusiva de los Gobiernos autónomos descentralizados el delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas del mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas (Art. 55).

### **2.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, 2014**

El Artículo 12 de la ley determina que el Estado, la Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes; para lo cual, el Estado destinará los recursos económicos y la asistencia técnica para garantizar su protección; los propietarios de los terrenos donde se hallen las fuentes de agua se rigen al cumplimiento de lo establecido en la ley con el fin de proteger el agua en la fuente, siendo el área necesaria para la conservación, determinada y delimitada por la Autoridad única del agua.

Se establecen en el Artículo 13 como formas de conservación y de protección de fuentes de agua las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público cuya distancia se definirá de acuerdo a lo establecido en el reglamento y la ley. Los cauces y demás ecosistemas asociados tendrán una zona de protección hídrica y cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar deberá contar con la autorización de la Autoridad Única del Agua; de la misma manera, las áreas de restricción alrededor de los acuíferos estarán condicionadas.

El Artículo 18 menciona a las competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua, para el caso específico corresponde el de establecer y delimitar las zonas y



áreas de protección hídrica. En el Artículo 64, se hace referencia al derecho de “La naturaleza o Pacha Mama” respecto a la protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares.

El Artículo 78 determina a las Áreas de protección hídrica como a aquellos territorios donde existen fuentes de agua declaradas como de interés público para el mantenimiento, conservación y protección que abastecen al consumo humano o garanticen la soberanía alimentaria. Estas áreas serán establecidas y delimitadas por la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos autónomos descentralizados municipales y formarán parte de las áreas protegidas; su uso estará regulado por el Estado para garantizar el manejo adecuado

En el Artículo 111 se determina que las regulaciones necesarias para la conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica serán emitidas por la Autoridad Única del Agua y la Autoridad Ambiental Nacional.

#### **2.2.4 Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2015)**

Corresponde a las Juntas de Riego, colaborar con la secretaria del agua en la protección de fuentes de abastecimiento de agua utilizada en el riego y evitar su contaminación (Art. 49). El dominio hídrico público está constituido por a) Las aguas superficiales; b) Las aguas subterráneas; c) Los acuíferos, a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos que contienen; d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes manantiales o nacientes naturales en los que brotan a la superficie las aguas subterráneas o aquellas que se recogen en su inicio de la esorrentía e) Los álveos o cauces naturales; f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales; g) Las riberas; h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras; i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar (Art. 10).

En el Artículo 61, la ley determina las formas de protección del dominio hídrico público y, singularmente, de las fuentes de agua, las servidumbres de uso público, las zonas de protección hídrica y las zonas de restricción, delimitadas en base a los criterios técnicos emitidos por la Autoridad Única del Agua.

### **2.2.5 Ordenanza sustitutiva que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección; en el cantón Sana Ana de Cotacachi, 2016**

La ordenanza establece en el Artículo 12.- Del área de ribera: Ésta corresponde al área de influencia directa sobre el suelo y vegetación denominada bosque de galería, ribera o soto, esta distancia no es una constante y estará en función de las características climáticas, topográficas, geomorfológicas y bióticas de la zona. En los ríos del área de ribera se considera el terreno adyacente que mantiene alta humedad en el suelo, ideales para la existencia de ecosistemas ribereños. Los bebederos de agua para los animales de las propiedades adyacentes se ubican fuera de la franja de protección del curso de agua con el fin de evitar la contaminación directa.

Las actividades agropecuarias no se permitirán en una franja paralela de entre 50 a 100 metros, las márgenes de todos los ríos y quebradas del cantón tendrán una zona de protección según establece el PDOT para la Zona Andina y Urbana se considera 20 metros para ríos y 15 metros para quebradas y la Zona de Intag 30 metros para ríos y 15 metros para quebradas desde la orilla, considerando el grado de pendiente superior al 30%.

Para el manejo de la zona de protección se establece las siguientes sub zonas.

**a: Sub zona exclusiva de protección.** - Esta considerada 10 m desde el borde del cauce natural de los ríos de la zona de Intag; 6 m desde el borde del cauce natural de los ríos y 3 m desde el borde natural de quebradas de la zona Andina y Urbana. En esta zona se deberá exclusivamente plantar especies vegetales que aporten a la conservación y protección de la ribera o borde. No se permitirá la tala o remoción de la vegetación natural existente (guadua, carrizo, caña brava, árboles nativos de raíz profunda, pasto vetiver, etc.)

**b: Sub zona de uso restringido para reforestación y soberanía alimentaria.** - Corresponde al área restante entre el límite externo de la zona de protección y el límite de la sub zona exclusiva de protección, se permitirá únicamente actividades de reforestación con especies nativas y actividades agropecuarias para la soberanía alimentaria como: sistemas agroforestales y silvopastoriles, cultivos de ciclo corto,

cultivos frutales, pastoreo de bajo impacto. En caso de existir solicitudes para construcciones en estas zonas, la Dirección de planificación deberá emitir un informe favorable o desfavorable. Las fuentes de agua sean esta para consumo, rituales o ceremonias ancestrales tendrán un radio de protección de 1 km.

El Área de los Humedales Naturales comprende la superficie en donde el nivel freático es superficial, sus límites serán fijados por las características del suelo y vegetación existentes en el humedal, previo un informe técnico de la unidad pertinente (Art. 13). (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi, 2016)

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El análisis de la problemática se desarrolló en la Unidad Hidrográfica del río Pichaví; ubicada en la parte sur de la zona alta del cantón Cotacachi; (Aragundy & Zapata, 2006); indican que su extensión es de 3730 ha., sus aguas drenan al río Ambi y en su trayecto abastecen de agua para consumo humano y riego a varias comunidades campesinas como: Morochos, Arrayanes, Morales Chupa, Quiroga, El Ejido, San Miguel, La Banda, Ashambuela, Yanaburo, Piava San Pedro, Tunibamba, Perafan y Piava Chupa. El agua de esta cuenca no solamente beneficia a estas comunidades, sino a muchas otras más, como en el caso de las comunidades servidas por los sistemas de Agua Chumaví y San Nicolás. Altitudinalmente, la cuenca tiene una elevación que varía desde 2300 metros en la desembocadura con el río Ambi hasta 4939 metros del volcán Cotacachi.” (2006, págs. 321-322)

Almeida (2014) realizó una breve descripción a la unidad hidrográfica del Pichaví y a “las vertientes que la alimentan y menciona que nacen de los flancos Nor Orientales de la laguna de Cuicocha donde se recogen vertientes que alimentan a lo largo del cauce principal y le dan una forma landsiforme a la microcuenca” (p. 13), esto le da la característica de mantener una variación moderada del caudal en épocas de crecidas. (Almeida, 2014). El Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial 2015 -2035 del cantón Cotacachi, menciona a “los ríos Pichaví, Pitzambitze y Yanayacu como ríos contaminados, con altos niveles de DBO - consumo de oxígeno y e. coli total” (p. 59); en el mismo plan se indica que “estos ríos son abastecedores de agua para consumo humano siendo que alimentan al sistema más grande que es Chumaví, el cual viene acompañado de 30 microsistemas que abastecen a cerca de 600 familias” (Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Imbabura, 2015, pág. 70).

Como lo muestra la figura 1, la cuenca hidrográfica del río Pichaví, se encuentra en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi.



seleccionada, con la aplicación de matrices estructuradas basadas en parámetros físicos, ecológicos y legales como criterios de evaluación. (Anexo 1)

#### **3.2.2.2 Investigación descriptiva**

Con previa determinación y análisis de los parámetros físicos y ecológicos de las fuentes de agua de riego y potable se describen cada una de las zonas de las fuentes de agua utilizando información cartográfica y cruce de mapas temáticos; se complementa con la investigación de campo ya que los datos obtenidos se contrastan en la realidad.

#### **3.2.2.3 Investigación explicativa**

El análisis propuesto para determinar los factores que inciden en la protección de las fuentes de agua se realiza a través de la investigación explicativa; se identifican los factores que inciden en la protección de fuentes de agua.

#### **3.2.2.4 Investigación aplicada**

Luego de la identificación de zonas de protección de las fuentes de agua de riego y potable a partir de sus características físicas, ecológicas y criterios legales se utiliza la investigación aplicada ya que, con los resultados del análisis explicativo, se identificarán zonas que permitan establecer estrategias de manejo sostenible del recurso hídrico.

### **3.3 Procedimiento de investigación**

Dentro de la investigación que incluye la recolección de datos, inspecciones de campo y análisis técnico de información e identificación de zonas para la protección de las fuentes de agua, se determinan varias fases que organizan el proceso:

#### **Fase I: Evaluación del estado de protección de fuentes de agua de riego y potable**

##### **3.3.1 Recolección de datos e información**

Para identificar las fuentes de agua potable y de riego existentes en la unidad hidrográfica, se recopilaron datos de los organismos de regulación, control y administración del agua (Ex SENAGUA, actual Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, GAD Municipal de Cotacachi, Juntas administradoras de agua, Juntas de regantes) respecto de la cantidad de concesiones de fuentes de agua potable y

de riego del área de estudio, caudales concesionados, número de usuarios, ubicación georreferenciada y otros datos que se consideraron relevantes para la investigación.

Una vez identificadas se evaluaron las fuentes de agua de uso potable y riego de la microcuenca del río Pichaví; para esto se considera la línea base de fuentes de agua del GAD Municipal y de la Unidad de Biodiversidad, inventario levantado por el Ing. Francisco Grijalva, técnico de la Unidad en el año 2011 y que se consideran vigentes conforme lo certifica el GAD municipal en abril del 2024 (Anexo 2); este inventario considera únicamente a las fuentes agua para consumo humano. Lo referente a fuentes de agua para riego, se utiliza la base de datos del Plan de riego de la provincia de Imbabura.

### **3.3.2 Selección de fuentes de agua a través de visita de campo**

De acuerdo al listado proporcionado por los organismos de regulación, control y administración, se visitaron los sitios para identificar y seleccionar las fuentes de agua motivo de estudio, mismas que fueron seleccionadas bajo el criterio de definición de fuentes de agua, establecido por Vieira que menciona, una fuente de agua “es el afloramiento natural del agua de la capa freática en un punto de la superficie del terreno” (Vieira, 2002, pág. 7) Además, de lo establecido en el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (2015), en el artículo 54, literal d, que establece a las fuentes de agua como las nacientes de los ríos y de sus afluentes manantiales o nacientes naturales en los que brotan a la superficie las aguas subterráneas o aquellas que se recogen en su inicio de la esorrentía.

### **3.3.3 Evaluación del estado de protección de las fuentes de agua**

Para la evaluación del estado de protección se utilizó una matriz estructurada, construida para este fin, que incluye parámetros de evaluación: riesgos y protección – integridad y conservación, utilizados dentro del manejo de cuencas hidrográficas y que se fundamentan teóricamente para efectos de la presente investigación y parámetros legales establecidos en la Ordenanza municipal del cantón Cotacachi, (Ver Anexo 1). Cada parámetro constituye un indicador de evaluación que recibe una ponderación basada en el criterio técnico del tutor, asesor y tesista. Los indicadores se subdividen en criterios de evaluación; por lo que la ponderación también se califica en base a 3 valores que van

desde el valor 1 al 10 siendo 1 la calificación al criterio que más bajo se encuentra o aporta al indicador; 5 el valor medio de aporte al indicador y 10 al valor más alto.

De esta manera se obtiene un valor máximo de 120 puntos cuando los indicadores cuenten con los criterios más altos de validación del indicador; 60 para un valor medio de validación y 12 para el valor más bajo. Con este análisis se establecen rangos para evaluar el estado de protección de la fuente de agua; los rangos para cada categoría se definen en función de las ponderaciones que se establecen en los indicadores de evaluación; determinándose así tres categorías de protección: A) PROTEGIDA (91 - 120 puntos); B) MEDIANAMENTE PROTEGIDA (60 - 90 puntos); C) INSUFICIENTEMENTE PROTEGIDA (12 - 59).

Para los indicadores Nro. 2 “Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora” y Nro. 5 “Riesgo de degradación del suelo” que corresponden a los criterios de riesgos y protección; así como el indicador Nro. 8 “Riesgo de sufrir incendios” que corresponde a los criterios de integridad y conservación y los indicadores Nro. 10 “Cobertura vegetal” y 11 Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología, que se encuentran dentro de los criterios legales establecidos por la ordenanza del GAD Cotacachi, se analizaron a través de cartografía de libre acceso con el fin de realizar el cruce de mapas temáticos, cuya información resultante es constatada en campo. (Anexo 4)

El instrumento utilizado cuenta con la validación del experto en evaluación de fuentes de agua con el uso del Protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Andinos - CERA, Christian Villamarín, Docente de la Universidad de las Américas (Anexo 3); los aportes realizados al instrumento fueron acogidos en la matriz utilizada y presentada en el presente estudio.

## **Fase II: Análisis de los factores que inciden en la protección de fuentes de agua**

Para el análisis se consideraron los mapas e información obtenida en las Fase I y por cada fuente de agua, discriminando aquellas que son utilizadas para riego y agua potable. Se analizan cada uno de los parámetros riesgos y protección, integridad y conservación y legales; así como su relación con la zonificación establecida por la ordenanza municipal, estableciendo la incidencia de los indicadores evaluados en la protección de estas.



Finalmente se procedió a definir lineamientos para la delimitación de las áreas de protección de las fuentes de agua basada en el consenso de los criterios técnicos para el manejo de cuencas hidrográficas y normativa local analizados en las fases anteriores, esto permitirá definir acciones para el manejo sostenible del recurso hídrico.

### **Fase III: Definición de acciones en las zonas de protección de las fuentes de agua**

Las acciones para la protección de las fuentes de agua se proponen como una respuesta a los estados de estas y a las necesidades que tienen las fuentes para lograr su recuperación y manejo sostenible, así como la prioridad de intervención; para ello se utilizan lineamientos encontrados en fuentes bibliográficas para casos similares y propuestas propias en base a la experiencia profesional.

#### **3.4 Consideraciones bioéticas**

La presente investigación no hace uso, modificación o experimentación con elementos naturales y/o información genética además del uso de saberes de grupos humanos por lo que, no aplica la presentación de lineamientos referentes al tema.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Evaluación del estado de protección de fuentes de agua de riego y potable

##### 4.1.1 Generalidades:

La Unidad hidrográfica del río Pichaví se ubica en la parte sur de la zona alta del cantón Cotacachi” (Rhoades, 2006) (Figura 1); su extensión es de 3958,97 Ha, tiene una elevación que va desde 2260 msnm. en la desembocadura con el río Ambi hasta 4880 msnm. en el volcán Cotacachi; la precipitación promedio es de 1000 mm.

Sus aguas drenan al río Ambi y en su trayecto se identifican ocho fuentes de agua para consumo humano, administradas por el GAD municipal de Cotacachi y Juntas administradoras de agua autónomas por comunidad apoyadas por la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC) (Figura 2 y Tabla 1) y que benefician a las poblaciones de Topo Grande, Azaya, San Pedro, El Cercado, Tunibamba, Alambuela, Colimbuela, San Nicolás y Ugshapungo en la parte alta y a las comunidades de San José de El Punge, Domingo Sabio y la cabecera parroquial de Quiroga en la parte media (GAD Municipal de Cotacachi, 2011).

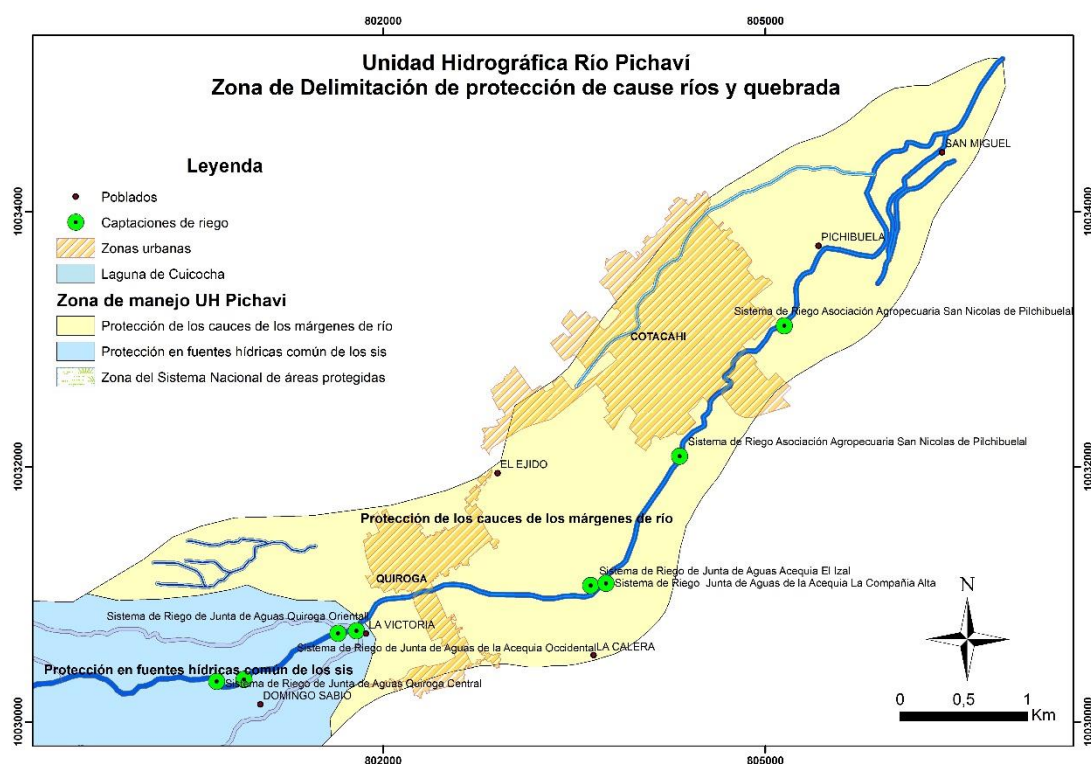


**TABLA 1: FUENTES DE AGUA EXISTENTES EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO PICHAVÍ DE ACUERDO AL USO**

<b>Nro.</b>	<b>Nombre de la fuente</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Uso</b>	<b>Administración</b> <i>(Fuente: GAD Cotacachi, Inventario de tomas y fuentes de agua, 2011) y trabajo de campo</i>
<b>1</b>	Fuente Sixituro	Cerro Cotacachi dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa) - Zona Alta	Proyecto Chumaví (comunidades de: Topo Grande, Azaya, San Pedro, El Cercado, Tunibamba, Alambuela, Colimbuela) <i>Fuente: GAD Cotacachi, Inventario de tomas y fuentes de agua, 2011</i>	Potable	Junta Central de Chumaví
<b>2</b>	Fuente Chumaví - captación 1	Quebrada Chumabí, dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas - Zona Alta	Proyecto Chumaví (comunidades de: Topo Grande, Azaya, San Pedro, El Cercado, Tunibamba, Alambuela, Colimbuela)	Potable	Junta Central de Chumaví
	Fuente Chumaví - captación 2	Quebrada Chumabí, dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas - Zona Alta	Comunidad San Nicolás	Potable	Junta de aguas San Nicolás
<b>3</b>	Fuente San Nicolás	Cuicocha Centro-San Nicolas	Comunidad Cuicocha centro - Sector Condor Loma, Cuicocha Pana	Potable	Junta de aguas Cuicocha
<b>4</b>	Fuente Condor Loma	Cuicocha Centro, sector Condor Loma	Comunidades: Domingo Sabio, San Jose del Punge, Cabecera parroquial de Quiroga	Potable	GAD Municipal

<b>5</b>	Fuente el Hondón	Comunidad Ugshapungo	Comunidad Ugshapungo	Potable	Junta de aguas Ugshapungo
<b>6</b>	Fuente - Quebrada Cubi Guitarra Uco	S/D	S/D	Potable	Junta de aguas Guitarra Uco
<b>7</b>	Fuente - Quebrada Cubi La Calera	S/D	S/D	Potable	Junta de aguas La Calera
<b>8</b>	Fuente Pichaví	S/D	S/D	Potable	Junta de aguas La Calera
<b>9</b>	Captación de riego Quiroga Central y Oriental	Quiroga	NA	Riego	Sistema de riego Junta de Aguas Quiroga Central y Oriental
<b>10</b>	Captación de riego Quiroga Occidental	Quiroga	NA	Riego	Sistema de riego Junta de Aguas Quiroga Occidental
<b>11</b>	Captación de riego Comunidad La Calera	Comunidad La Calera	NA	Riego	Sistema de riego Junta de Aguas Comunidad La Calera
<b>12</b>	Captación de riego Acequia El Izal	Comunidad La Compania	NA	Riego	Sistema de riego Junta de Aguas Acequia El Izal
<b>13</b>	Captación de riego Asociación Agropecuaria San Nicolás de Pilchibuela	Cotacachi	NA	Riego	Sistema de riego Asociación Agropecuaria San Nicolás de Pilchibuela
<b>14</b>	Captación de riego Acequia La Compañía Alta.	Comunidad La Compania	NA	Riego	Sistema de riego Junta de Aguas de La Acequia La Compañía Alta.

Respecto a las fuentes de agua de uso de riego, de acuerdo con el Plan de Riego de Imbabura (2018) se identificó ocho captaciones de agua para riego que abastecen a 258.30 Ha de cultivos a través de siete sistemas de riego distribuidas en la parte baja de la unidad hidrográfica y que corresponden a captaciones directas desde el río Pichaví (Figura 3, Tabla 1). En la presente investigación sólo se consideraron las fuentes de agua de uso potable y de riego que cumplan con la definición de afloramiento natural del agua desde la capa freática, por lo que se excluyen a las captaciones de agua de riego, considerando que se requiere de un estudio independiente para determinar las zonas de protección que garanticen el manejo sostenible del río Pichaví como la fuente de abastecimiento de los sistemas de riego presentes en la zona baja.



**FIGURA 3: UBICACIÓN DE CAPTACIONES DE AGUA DE RIEGO EN LA ZONA BAJA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA.**

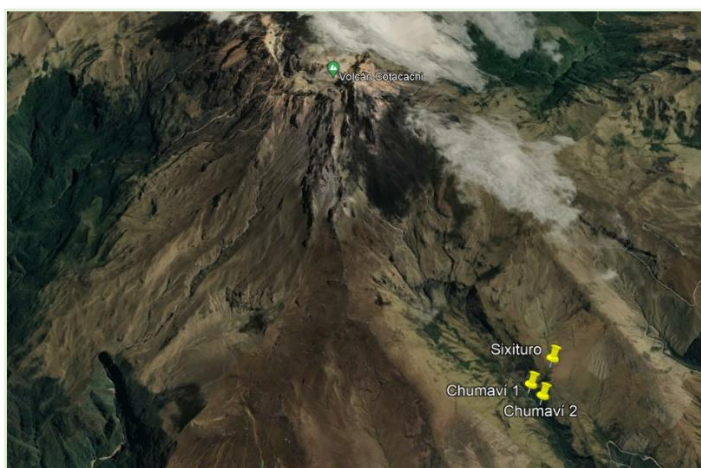
En el interior de la unidad hidrográfica se encuentran las comunidades de: San Nicolás, San José del Punge, Domingo Sabio, Cuicocha Centro, La Portada, La Calera, La Victoria, El Ejido, Quiroga, Pichibuela, San Miguel y Cotacachi (cabecera cantonal). Según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cotacachi 2015-2035 (Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Imbabura, 2015), la

población en la parroquia Quiroga es de 6454 personas que residen únicamente en el área rural, de la cual 4095 personas se encuentran en zonas dispersas lo que representan un 17% de la totalidad de habitantes. En Cotacachi (cabecera cantonal), la población es de 17139 personas, distribuidas en: 8.848 personas (54%) en el área urbana que corresponden a áreas amanzanadas, y 8.291 personas en el área rural y de forma dispersa que constituye un 35%.

En el Cantón Cotacachi se identifican organizaciones de base, de segundo y tercer orden, que involucran a jóvenes, mujeres, personas con discapacidad, adultos mayores, artesanos; instituciones públicas, privadas, la iglesia, comités barriales que conforman la Federación de barrios de Cotacachi (FEBAC); clubes deportivos y cabildos comunitarios, estos últimos, representados por la Unión de organizaciones campesinas e indígenas de Cotacachi (UNORCAC).

#### 4.1.2 Estado de protección de la Fuente de agua Sixituro

La fuente de agua Sixituro está ubicada en la zona alta de la unidad hidrográfica del río Pichavi, en las coordenadas UTM, WGS84, zona 17 sur: X: 795155; Y: 10037520, dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa) (Figura 4); sus aguas son de uso potable y junto con el agua de la fuente Chumaví, abastecen al Proyecto Chumaví que beneficia a las comunidades de la zona alta: Topo Grande, Azaya, San Pedro, El Cercado, Tunibamba, Alambuela, Colimbuela, San Nicolás y Ugshapungo.



**FIGURA 4: VISTA DE LAS FUENTES DE AGUA SIXITURO Y CHUMAVÍ 1 Y 2 EN EL CERRO COTACACHI DENTRO DEL PARQUE NACIONAL COTACACHI CAYAPAS**

**Fuente:** Imagen Google earth



**FIGURA 5: ÁREA DE LA FUENTE DE AGUA SIXITURO. A. FUENTE SIXITURO. B. TOMA DE CAUDAL EN LA FUENTE. C. VEGETACIÓN DEL ÁREA CIRCUNDANTE A LA FUENTE (PAJONAL). D. VEGETACIÓN DEL ÁREA CIRCUNDANTE (ARBUSTOS).**

El análisis de los Criterios de riesgo y protección, ecológicos y ambientales determinan los siguientes resultados:

#### **A. Criterios de riesgo y protección:**

**Caudal.** - tiene un caudal de 0.11 l/s, registro realizado el 20 de noviembre de 2019, con el apoyo del equipo de Guardaparques del PNCCa, se le asigna el valor de **1** en la matriz de evaluación de fuentes de agua (Tabla 2), debido a que no existen registros históricos del caudal para la comparación respectiva.

El análisis del caudal como un indicador dentro de la evaluación de estado de protección de fuentes de agua, al no estar comparado con valores existentes, no puede ser considerado como una variable decisiva al momento de establecer el estado de protección



de la fuente Sixituro, sin embargo, constituye un valor de referencia de la cantidad de agua existente para la dotación a los usuarios.

**Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora.** - se le asigna la calificación de 10 dentro de la matriz estructurada ya que se encuentra bajo el régimen de protección del Parque nacional Cotacachi Cayapas.

**Tenencia de la tierra.** – la fuente se encuentra en los páramos del Parque nacional Cotacachi Cayapas, es de propiedad del estado, de acuerdo con el catastro municipal del cantón Cotacachi, el sitio donde se ubica la fuente de agua no se encuentra catastrado por lo que se le asigna el valor de 10 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Autorización.** – el uso del agua para consumo potable de la fuente Sixituro, no cuenta con autorización por parte del ente de control; por lo que se le asigna una calificación de 1 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de degradación del suelo.** – la fuente de agua Sixituro presenta bajas probabilidades de degradación del suelo, por lo que se califica con el valor de 10 dentro de matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de sufrir incendios.** - el análisis realizado determina que el riesgo de sufrir incendios que puedan afectar a la fuente de agua, dentro del área protegida es muy alto; asignando un valor de 1 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

Desde el análisis de los Criterios de riesgo y protección, se puede afirmar que la protección de la fuente de agua Sixituro, se debe principalmente a que se encuentra bajo el régimen de protección del Parque Nacional Cotacachi Cayapas, esto reduce los riesgos de degradación de suelos y de sufrir incendios en el área de la fuente de agua. Sin embargo, lo referente a la autorización del uso del agua de la fuente, reduce la calificación en la evaluación del estado de protección de esta.

#### **B. Criterios de integridad y conservación:**

**Desechos sólidos.** – en la fuente Sixituro y en el área aledaña, no se observó desechos sólidos por lo que se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

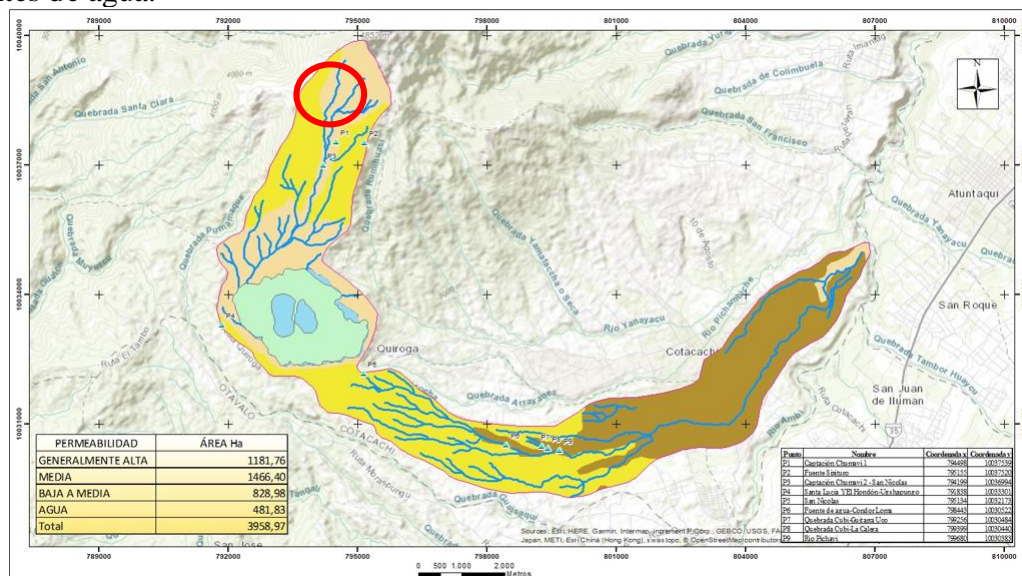
**Descargas líquidas.** – en el área de la fuente no se observan descargas líquidas, se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Responsabilidad tras la protección.** – el análisis de la responsabilidad tras la protección de la fuente de agua radica en la determinación de la entidad o entidades públicas o privadas que son las responsables de actuación en caso de presentarse algún evento adverso que ponga en riesgo a la fuente de agua. Siendo que la fuente Sixituro se encuentra dentro del área protegida, el responsable del cuidado es una institución pública, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica a través del responsable del Parque Nacional; se califica con el valor de 10 dentro de la matriz de evaluación de las fuentes de agua.

### **C. Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi.**

**Cobertura vegetal.** - la cobertura vegetal identificada alrededor de la fuente de agua es vegetación nativa, pajonal que caracteriza al páramo, se califica al indicador con un valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología.** - según el análisis cartográfico, la zona alta donde se ubica la fuente Sixituro, presenta un nivel freático medio (Figura 5), por lo que se califica con el valor de 5 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.



**FIGURA 6: MAPA DE HIDROGEOLÍA (NIVEL FREÁTICO)**

**Perímetro de protección.** - la ordenanza municipal establece un perímetro de protección para fuentes de agua de uso potable de 1 km a la redonda, en el caso de la fuente Sixituro, esta condición, se cumple por lo que se califica con el valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**TABLA 2.- MATRIZ DE EVALUACIÓN DE FUENTES DE AGUA**

<b>EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA</b>				
<b>Fuente:</b>	Sixituro	<b>Fecha:</b> 20/11/2019; Actualización de la Evaluación 23/11/2023		
<b>Evaluador:</b>	Cristina Valles			
<b>Nro.</b>	<b>CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION</b>	<b>Detalle</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Calificación</b>
<b>1</b>	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	1
<b>2</b>	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	10
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	
<b>3</b>	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	10
		Propiedad de los Beneficiarios	5	
		Propiedad de extraños	1	
<b>4</b>	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en trámite	5	
		Sin autorización	1	1
<b>5</b>	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
<b>CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION</b>				
<b>6</b>	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		Ausencia de desechos sólidos	10	10

7	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10	10
8	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
9	Responsabilidad tras la protección	Estado	10	10
		GAD local (municipal, parroquial)	5	
		Usuarios	1	
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>				
10	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10	10
		mosaico agropecuario	5	
		sin vegetación	1	
11	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10	
		Medio	5	5
		Bajo	1	
12	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10	10
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5	
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1	
<b>TOTAL CALIFICACION:</b>				<b>79</b>
<b>CRITERIO DE EVALUACION:</b>				<b>MEDIANAMENTE PROTEGIDA</b>

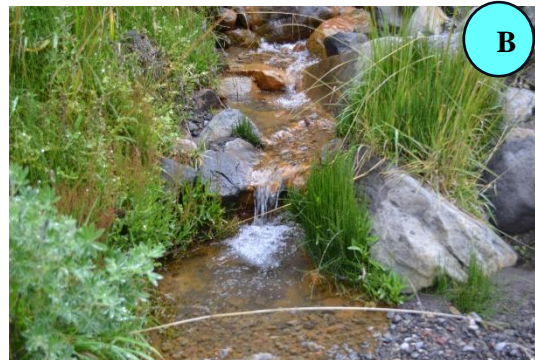
<b>CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA</b>			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

Los resultados de los criterios de riesgos, protección; integridad, conservación y legales, la fuente Sixituro se encuentra **MEDIANAMENTE PROTEGIDA**; los criterios con los valores más altos están relacionados a la protección de la fuente por la presencia del Parque Nacional Cotacachi Cayapas que condiciona positivamente a otras variables

como son la presencia o ausencia de descargas líquidas o desechos sólidos, cobertura vegetal y perímetro de protección. Siendo una fuente protegida, es baja la prioridad de intervención por parte del GAD Cotacachi y demás instituciones públicas o privadas; sin embargo, esta zona comprende parte del área protegida del parque nacional que cuenta con su propio plan de manejo, tendiente a conservar y proteger el área.

#### 4.1.3 Estado de protección de la Fuente de agua Chumaví

La fuente de agua Chumaví está ubicada en la zona alta de la unidad hidrográfica del río Pichavi, dentro del ecosistema páramo, en las coordenadas UTM, WGS84, zona 17 sur: X: 794498; Y: 100375390, dentro del Parque Nacional Cotacachi Cayapas (PNCCa) (Figura 7); sus aguas son de uso potable y junto con el agua de la fuente Chumaví 2 y Sixituro, abastecen al Proyecto Chumaví que beneficia a las comunidades de la zona alta: Topo Grande, Azaya, San Pedro, El Cercado, Tunibamba, Alambuela, Colimbuela, San Nicolás y Ugshapungo.





**FIGURA 7:** *ÁREA DE LAS FUENTES DE AGUA CHUMAVÍ 1 Y 2. A. QUEBRADA CHUMAVÍ QUE CONDUCE EL AGUA DE LOS DESHIELOS DEL VOLCÁN COTACACHI Y ESCURRIMIENTO DEL PÁRAMO. B. FUENTE DE AGUA. C. MEDICIÓN DEL CAUDAL. D. INFRAESTRUCTURA DE CAPTACIÓN. E. TANQUES DESARENADORES PREVIO A LA CONDUCCIÓN. F. VISTA DE HUELLAS DE VENADO. G. VISTA DE HUELLAS DE FELINO*

La evaluación de los componentes se realiza de manera general en la fuente Chumaví 1 ubicada en las coordenadas X: 794498; Y: 1003759 y la considerada como una nueva fuente de agua conocida como Chumaví 2 corresponde a la misma quebrada cuya agua es el remanente de la captación 1 más el escurrimiento de agua del páramo aguas abajo; el análisis determina los siguientes resultados:

#### **A. Criterios de riesgo y protección:**

**Caudal.** - tiene un caudal de 30 l/min. registro realizado el 20 de noviembre de 2019 y actualizado el 23 de noviembre del 2023 en el que se registra un valor de 27 l/min. esta fuente de agua se genera por el escurrimiento del páramo y los deshielos del volcán Cotacachi; sin embargo, actualmente ya no se observan nieves perpetuas y la quebrada esta casi seca, se le asigna el valor de **1** en la matriz de evaluación de fuentes de agua

(Tabla 3), debido a que no existen registros históricos del caudal para la comparación respectiva.

El análisis del caudal como un indicador dentro de la evaluación de estado de protección de fuentes de agua, al no estar comparado con valores existentes, no puede ser considerado como una variable decisiva al momento de establecer el estado de protección de la fuente Chumaví 1 y 2, sin embargo, constituye un valor de referencia de la cantidad de agua existente para la dotación a los beneficiarios.

**Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora.** - se le asigna la calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación ya que se encuentra bajo el régimen de protección del Parque Nacional Cotacachi Cayapas.

**Tenencia de la tierra.** – la fuente se encuentra en los páramos del cerro Cotacachi y que forman parte del Parque Nacional Cotacachi Cayapas; de acuerdo al catastro del GAD municipal de Cotacachi el área donde se encuentran las fuentes de agua no se encuentra catastrada determinándose la propiedad del estado asignando el valor de 10 en la matriz de evaluación.

**Autorización.** – el uso del agua para consumo potable de la fuente Chumaví 1 y 2, no cuenta con autorización por parte de la autoridad única del agua, según datos del Registro público del Agua (RPA) proporcionados por la Dirección Zonal 1 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica con corte febrero del 2024; por lo que se le asigna una calificación de 1 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de degradación del suelo.** – el mapa de riesgo de degradación determina que el área donde se ubican las fuentes de agua Chumaví 1 y 2 presenta susceptibilidad severa de degradación del suelo, por lo que se califica con el valor de 1 dentro de matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de sufrir incendios.** – de acuerdo al análisis realizado a través de cartografía se determina que el riesgo de sufrir incendios que puedan afectar a la fuente de agua dentro del área protegida es muy alto; asignando un valor de 1 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

Desde el análisis de los Criterios de riesgo y protección, se puede determinar que la protección de la fuente de agua Chumaví 1 y 2, se debe principalmente a que se encuentra bajo el régimen de protección del Parque Nacional Cotacachi Cayapas; sin embargo, esto

no reduce los riesgos de degradación de suelos y de sufrir incendios en el área de la fuente de agua, así como lo referente a la falta de autorización del uso del agua de la fuente, reduce la calificación en la evaluación del estado de protección de la misma.

#### **B. Criterios de integridad y conservación:**

**Desechos sólidos.** – en la quebrada Chumaví donde se encuentran las fuentes de agua, no se observó desechos sólidos por lo que se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Descargas líquidas.** – dadas las características de la zona y el régimen de protección que tiene la misma, en el área de la fuente no se observan descargas líquidas, se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Responsabilidad tras la protección.** – el análisis de la responsabilidad tras la protección de la fuente de agua, radica en la determinación de la entidad o entidades públicas o privadas que son las responsables de actuación en caso de presentarse algún evento adverso que ponga en riesgo a la fuente de agua. Siendo que la fuente Chumaví 1 y 2 se encuentran dentro del área protegida, el responsable del cuidado es una institución pública, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica a través del responsable del Parque Nacional en coordinación con los usuarios del agua por lo que se califica con el valor de 10 dentro de la matriz de evaluación de las fuentes de agua.

#### **C. Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi.**

**Cobertura vegetal.** - la cobertura vegetal identificada alrededor de la fuente de agua es vegetación nativa, pajonal que caracteriza al páramo, se califica al indicador con un valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología.** - según el análisis cartográfico, la zona alta donde se ubica la fuente Chumaví 1 y 2, presenta un nivel freático medio (Figura 5), por lo que se califica con el valor de 5 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.



**Perímetro de protección.** - la Ordenanza que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección del cantón Cotacachi, vigente desde el 2016 establece un perímetro de protección para fuentes de agua de uso potable de 1 km a la redonda, en el caso de la fuente Chumaví 1 y 2 que corresponde a una quebrada, esta condición, se cumple por lo que se califica con el valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**TABLA 3.- MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CHUMAVÍ 1 Y 2**

EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA				
<b>Fuente:</b>	Chumaví 1 y 2	<b>Fecha:</b> 20/11/2019; Actualización de la Evaluación 23/11/2023		
<b>Evaluador:</b>	Cristina Valles			
Nro.	CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION	Detalle	Ponderación	Calificación
1	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	1
2	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	10
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	
3	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	10
		Propiedad de los Beneficiarios	5	
		Propiedad de extraños	1	
4	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en tramite	5	
		Sin autorización	1	1
5	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
<b>CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION</b>				

6	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		Ausencia de desechos sólidos	10	10
7	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10	10
8	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
9	Responsabilidad tras la protección	Estado	10	10
		GAD local (municipal, parroquial)	5	
		Usuarios	1	
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>				
10	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10	10
		mosaico agropecuario	5	
		sin vegetación	1	
11	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10	
		Medio	5	5
		Bajo	1	
12	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10	10
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5	
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1	
<b>TOTAL CALIFICACION:</b>				<b>79</b>
<b>CRITERIO DE EVALUACION:</b>				<b>MEDIANAMENTE PROTEGIDA</b>

<b>CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA</b>			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

Según el análisis de Criterios de riesgo y protección, ecológicos y legales, la fuente Chumaví 1 y 2 se encuentra **MEDIANAMENTE PROTEGIDA**, los valores más altos obtenidos están relacionados a la presencia del Parque Nacional Cotacachi Cayapas que condiciona a otras variables como son la presencia o ausencia de descargas líquidas o desechos sólidos, cobertura vegetal, perímetro de protección y responsabilidad tras la protección.

Siendo una fuente medianamente protegida, se requiere de la presencia e intervención por parte del GAD municipal Cotacachi, usuarios del agua de las comunidades atendidas y demás instituciones públicas con competencias en la protección del área y del agua para consumo humano; sin embargo, esta zona comprende parte del área protegida Parque nacional Cotacachi Cayapas que cuenta con su propio plan de manejo, tendiente a conservar y proteger el área por lo que la difusión de las medidas establecidas dentro del plan debe ser ampliamente conocida por usuarios y/o consumidores para el cumplimiento estricto y apoyo de ser el caso.

#### **4.1.4 Estado de protección de la Fuente de agua El Hondón**

De acuerdo con el inventario realizado por el GAD municipal de Cotacachi en el año 2011 y que se halla vigente hasta la fecha la fuente de agua el Hondón se encuentra en las coordenadas X: 0791836; Y: 10033310; Z: 3293 msnm y consiste en tanques de recolección de agua para la dotación de agua potable y abrevadero de animales la comunidad Ugshapungo conformada por alrededor de 50 familias.

Según el criterio técnico y metodológico utilizado, la fuente de agua el Hondón no podría considerarse como tal ya que no corresponde a un afloramiento de agua que requiera ser evaluado en su estado de protección, así como la generación de una propuesta con medidas para su cuidado. De acuerdo con la versión del Ing. Plutarco Méndez, Guardaparque del PNCCa la fuente o fuentes que abastecen y se recolectan en este punto se localizan en la parte alta del volcán Cotacachi, fuera del área de estudio.



**FIGURA 8:** *TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA SER DISTRIBUIDA A LA COMUNIDAD UGSHAPUNGO; NO ES CONSIDERADA FUENTE DE AGUA DE ACUERDO CON LA METODOLOGÍA DEL PRESENTE ESTUDIO.*

#### **4.1.5 Estado de protección de la Fuente de agua Cuicocha – Junto al Lago**

La fuente de agua Cuicocha junto al lago, se encuentra ubicada a pocos metros de la guardianía en la vía de acceso al Parque Nacional Cotacachi Cayapas y de la laguna de Cuicocha en las coordenadas UTM, WGS84, zona 17 sur: X: 795209; Y: 10032445; sus aguas son de uso potable, abastecen las comunidades Cuicocha centro - Sector Condor Loma, Cuicocha Pana. Esta fuente es captada a través de tubería interna por lo que no es posible observar el afloramiento de agua a través de la roca.



**FIGURA 9:** *ÁREA DE LA FUENTE DE AGUA CUICOCHA – JUNTO A LA LAGUNA. A. CAPTACIÓN VISTA DE TUBERÍA COLOCADA EN LA ROCA B. TANQUE DE ALMACENAMIENTO C. SITIO ALREDEDOR DE LA FUENTE. D. VEGETACIÓN CIRCUNDANTE E INGRESO A LA FUENTE.*

La evaluación de los Criterios de riesgo, protección, integridad y conservación y legales en la fuente determina los siguientes resultados:

**A. Criterios de riesgo y protección:**

**Caudal.** – la fuente de agua es captada a través de tubería interna por lo que no es posible aforar el caudal, se le asigna el valor de **1** en la matriz de evaluación de fuentes de agua (Tabla 4), debido a que no existen registros históricos del caudal para la comparación respectiva.

**Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas.** – la fuente se encuentra fuera del parque nacional Cotacachi Cayapas por lo que se le asigna la valoración de **1**

**Tenencia de la tierra.** – la fuente se encuentra en propiedad privada de acuerdo con información del catastro municipal del GAD Cotacachi por lo que se le asigna el valor de **1** en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Autorización.** – el uso del agua para consumo humano de la fuente del Lago Cuicocha no se registra en el Registro Público del Agua con autorización por parte del ente de control; por lo que se le asigna una calificación de 1 en la matriz de evaluación del estado de protección.

**Riesgo de degradación del suelo.** – el mapa de riesgo de degradación determina que el área donde se ubican la fuente de agua presenta susceptibilidad severa de degradación del suelo, por lo que se califica con el valor de 1 dentro de matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de sufrir incendios.** – de acuerdo con el análisis realizado a través de cartografía se determina que el riesgo de sufrir incendios que puedan afectar a la fuente de agua es medio; asignando un valor de 5 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

#### **B. Criterios de integridad y conservación:**

**Desechos sólidos.** – en el área de la fuente, no se observó desechos sólidos por lo que se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua, el resultado está asociado a que no se encuentran viviendas cercanas al sitio

**Descargas líquidas.** – en el área de la fuente no se observan descargas líquidas, se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua; de la misma manera está asociado a que no se encuentran viviendas en los alrededores del sitio.

**Responsabilidad tras la protección.** – el análisis de la responsabilidad tras la protección de la fuente de agua radica en la determinación de la entidad o entidades públicas o privadas que son las responsables de actuación en caso de presentarse algún evento adverso que ponga en riesgo a la fuente de agua, correspondiendo a la Junta de administradora de agua su protección por lo que se califica con el valor de 10 dentro de la matriz de evaluación de las fuentes de agua.

### C. Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi.

**Cobertura vegetal.** - la cobertura vegetal identificada alrededor de la fuente de agua es vegetación nativa, matorral y tierra agropecuaria de acuerdo con el mapa de cobertura vegetal se califica al indicador con un valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua y que la verificación en campo indica que se trata de vegetación natural.

**Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología.** - según el análisis cartográfico, el área donde se ubica la fuente presenta un nivel freático medio (Figura 5), por lo que se califica con el valor de 5 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Perímetro de protección.** - la ordenanza municipal establece un perímetro de protección para fuentes de agua de uso potable de 1 km a la redonda, en el caso de la fuente de agua esta condición no se cumple, la fuente de agua está a 20 metros de la vía de acceso al PNCCa por lo que se califica con el valor de 1 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**TABLA 4.- MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUICOCHA JUNTO AL LAGO.**

EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA				
<b>Fuente:</b>	Cuicocha, junto al lago	<b>Fecha:</b> 20/11/2019; Actualización de la Evaluación 23/11/2023		
<b>Evaludador:</b>	Cristina Valles			
Nro.	CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION	Detalle	Ponderación	Calificación
1	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	1
2	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	1
3	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	
		Propiedad de los Beneficiarios	5	

		Propiedad de extraños	1	1
4	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en tramite	5	
		Sin autorización	1	1
5	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	
		Medio	5	
		Bajo	10	10
<b>CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION</b>				
6	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		Ausencia de desechos sólidos	10	10
7	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10	10
8	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1	
		Medio	5	5
		Bajo	10	
9	Responsabilidad tras la protección	Estado	10	
		GAD local (municipal, parroquial)	5	
		Usuarios	1	1
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>				
10	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10	
		mosaico agropecuario	5	5
		sin vegetación	1	
11	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10	
		Medio	5	5
		Bajo	1	
12	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10	
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5	
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1	1
<b>TOTAL CALIFICACION:</b>				<b>51</b>
<b>CRITERIO DE EVALUACION:</b>				<b>MEDIANAMENTE PROTEGIDA</b>



<b>CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA</b>			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

Según el análisis de los criterios de riesgo y protección, ecológicos y legales, la fuente de agua Cuicocha junto al lago se evalúa como **MEDIANAMENTE PROTEGIDA**, la fuente se encuentra fuera del área protegida lo que condiciona a las variables relacionadas con la propiedad de la tierra, responsabilidad tras la protección de la fuente de agua, cobertura vegetal y perímetro de protección. Siendo una fuente medianamente protegida, es mediana la prioridad de intervención por parte del GAD Cotacachi, instituciones públicas y usuarios del agua.

#### **4.1.6 Estado de protección de la Fuente de agua Condor Loma**

Condor Loma corresponde a un área de afloramiento de varios ojos de agua captados en distintos tanques que distribuyen el recurso hacia pobladores de la parroquia Quiroga y Comunidades de Cuicocha Centro, El Punje y Domingo Sabio, el sitio es de propiedad municipal y tiene una extensión aproximada de 30 hectáreas, se ubica en las coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 Sur X: 798439; Y: 10030516. Los ojos de agua son captados y distribuidos por el GAD municipal de Cotacachi, las Juntas de agua potable de las comunidades de Cuicocha, el Punge y Domingo Sabio.



**FIGURA 10:** *ÁREA DE LA FUENTE DE AGUA CONDOR LOMA. A. ÁREA DE FUENTES DE AGUA CONDOR LOMA DE PROPIEDAD DEL GAD MUNICIPAL DE COTACACHI; B. VERIFICACIÓN DE UNO DE LOS TANQUES DE AGUA CON APOYO DE UN FUNCIONARIO DEL GAD MUNICIPAL. C. TANQUE 1 DE ACUMULACIÓN DE AGUA. D. TANQUE 2 DE ACUMULACIÓN DE AGUA.*

La evaluación de los parámetros de la matriz determina:

**A. Criterios de riesgo y protección:**

**Caudal.** – los sistemas de agua potable inician con la construcción de tanques sobre los ojos de agua para almacenamiento y posterior traslado hacia tanques de distribución; por tal motivo la medición del caudal no es posible; sin embargo, se realiza una medición del caudal de agua en la planta de potabilización que es manejada por el GAD municipal y que se ubica en otro sitio fuera de la captación contando con 12 lt/s.; al contrario, los ojos de agua y caudales aprovechados por las comunidades Cuicocha centro y el Punge no pueden ser medidos.

Se asigna el valor de 1 en la matriz de evaluación de fuentes de agua (Tabla 5), debido a que no existen registros históricos del caudal para la comparación respectiva.

**Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora.** - se le asigna la calificación de 1 dentro de la matriz de evaluación ya que no se encuentra dentro de un régimen de protección.

**Tenencia de la tierra.** – la fuente se encuentra en un terreno de aproximadamente 30 hectáreas de propiedad municipal, cuenta con un cerramiento de alambrado para evitar el paso de animales por lo que se le asigna el valor de 10 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Autorización.** – el uso del agua para consumo potable de la fuente se encuentra en proceso desde octubre del año 2023 en la Dirección Zonal 1 del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de acuerdo a la información proporcionada por el GAD municipal; se le asigna una calificación de 5 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de degradación del suelo.** – el mapa de riesgo de degradación determina que el área donde se ubican las fuentes de agua Condor Loma presenta susceptibilidad severa de degradación del suelo, por lo que se califica con el valor de 1 dentro de matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de sufrir incendios.** – según el análisis realizado a través de cartografía se determina que el riesgo de sufrir incendios que puedan afectar a la fuente de agua dentro del área protegida es muy alto; asignando un valor de 1 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

Desde el análisis de los Criterios de riesgo y protección, se puede determinar que la protección de la fuente de agua Cónдор Loma, se debe principalmente a que se encuentra en un terreno de propiedad del GAD municipal que cuenta con cerramiento y evita el ingreso de animales; sin embargo, esto no reduce los riesgos de degradación de suelos y de sufrir incendios en el área de la fuente de agua lo que reduce la calificación en la evaluación del estado de protección de esta.

#### **B. Criterios de integridad y conservación:**

**Desechos sólidos.** – el área de la fuente de agua Condor Loma no se observó desechos sólidos por lo que se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Descargas líquidas.** – en el área de la fuente no se observan descargas líquidas, se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

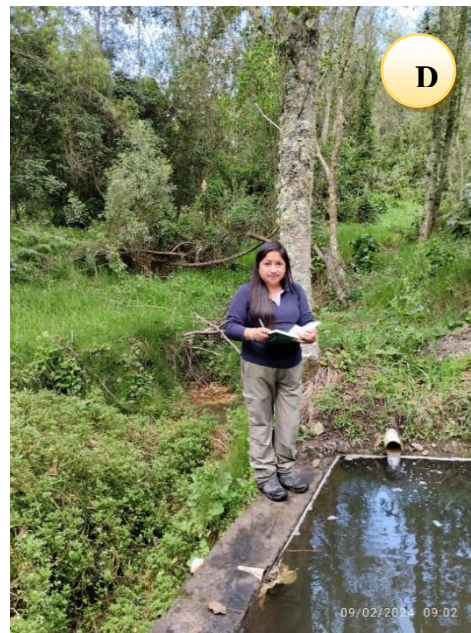
**Responsabilidad tras la protección.** – el análisis de la responsabilidad tras la protección de la fuente de agua recae en el GAD municipal de Cotacachi en coordinación con otros usuarios de las comunidades Quiroga Centro y el Punge por lo que se califica con el valor de 10 dentro de la matriz de evaluación de las fuentes de agua.

### **C. Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi.**

**Cobertura vegetal.** - la cobertura vegetal identificada alrededor de la fuente de agua es vegetación resultado de forestación con especies nativas como el aliso se califica al indicador con un valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología.** - según el análisis cartográfico, la zona alta donde se ubica la fuente Condor Loma, presenta un nivel freático alto (Figura 5), por lo que se califica con el valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Perímetro de protección.** - la ordenanza municipal establece un perímetro de protección para fuentes de agua de uso potable de 1 km a la redonda, en el caso de la fuente Cónдор Loma, esta condición, se cumple por lo que se califica con el valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.



**FIGURA 11:** *ÁREA DE LA FUENTE DE AGUA CONDOR LOMA. A. TANQUE DE CAPTACIÓN EL PUNGE; B. VEGETACIÓN DEL ÁREA. C. TOMA DE DATOS TANQUE DE CAPTACIÓN DEL GAD MUNICIPAL. D. TANQUE DE AGUA REMANENTE QUE SE DIRIGE A FORMAR EL RÍO PICHAVÍ*

**TABLA 4.-** *MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CONDOR LOMA*

EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA				
<b>Fuente:</b>	Cóndor Loma	<b>Fecha:</b> 20/11/2019; Actualización de la Evaluación 23/11/2023		
<b>Evaluador:</b>	Cristina Valles			
Nro.	CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION	Detalle	Ponderación	Calificación
1	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	1

2	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	1
3	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	
		Propiedad de los Beneficiarios	5	5
		Propiedad de extraños	1	
4	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en trámite	5	5
		Sin autorización	1	
5	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
<b>CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION</b>				
6	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		Ausencia de desechos sólidos	10	10
7	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10	10
8	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
9	Responsabilidad tras la protección	Estado	10	
		GAD local (municipal, parroquial)	5	5
		Usuarios	1	
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>				
10	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10	10
		mosaico agropecuario	5	
		sin vegetación	1	
11	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10	10
		Medio	5	
		Bajo	1	

12	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10	
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5	5
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1	
TOTAL CALIFICACION:				64
CRITERIO DE EVALUACION:			<b>MEDIANAMENTE PROTEGIDA</b>	

CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

Según el análisis de los criterios de riesgo y protección, ecológicos y legales, la fuente de agua Condor Loma se evalúa como **MEDIANAMENTE PROTEGIDA**, en el sitio se encuentran varios ojos de agua que son captados a través de tanques reservorios por las comunidades Cuicocha Centro y El Punge, además de la fuente principal utilizada por el GAD municipal para abastecer a la parroquia Quiroga y varios barrios de la ciudad de Cotacachi; se encuentra en terreno de propiedad del GAD lo que favorece su protección sin embargo, esto no disminuye el riesgo de sufrir incendios o degradación del suelo.

#### 4.1.7 Fuente de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera

La fuente de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín de acuerdo a las comunidades que se sirven del agua de esta zona se ubica en la parroquia Quiroga del cantón Cotacachi en las coordenadas X: 799256; Y: 10030484, corresponde a una área con nivel freático alto que ha sido aprovechado por las mencionadas comunidades para recoger el agua en tanques de almacenamiento y distribuirla posteriormente, en el sitio la vegetación es matorral conformado por aliso principalmente; como seguridad se encuentra cercado para protegerlo del ingreso de animales; no es posible la medición del caudal en los tanques de almacenamiento visitados.



**FIGURA 12:** *ÁREA DE LA FUENTE DE AGUA CUBI – GUITARRA UCO Y LA CALERA. A. B. C. VEGETACIÓN Y PEQUEÑOS CANALES DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN DEL AGUA HACIA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.*

La administración de estas fuentes se encuentra a cargo de las Juntas administradoras de Agua de las comunidades Guitarra Uco, La Calera y San Martín; no se tienen registros de las autorizaciones de uso de agua por parte de las juntas administradoras; sin embargo, las juntas conformadas cuentan con el apoyo de la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi (UNORCAC).





**FIGURA 13:** D. AFLORAMIENTO DE AGUA E. VISTA DEL CERRAMIENTO DEL ÁREA DONDE SE ENCUENTRAN LAS FUENTES DE AGUA F. TANQUE DE ALMACENAMIENTO G. VISTA DE AGUA QUE INGRESA AL TANQUE.

La evaluación de los parámetros de la matriz determina:

#### **D. Criterios de riesgo y protección:**

**Caudal.** – el sitio tiene nivel freático alto, los usuarios del agua establecen pequeños canales para la conducción del agua que aflora del suelo y es conducida hacia tanques de captación para luego ser distribuidas a cada una de las comunidades; no es posible la medición del caudal y se desconoce si existen registros de mediciones anteriores y actuales; desde la UNORCAC no se logra contar con datos referentes a la cantidad de agua que se obtiene en el sitio.

Se asigna el valor de 1 en la matriz de evaluación de fuentes de agua (Tabla 5), debido a que no existen registros históricos del caudal para la comparación respectiva.

**Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora.** - se le asigna la calificación de 1 dentro de la matriz de evaluación ya que no se encuentra dentro de un régimen de protección.

**Tenencia de la tierra.** – la fuente se encuentra en un terreno de propiedad de la Junta de Agua Potable La Calera conforme el catastro municipal, cuenta con un cerramiento de alambrado para evitar el paso de animales por lo que se le asigna el valor de 10 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Autorización.** – no se registran datos de la autorización de uso del agua por parte de las juntas administradoras de agua, se le asigna una calificación de 1 en la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de degradación del suelo.** – el mapa de riesgo de degradación determina que el área donde se ubican las fuentes de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín presenta susceptibilidad severa de degradación del suelo, por lo que se califica con el valor de 1 dentro de matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Riesgo de sufrir incendios.** – de acuerdo con el análisis realizado a través de cartografía se determina que el riesgo de sufrir incendios que puedan afectar a la fuente de agua dentro del área protegida es medio; asignando un valor de 5 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

El análisis de los Criterios de riesgo y protección determina que la protección de la fuente de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín, se debe a la propiedad del terreno donde se encuentran lo que hace que exista una protección física con alambrado para evitar el ingreso de ganado, sin embargo no se logra contar con información de caudales, así como las autorizaciones del uso de agua; el riesgo de degradación del suelo es severo y los riesgos de sufrir incendios es medio.

#### **E. Criterios de integridad y conservación:**

**Desechos sólidos.** – el área de la fuente de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín no se observó desechos sólidos por lo que se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Descargas líquidas.** – en el área de la fuente no se observan descargas líquidas, se asigna una calificación de 10 dentro de la matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua.

**Responsabilidad tras la protección.** – el análisis de la responsabilidad tras la protección de la fuente de agua recae en las Juntas administradoras comunitarias, es importante destacar la propiedad del terreno de las fuentes de captación de la Fuente de agua de la comunidad La Calera lo que permite garantizar medidas de protección por lo que se califica con el valor de 10 dentro de la matriz de evaluación de las fuentes de agua.

#### **F. Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi.**

**Cobertura vegetal.** - la cobertura vegetal identificada alrededor de la fuente de agua es vegetación arbustiva y herbácea con varios árboles plantados como el aliso principalmente se califica al indicador con un valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología.** - según el análisis cartográfico, la zona donde se ubica la fuente Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín, presenta un nivel freático generalmente alto (Figura 5), por lo que se califica con el valor de 10 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**Perímetro de protección.** - la ordenanza municipal establece un perímetro de protección para fuentes de agua de uso potable de 1 km a la redonda, en el caso de la fuente Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín, esta condición, no se cumple en su totalidad, el terreno donde se encuentran las fuentes es alargado y no cubre las dimensiones que establece la ordenanza por lo que se califica con el valor de 5 en la matriz de evaluación de fuentes de agua.

**TABLA 5.- MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUEBRADA CUBI – GUITARRA UCO Y LA CALERA - SAN MARTÍN**

<b>EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA</b>				
<b>Fuente:</b>	Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín	<b>Fecha:</b> 20/11/2019; Actualización de la Evaluación 23/11/2023		
<b>Evaluador:</b>	Cristina Valles			
<b>Nro.</b>	<b>CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION</b>	<b>Detalle</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Calificación</b>
<b>1</b>	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	1
<b>2</b>	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	1
<b>3</b>	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	
		Propiedad de los Beneficiarios	5	5
		Propiedad de extraños	1	
<b>4</b>	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en trámite	5	
		Sin autorización	1	1
<b>5</b>	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	1
		Medio	5	
		Bajo	10	
<b>CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION</b>				
<b>6</b>	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		Ausencia de desechos sólidos	10	10
<b>7</b>	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10	10
<b>8</b>	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1	
		Medio	5	5
		Bajo	10	

<b>9</b>	Responsabilidad tras la protección	Estado	10	
		GAD local (municipal, parroquial)	5	
		Usuarios	1	1
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>				
<b>10</b>	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10	10
		mosaico agropecuario	5	
		sin vegetación	1	
<b>11</b>	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10	10
		Medio	5	
		Bajo	1	
<b>12</b>	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10	
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5	
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1	1
<b>TOTAL CALIFICACION:</b>				<b>60</b>
<b>CRITERIO DE EVALUACION:</b>				<b>MEDIANAMENTE PROTEGIDA</b>

<b>CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA</b>			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

Según el análisis de los criterios de riesgo y protección, ecológicos y legales, la fuente de agua Quebrada Cubi – Guitarra Uco y La Calera - San Martín se evalúa como **MEDIANAMENTE PROTEGIDA**, la fuente o fuentes se encuentran en un terreno de propiedad de los beneficiarios, esto determina que las condiciones de protección de la fuente relacionada a la cobertura vegetal, la ausencia de desechos, descargas y la responsabilidad tras la protección sean adecuadas; sin embargo; lo relacionado a los riesgos como la degradación del suelo y el riesgo de sufrir incendios no puede ser controlado por la propiedad de la tierra; al ser una fuente medianamente protegida, es mediana la prioridad de intervención por parte de los usuarios del agua, GAD Cotacachi e instituciones públicas.

## **4.2 Análisis de los factores que inciden en la protección de fuentes de agua**

La evaluación de la protección de fuentes de agua para consumo humano de la microcuenca del Pichaví establece 3 grupos de factores que inciden en la protección: *Criterios de Riesgos y Protección, Criterios de Integridad y Conservación; Criterios legales establecidos en la Ordenanza del GAD Cotacachi*; el análisis realizado parte de una premisa de que uno o varios de estos parámetros es decisivo en la protección de la fuente de agua debiendo ser considerados dentro de la construcción de planes, proyectos y cuerpos normativos locales que regulen la protección del dominio hídrico público.

### **4.2.1 Criterios de riesgo y protección**

#### **4.2.1.1 Caudal**

El caudal de un río o fuente de agua se refiere al volumen de agua que fluye en un determinado período de tiempo. Este factor es crucial para la protección de fuentes de agua debido a su influencia en la calidad, disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico. Con base a este criterio se analizan varios aspectos de como el caudal incide en la protección de fuentes de agua

#### **1. Mantenimiento de la calidad del agua**

El caudal influye significativamente en la capacidad de un cuerpo de agua para diluir y dispersar contaminantes, la dilución es uno de los mecanismos más importantes a través de los cuales los ríos pueden mantener la calidad del agua, y esta capacidad está directamente relacionada con el caudal (2007). Un caudal adecuado asegura que los contaminantes se diluyan suficientemente, manteniendo la calidad del agua dentro de los límites aceptables para el consumo humano, la agricultura, abrevadero de animales y protección de la vida silvestre.

#### **2. Recarga de acuíferos**

Asegurar el flujo constante de agua superficial contribuye a que los acuíferos subterráneos sean recargados y asegurar la cantidad de agua para los distintos usos; lo contrario (Sophocleous, 2002); la disminución del caudal afectaría a la recarga hídrica y a la calidad del agua.

### **3. Sustentabilidad de los ecosistemas**

Según lo mencionan Poff, et al, "la estabilidad del caudal es decisivo para mantener los hábitats acuáticos y la biodiversidad. Cambios significativos en el caudal pueden llevar a la pérdida de especies y la degradación de los ecosistemas" (2010). En lo relacionado al aseguramiento de la vida silvestre en los ecosistemas de las fuentes analizadas, este caudal asegura también el suministro de agua a especies de mamíferos como el caso de la fuente Chumaví en donde se encontraron huellas de mamíferos que posiblemente fueron a abastecerse de agua.

### **4. Usos Humanos**

El caudal indispensable para asegurar el abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola e industrial sin comprometer la salud y equilibrio biológico en el ecosistema; la disminución del caudal provocaría escasez en la dotación y conflictos sociales por el agua; la búsqueda de otras fuentes superficiales más lejanas incrementando los costos de conducción y distribución así también la afectación a la biodiversidad.

#### **4.2.1.2 Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas**

El área protegida que se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Pichaví (zona alta) es el Parque Nacional Cotacachi Cayapas declarado inicialmente como Reserva Nacional el 29 de agosto de 1968, mediante Registro Oficial de 24 de septiembre de 1968, con el objeto de realizar trabajos de investigación y experimentación. Posteriormente, se estableció como Reserva Ecológica, mediante Acuerdo Ministerial N° 0322 del 20 de noviembre de 1979, y el 7 de mayo de 2019, mediante Acuerdo Ministerial N° 040, se cambia su categoría de manejo a Parque Nacional (Parque Nacional Cotacachi Cayapas, 2020)

Dentro de los objetivos de manejo del área protegida, entre otros, se encuentra el de mantener la calidad de los recursos hídricos y mantener la superficie y recuperar la condición del páramo y del bosque andino; estos se convierten en factores que tienen relación con la protección de fuentes de agua.

## **1. Regulación del Ciclo Hidrológico y conservación del ecosistema**

Las áreas naturales protegidas ayudan a regular el ciclo del agua; la vegetación actúa como una alfombra que retiene el agua y la libera de forma gradual hacia los cuerpos de agua; este filtro favorece a la retención de sedimentos y contaminantes que mejoran la calidad del agua haciéndola apta para el consumo humano; “los bosques dentro de las áreas protegidas desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico, al permitir la infiltración del agua y su liberación gradual” (Armenteras et al., 2010).

## **2. Protección contra la contaminación**

En el área protegida se restringen las actividades humanas como los asentamientos humanos, agricultura, ganadería o actividades extractivas como la minería lo que disminuye la presencia de contaminantes en las fuentes de agua.

## **3. Hábitats para la Biodiversidad**

Proporcionan hábitats cruciales para la flora y fauna, incluyendo especies acuáticas y ribereñas que son importantes para la salud de los ecosistemas acuáticos. La biodiversidad saludable contribuye a la resiliencia y estabilidad de estos ecosistemas.

## **4. Servicios Ambientales**

El área protegida proporciona una variedad de servicios ecosistémicos que benefician a las fuentes de agua, incluyendo la regulación del clima, la purificación del aire y el mantenimiento de la biodiversidad; así también la provisión y regulación hídrica; control de inundaciones, recarga de acuíferos, depuración de nutrientes y purificación del agua. (Parque Nacional Cotacachi Cayapas, 2020). Estos servicios indirectamente contribuyen a la protección y sostenibilidad de los recursos hídricos.

## **5. Adaptación y mitigación del cambio climático:**

Las áreas protegidas ayudan a mitigar los efectos del cambio climático al conservar grandes extensiones de vegetación que capturan carbono y regulan el clima local, lo cual es decisivo para la estabilidad de los recursos hídricos. (Guzmán & Montes, 2011).



#### **4.2.1.3 Tenencia de la tierra**

En el área de estudio se pudo identificar que la tierra está en manos del estado ecuatoriano (área protegida), en propiedad de los usuarios o consumidores del agua y en propiedad de terceros; por lo que es importante analizar como este aspecto incide de forma significativa en la protección de las fuentes de agua desde la implementación de prácticas de manejo sostenible hasta la prevención de conflictos y la regulación del uso del suelo.

Una gestión adecuada de la tenencia de la tierra es fundamental para asegurar la conservación y sostenibilidad de los recursos hídricos. Cuando las personas tienen derechos claros y asegurados sobre su tierra, es más probable que implementen medidas de manejo sostenible, como la reforestación, la conservación de suelos y el agua. (1992) El manejo comunitario de la tierra puede ser exitoso gracias al conocimiento tradicional en prácticas de manejo sostenible que inciden en la conservación de las fuentes de agua (Agarwal, 2001) Las comunidades locales a menudo dependen directamente de las fuentes de agua y, por lo tanto, tienen un interés vital en su conservación.

Para Alston, 2020, la tenencia insegura o desconocida de la tierra puede generar afectaciones ambientales como sobre explotación de los recursos naturales, gestión inadecuada y degradación de fuentes de agua (2000). De acuerdo con García, 2023, con la implementación de políticas claras sobre el uso del suelo, gestión de cuencas hidrográficas y estrategias para la protección de fuentes hídricas como la delimitación de fuentes de agua y establecimiento de zonas de protección alrededor de las mismas se contribuye a la preservación del recurso (2023).

#### **4.2.1.4 Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua**

La autorización del uso de agua es gestionada a través de permisos y licencias emitidas por entidades gubernamentales, en este caso por la Autoridad Única del Agua, tiene un impacto significativo en la protección de las fuentes de agua y se consideran varias maneras en que esta autorización incide en la protección. El control y regulación del uso del agua en la fuente permite el control de la cantidad de agua que puede ser extraída de las fuentes naturales y su uso de acuerdo con el orden de prelación.

La protección de las fuentes a través de la corresponsabilidad de los usuarios es una condicionante dentro de la autorización; esto puede incluir el monitoreo de la calidad del agua que se otorga y cumplimiento de normativa. De acuerdo con Molle, 2007 la autorización del uso de agua genera tarifas en función del volumen autorizado y el uso (2007).

#### **4.2.1.5 Riesgo de degradación del suelo**

La pérdida de cobertura vegetal y la degradación del suelo pueden aumentar el escurrimiento superficial que puede arrastrar nutrientes, pesticidas y otros contaminantes hacia las fuentes de agua. Esto deteriora la calidad del agua, afectando tanto a los ecosistemas acuáticos como a los suministros de agua potable (López, 2002).

Abernethy, 2021, menciona que la degradación del suelo puede llevar a la desestabilización de las riberas de los ríos y arroyos aumentando el riesgo de deslizamientos y el colapso de las riberas, esto no solo afecta la calidad del agua por la sedimentación, sino que también puede alterar los hábitats acuáticos (2001). Para Weil, 2002 la degradación del suelo disminuye la capacidad de actuar como esponja y liberar el agua lentamente lo que puede llevar a fluctuaciones más extremas en los flujos de agua (2002).

#### **4.2.1.6 Riesgo de sufrir incendios**

Según Castillo et al, “los efectos negativos de los incendios se ven reflejados en la pérdida de cobertura vegetal, procesos de sedimentación de cauces, pérdida de la biodiversidad, contaminación de aguas, procesos de erosión, cambios microclimáticos, alteración en procesos migratorios”. Con énfasis en los recursos hídricos se consideran, además, el aumento de la escorrentía superficial, sedimentación, embancamiento y disminución de la recarga de acuíferos (2003, pág. 48).

Para Ice, 2004, la pérdida de la cobertura vegetal por incendios deja al suelo descubierto lo que incrementa la erosión y el arrastre de sedimentos hacia los cuerpos hídricos afectando la calidad del agua y reduciendo la capacidad de almacenamiento (2004). Según Shakesby, 2006 puede desestabilizar las cuencas hidrográficas, aumentando el riesgo de deslizamientos de tierra y flujos de escombros durante las lluvias. Estos eventos pueden obstruir los cursos de agua y afectar su flujo natural (2006).

Para Doerr, 2000 los incendios pueden cambiar las características del suelo haciéndolo hidrofóbico, reduciendo la infiltración de agua y la recarga de acuíferos reduciendo la cantidad de agua disponible en épocas secas (2000). Bixby, 2004 menciona que en lugares con incendios repetitivos se puede transformar la estructura y la función de los ecosistemas acuáticos la alteración continua de la calidad del agua y la morfología de los ríos puede afectar la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios esenciales (2004).

## **4.2.2 Criterios de integridad y conservación**

### **4.2.2.1 Desechos sólidos**

La matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua incluye al parámetro de desechos sólidos considerando la presencia de gran cantidad, poca cantidad y ausencia de desechos vinculada a la existencia de asentamientos humanos cercanos o al manejo inadecuado de los mismos por parte de los usuarios del agua.

La incidencia de la presencia de desechos en las fuentes de agua está relacionada a la posible contaminación del agua superficial y subterránea, especialmente por desechos con contenidos peligrosos como envases de agroquímicos; la gran acumulación de estos puede causar bloqueo en los cuerpos de agua obstruyendo su flujo natural; el agua contaminada por la presencia de desechos no garantiza un agua de calidad para el consumo humano incrementándose los costos por el tratamiento o el apareamiento de enfermedades a los consumidores. Las fuentes de agua para consumo humano evaluadas en la cuenca del Pichaví no tienen presencia de desechos.

#### **4.2.1.7 Descargas líquidas**

La presencia o no de descargas líquidas en las fuentes de agua o cercanas a ella está relacionada a la actividad antrópica de tipo doméstica, agrícola o industrial. Las descargas líquidas industriales a menudo contienen productos químicos tóxicos, metales pesados y otros contaminantes que pueden infiltrarse en las fuentes de agua. Estos contaminantes pueden alterar la calidad del agua, haciéndola insegura para el consumo humano y dañando los ecosistemas acuáticos (Harrison, 2001).

Las descargas de aguas residuales domésticas y agrícolas con altos niveles de nutrientes pueden generar alteraciones en las fuentes de agua como la eutrofización y la presencia de patógenos como bacterias, virus y parásitos afectando la salud pública y el

equilibrio del ecosistema acuático. En la evaluación de las fuentes de agua para consumo humano no se identifican descargas líquidas que puedan afectar la calidad del agua.

#### **4.2.2.3 Responsabilidad tras la protección**

La matriz de evaluación del estado de protección de fuentes de agua determina a tres entidades responsables de la protección: el estado, el gobierno local y los usuarios del agua. Cada una de estas variables se consideraron teniendo a la propiedad de la tierra donde se encuentran las fuentes de agua, el uso del agua para consumo humano o la competencia delegada para la gestión del agua o de la tierra como las principales razones para establecer la responsabilidad en la protección pudiendo presentarse una o varias dentro del análisis para definir quién es responsable tras la protección de fuentes de agua.

En el caso de estudio se consideró al estado como responsable de la protección de fuentes de agua Sixituro, Chumaví 1 y 2 por encontrarse dentro de un área protegida del Sistema Nacional de Áreas protegidas (SNAP) controladas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y porque no se registran a propietarios individuales según el catastro municipal; sin embargo la responsabilidad del estado e instituciones públicas va más allá de únicamente la propiedad de la tierra o la existencia de un área protegida, se requiere el establecimiento de las políticas que garanticen la regulación y control efectivos.

La institución pública enfrenta desafíos importantes como la falta de recursos financieros y humanos, la ineficiencia administrativa y la corrupción. Posiblemente la mejora de tecnologías y la participación comunitaria debidamente informada y/o asesorada podrían aportar significativamente al cuidado y protección de las fuentes de agua.

Los usuarios del agua por su parte son corresponsables de la protección de la fuente de la cual se abastecen, eso lo determina la ley; sin embargo, no se establece claramente el alcance de esta protección, las acciones efectivas que aseguren calidad y cantidad de agua y que conjuguen respetuosamente con sus formas tradicionales de gestión comunitaria del agua; así como el mecanismo de control más acertado para verificar el cumplimiento de medidas o acciones para la protección de fuentes.

Por su parte los Gobiernos locales aportan significativamente en la protección de las fuentes de agua a través de la derivación de la política nacional hacia lo local a través

de ordenanzas que permiten actuar en el territorio y dentro de la gestión comunitaria del agua. Aunque, el nivel de competencias está delegado hacia el nivel comunitario a través de las Juntas administradoras de agua potable; de las fuentes de agua evaluadas el 99% están manejadas por las comunidades y juntas de agua; sin embargo, no todas están legalizadas por la Autoridad Única del Agua.

#### **4.2.3 Criterios legales establecidos en la ordenanza del GAD Cotacachi**

La ordenanza elaborada por el GAD municipal de Santa Ana de Cotacachi se crea para establecer la delimitación física, regular, autorizar y controlar el uso de quebradas, riberas y lechos de ríos, esteros, lagos y laguna, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección (2016, pag. 6); y en función de su ámbito y objeto de aplicación se analizan los criterios a continuación.

##### **4.2.3.1 Cobertura vegetal**

Lo referente a la cobertura vegetal establecida en la ordenanza está relacionada a su presencia en los márgenes del río, lagunas, lagos y cursos de agua como característica natural e importante mecanismo de protección del recurso hídrico, así también como referente para el establecimiento del área de rivera dispuesta en la zonificación establecida por la ordenanza. La reforestación con especies nativas tanto para la subzona exclusiva de protección y la subzona de uso restringido para la reforestación y soberanía alimentaria; constituye un parámetro con incidencia en la protección de fuentes hídricas.

##### **4.2.1.8 Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología**

La ordenanza establece el área de los humedales naturales como una superficie donde el nivel freático es superficial y determina la zona de protección en función de las características del suelo y la vegetación existente en el área; de esta manera el nivel freático constituye un elemento fundamental en la protección de fuentes de agua; en el análisis y evaluación realizado se identificaron dos zonas de humedales las fuentes de Condor Loma, manejada por el GAD municipal y las comunidades de Cuicocha, el Punge y Domingo Sabio al igual que las fuentes de agua de Cubi, Guitarra Uco y la Calera.

##### **4.2.1.9 Perímetro de protección**

De acuerdo con la zonificación que propone la ordenanza se establecen las distancias para la protección los cuerpos hídricos; para el área de ribera señala que sobre

la base del PDOT los cursos de agua, lagos y lagunas tendrán una franja paralela de 50 a 100 metros y para los márgenes de los ríos y quebradas de la zona andina 20 y 15 metros respectivamente; en la zona de Intag 20 metros para los ríos y 15 metros para las quebradas considerando el grado de la pendiente superior a 30 grados.

La subzona de exclusiva de protección determina 10 metros medidos desde la orilla del cauce en la zona de Intag; 6 metros en los ríos y 3 metros en las quebradas de la zona andina y urbana. La subzona de uso restringido para reforestación y soberanía alimentaria se establece en el área que se encuentra en el límite externo de la zona de protección y el límite de la subzona exclusiva de protección y para el caso que estudiamos como son las fuentes de agua para consumo humano se establece un radio de protección de 1 kilómetro.

También existe la zona de humedales que no establece límites para la protección sino determina que estos sean fijados considerando las características del suelo y el nivel freático, así como la vegetación del humedal. Las fuentes de agua analizadas no cumplen las condicionantes de la ordenanza, no es posible identificar las franjas o zonas y subzonas dispuestas en la ordenanza y en el perímetro de 1 kilómetro existen actividades antrópicas y asentamientos humanos; a excepción de las fuentes de agua que se encuentran dentro del parque nacional Cotacachi Cayapas que por su condición de protección no presenta asentamientos humanos u actividades antrópicas.

El análisis de las variables determinadas en la matriz de evaluación de fuentes de agua confirma que cada una de ellas incide en la protección de las fuentes de agua, tanto si se evalúan de forma individual como en conjunto se relacionan entre sí y con el objetivo central que es la protección de fuentes de agua.

Bajo la premisa de que una o más variables evaluadas inciden en la protección y una es más importante o decisiva que la otra, podemos concluir que no; son importantes por sí mismas; sin embargo, lo que garantiza la protección de las fuentes de agua es la combinación de todas; lo que demuestra que los criterios a considerar para establecer una zonificación deberán observar la integralidad de variables: la conservación del ecosistema, los riesgos de sufrir algún tipo de degradación, los usuarios que se abastecen del agua, las instituciones públicas, los gobiernos locales, las características del suelo, la propiedad de la tierra, la legalización del uso y aprovechamiento del agua son cruciales para poder lograr el objetivo de protección de las fuentes de agua.

### **4.3 Estrategias y medidas de protección y conservación de las fuentes de agua**

Las fuentes de agua analizadas se encuentran medianamente protegidas, hay ciertos indicadores o parámetros particulares que condicionaron al resultado como la presencia de un área protegida o la propiedad de la tierra; sin embargo, como se mostró en párrafos anteriores, la combinación de todos los indicadores es importante para la protección de las fuentes de agua. Al estar medianamente protegidas, se requiere una mediana intervención de todos los actores de forma que puedan mejorar su condición o estado de protección y conservación. Por lo que se determina un plan de manejo con estrategias para la conservación que contienen 7 programas con el establecimiento de medidas, indicadores, medios de verificación y responsables del cumplimiento:

### 4.3.1 Programa de protección y conservación

4.3.1 Programa de protección y conservación				
<b>Objetivo:</b>	Establecer medidas de protección y conservación para las fuentes de agua para consumo humano y/o riego			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal de Cotacachi/ Usuarios del agua			
Estrategia	Actividades	Indicadores	Medios de verificación	Responsables
Delimitación de la zona de protección de la fuente de agua ya que es particular para cada caso.	Coordinar jornadas de campo para la delimitación física de la fuente de agua con la comunidad y/o juntas administradoras de agua, considerando la herramienta de evaluación de estado de protección de fuentes de agua. Para el caso de evaluación de ríos se recomienda utilizar como herramienta el Protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Andinos - CERA	Fuentes de agua delimitadas / fuentes de agua existentes	Mapas con la delimitación de la fuente de agua y su zona de protección	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable Juntas Administradoras de Agua Potable o Riego- JAAP - JAAR
Reforestación ó regeneración natural	Diseñar planes de reforestación en fuentes de agua y riveras de ríos Gestionar plantas de especies nativas de la zona Coordinar con las comunidades y juntas administradoras del agua las mingas de reforestación Establecer revisiones periódicas de las plantas sembradas y volver a sembrar en caso de ser necesario	Áreas reforestadas/Áreas con necesidad de reforestación planificadas	Número de Plántulas de especies nativas Registro fotográfico	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable Juntas Administradoras de Agua Potable o Riego- JAAP - JAAR
Identificación de puntos de contaminación (desechos sólidos o descargas líquidas)	Realizar recorridos de identificación de puntos de contaminación que pudieran afectar a las fuentes de agua, ríos, quebradas, lagos, lagunas Elaborar un catastro de actividades que generan descargas o disposición inadecuada de desechos Establecer sanciones	Puntos de contaminación identificados /cuerpos de agua evaluados Nro. de sanciones realizadas / Nro. de actividades que generan descargas o disposición inadecuada de desechos identificadas	Informes de inspección técnica Registro fotográfico Catastro de actividades que generan descargas o disposición inadecuada de desechos	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable



Prevención de incendios	Establecer un protocolo comunitario de prevención y atención de incendios	Protocolo elaborado y socializado/Protocolo planificado Socializaciones realizadas/socializaciones planificadas	Protocolo Material divulgativo Plan de comunicación	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable Comunicación del GAD
Prevención de degradación del suelo	Mantener la cobertura vegetal nativa Definir áreas para la restauración natural pasiva o activa y establecer medidas de reforestación y/o regeneración natural Evitar y/o eliminar el pastoreo en áreas de fuentes de agua o cursos hídricos	Áreas para restauración identificadas/áreas para restauración existentes Plan de socialización	Informe técnico de identificación de áreas para restauración Plan de trabajo para restauración Material divulgativo	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable; área de comunicación JAAP- JAAR
Adaptación al cambio climático	Fortalecer los procesos de gobernanza comunitaria del agua a través de normativa local y participativa. Desarrollar prácticas de cosecha de agua en lugares donde existe escasez	Normativa local; ordenanzas construidas/ Ordenanzas planificadas Proyectos de cosecha de agua elaborados y en ejecución/proyectos de cosecha de agua planificados	Ordenanza Proyecto de cosecha de agua	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable; área de comunicación JAAP- JAAR

#### 4.3.2 Programa de Gestión Comunitaria

4.3.2 Programa de Gestión Comunitaria				
<b>Objetivo:</b>	Fortalecer la gestión comunitaria del agua			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal / Comunidades y Juntas administradoras de agua potable y de riego			
<b>ESTRATEGIA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>	<b>RESPONSABLES</b>

Organización comunitaria	Identificación de las juntas administradoras de agua potable y riego y su estado de legalización. Identificar las fuentes de agua y captaciones del agua y su estado de protección. Organización de asambleas comunitarias para identificación de problemas, planificación de actividades y tomar decisiones colectivas Considerar la inclusión de mujeres, jóvenes y grupos minoritarios dentro de las asambleas y toma de decisiones comunitarias	Asambleas comunitarias realizadas/Asambleas comunitarias requeridas Catastros de JAAP – JAAR y fuentes de agua levantados / Juntas de agua y riego existentes	Convocatorias Actas de asamblea Listado de participantes Línea base de juntas de agua; fuentes y captaciones	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable; área de comunicación JAAP- JAAR
Asistencia técnica	Establecer un programa de formación y capacitación dirigida a JAAR – JAAP para actualizar conocimientos sobre nuevas tecnologías y formas de gestión del agua, así como temas específicos identificados por los usuarios del agua en las asambleas comunitarias.	Programa de formación diseñado y en ejecución / Programa de formación requerido	Programa de formación Memorias de talleres Listado de participantes Registros fotográficos Certificados de participación	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable; área de comunicación JAAP- JAAR

### 4.3.3 Programa de legislación y legalización

4.3.3 Programa de legislación y legalización				
<b>Objetivo:</b>	Sensibilizar y orientar a los usuarios del agua para la legalización de las juntas de agua, así como las autorizaciones de uso y aprovechamiento del recurso hídrico según sus usos en cumplimiento de la normativa vigente			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal / Comunidades y Juntas administradoras de agua potable y de riego			
<b>Estrategia</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Responsables</b>

Socialización de la normativa	Realizar convocatorias a las JAAP – JAAR a participar en eventos de capacitación Generar talleres de capacitación a las JAAR-JAAP para actualización de normativa, derechos y obligaciones	Talleres de capacitación realizados/ Talleres de capacitación requeridos	Convocatorias Registro fotográfico Memorias del taller Lista de participantes	MAATE
Notificación para el cumplimiento de disposiciones legales	Realizar notificaciones a las JAAP – JAAR para el cumplimiento de obligaciones establecidas en las autorizaciones y normativa	Notificaciones realizadas y entregadas /Notificaciones requeridas	Notificaciones entregadas	MAATE

#### 4.3.4 Programa de capacitación y educación ambiental

4.3.4 Programa de capacitación y educación ambiental				
<b>Objetivo:</b>	Crear una cultura de educación y comunicación de aspectos ambientales a los usuarios del agua			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal de Cotacachi/ Usuarios del agua			
ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLES
Educación ambiental	Realizar campañas comunicacionales de educación ambiental sobre: adaptación y riesgos climáticos (incendios, deslaves, sequias), protección de fuentes de agua, reforestación, restauración pasiva y activa Biodiversidad en las áreas de protección de fuentes de agua	Campañas edu-comunicacionales elaboradas / Campañas edu-comunicacionales requeridas/	Campaña Material audio visual Registro fotográfico Registros de asistentes o participantes	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable Comunicación del GAD JAAP- JAAR

Socialización de normativa y disposiciones legales	Realizar encuentros de socialización de normativa aplicable a la gestión del agua	Talleres de capacitación diseñado y ejecutado/Talleres de capacitación requerido	Memorias del taller Listado de participantes Registro fotográfico Certificados de asistencia	GAD Municipal – Jefatura de Ambiente, Jefatura de Agua Potable Comunicación del GAD JAAP- JAAR
--	---	--	---	--

#### 4.3.5 Programa de investigación y generación de proyectos

4.3.5 Programa de investigación y generación de proyectos				
<b>Objetivo:</b>	Propiciar las investigaciones dentro de la cuenca o cuencas hidrográficas			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal de Cotacachi			
ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLES
Investigación en cuencas hidrográficas	Propiciar la realización de investigaciones en las cuencas hidrográficas a través de alianzas con entidades gubernamentales y no gubernamentales Establecer un banco de temas y socializarlos en distintas universidades de la localidad	Gestión interinstitucional realizada/gestión interinstitucional requerida	Convenios firmados	GAD municipal

#### 4.3.6 Programa de financiamiento y recursos

4.3.6 Programa de financiamiento y recursos				
<b>Objetivo:</b>	Gestionar recursos económicos y apoyo técnico para la gestión del agua			
<b>Responsable:</b>	GAD municipal / Comunidades y Juntas administradoras de agua potable y de riego			
ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLES
Gestión de alianzas	Realizar gestiones con organismos nacionales e internacionales para establecer alianzas para la correcta gestión del agua y asignación de recursos económicos. Realizar acercamientos con la academia para fortalecer la investigación en las cuencas hidrográficas	Convenios de cooperación firmados	Convenio Actas de entendimiento	GAD municipal

### 4.3.7 Programa de evaluación y monitoreo

4.3.7 Programa de evaluación y monitoreo				
Objetivo:	Evaluar el cumplimiento de las medidas establecidas en el plan de manejo Verificar el cumplimiento de las disposiciones de la ordenanza municipal Controlar la calidad del agua de consumo humano y riego			
Responsable:				
ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLES
Seguimiento al cumplimiento de medidas del plan de manejo	Elaborar una herramienta de seguimiento al cumplimiento de las medidas del plan de manejo Realizar inspecciones de control a las fuentes de agua	Matriz de seguimiento implementada/Matriz de seguimiento requerida Nro. inspecciones realizadas / Nro. inspecciones requeridas	Matriz Registro fotográfico Informes de inspección	GAD municipal
Monitoreo de calidad del agua	Monitorear y registrar la calidad del agua según los criterios de uso (agua para consumo humano y riego) Medir el caudal de agua de manera frecuente y establecer el mecanismo de medida.	Nro. de monitoreos de agua realizados/Nro. monitoreos de agua planificados Línea base de caudal medido en la fuente	Análisis de laboratorio Informes de evaluación de resultados Estadística de mediciones de caudal	GAD municipal
Seguimiento al cumplimiento de ordenanza que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección del cantón Cotacachi	Verificar a través de inspecciones de campo la zonificación plasmada dentro de la ordenanza (franjas de protección de ríos y quebradas, perímetro de protección en caso de fuentes de agua)	Inspecciones de campo realizadas/ Inspecciones de campo planificadas	Registro fotográfico Informes técnicos	GAD municipal

## 5. CONCLUSIONES:

- La evaluación de zonas de protección de fuentes de agua para consumo humano y riego tomando como unidad de análisis la unidad hidrográfica permite contar con una visión general del estado de protección de toda la microcuenca; en la cuenca alta están todas las fuentes destinadas al consumo humano y en la cuenca media y baja aquellas destinadas para el riego. De las 5 fuentes evaluadas todas son para consumo humano y se ubican en la parte alta siendo medianamente protegidas. Aquellas destinadas para riego se encontraron en el río como captaciones por lo que su evaluación según la metodología utilizada en la investigación se desestimó; sin embargo, es en esta parte de la cuenca en donde se encuentran mayormente los problemas de contaminación que afectan al cuerpo hídrico y su consecuente afectación a las áreas de cultivo recomendándose para una correcta evaluación el uso de otra metodología como sería el Protocolo de Calidad Ecológica de Ríos Andinos – CERA.
- La gestión del agua en la unidad hidrográfica es mayormente comunitaria a través de Juntas administradoras de agua potable y Juntas administradoras de agua de riego, sin embargo, no todas están legalizadas y sus autorizaciones de uso del recursos tampoco se encuentra formalizado, esto influye en la protección de la fuente de agua ya que las condicionantes y corresponsabilidad que tienen los usuarios en la protección y conservación del recursos hídrico y que se encuentra plasmada en las autorizaciones de uso otorgadas por la Autoridad única del agua, mejoraría su gestión.
- Los criterios utilizados para la evaluación del estado de protección como el de riesgos y protección; criterios de integridad y conservación y los establecidos en la ordenanza municipal permitieron abarcar el análisis de variables importantes dentro de la evaluación de la protección de fuentes de agua; resultaron estar relacionadas entre sí y directamente relacionadas con la protección de fuentes de agua tanto de forma individual como en conjunto; esto de alguna manera valida la selección de variables utilizadas en la herramienta por lo que podría emplearse en otras evaluaciones con la posibilidad de realizar aportes que permitan probar y

validar la herramienta y metodología para la evaluación de fuentes de agua y determinación de zonas de protección.

- Los instrumentos de regulación, control y manejo ambiental local como lo es la ordenanza son importantes para la gestión ambiental y del agua: sin embargo, si no se ejecutan y se contrala su cumplimiento no tienen impacto en el objeto de esta; en el caso de las fuentes de agua evaluadas no se cumple las condicionantes de la norma.
- La delimitación de zonas de protección de fuentes de agua requiere la observancia de varios parámetros o indicadores dentro del análisis; así como la participación comunitaria en campo para fijar los límites de esta en territorio y de forma independiente, obedeciendo a las particularidades de cada una.

## **6. RECOMENDACIONES:**

Una vez realizada la evaluación del estado de protección de fuentes de agua y el establecimiento de medidas de manejo se identifican varios actores con competencias y corresponsabilidades en la protección del recurso hídrico, siendo el GAD municipal de Cotacachi como la autoridad competente para la gestión, regularización y control de la calidad ambiental y protección de las fuentes hídricas de su jurisdicción; la Autoridad única del Agua y la Agencia de regulación y control del Agua; los usuarios del agua, las Juntas administradoras de agua potable y riego y la academia; por lo que las recomendaciones buscan fortalecer las acciones de protección y conservación del agua en el territorio, teniendo como base el criterio de unidad hidrográfica.

### ***Para el Gad municipal de Cotacachi***

- Es recomendable que el GAD municipal de Cotacachi, considere los resultados de la presente investigación para la revisión y actualización de la *Ordenanza que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección*; en relación con los criterios de evaluación de la protección, factores que inciden en la protección de fuentes de agua y medidas de protección, conservación y de capacitación e investigación presentadas.
- La gestión integral e integrada del recurso hídrico requiere la participación de los actores como usuarios y Juntas administradoras de agua, por lo que se recomienda



al GAD municipal la consideración de sus aportes para la delimitación de las zonas de protección de fuentes de agua en el territorio, estrategia que puede ser incluida en la ordenanza municipal; así como, las medidas de control al cumplimiento de las disposiciones.

- Identificar mecanismos para el fortalecimiento de las capacidades administrativas y operativas de las Juntas administradoras de agua potable y riego que en la actualidad desempeñan el rol de administradores del recurso hídrico.

#### ***Para los organismos de control***

- Se sugiere a la Autoridad única del Agua y las instancias de control realizar el control respectivo al cumplimiento de la ley de recursos hídricos por parte de las juntas administradoras de agua.
- Propiciar eventos de capacitación dirigidas a los usuarios del agua, Juntas administradoras de agua y GAD municipal; así como fortalecer los mecanismos de control de la normativa aplicable a la gestión de los recursos hídricos.
- Se recomienda que la metodología de evaluación del estado de protección de fuentes de agua se realice con una periodicidad de 5 años con la finalidad de verificar que las acciones de protección y conservación de las fuentes que se implementan puedan ser actualizadas de acuerdo con los escenarios futuros.

#### ***Para la academia***

- Se sugiere que la academia considere la metodología e instrumento de evaluación de fuentes hídricas pueda ser aplicada por otras investigaciones con la finalidad de mejorar la gestión del recurso hídrico, así como validar, pulir, retroalimentar o acoplar hacia otras unidades hidrográficas con similares características.

## 7. REFERENCIAS:

- Abernethy, B., & Rutherford, I. D. (2001). The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. <https://doi.org/10.1002/hyp.152>. *Hydrological Processes*, 63-79.
- Agarwal, B. (2001). Participatory Exclusions, Community Forest, and Gender: An Analysis for South Asia and Conceptual Framework. *World Development*, 1623-1648.
- Aguirre Núñez, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista virtual REDESMA*, 10-19.
- Allan, J. D., Castillo, M. M., & Kapps, K. (2007). *Stream ecology: structure and function of running waters*. <http://doi.org/10.1007/978-3-030-61286-3>. Springer Natura.
- Almeida, L. A. (2014). *Una evaluación de la calidad del agua de los ríos de la provincia de Imbabura*. Quito: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Alston, J., Libecap, G. D., & Muller, B. (2000). Land Reform Policies, the Sources of Violent Conflict, and Implications for Deforestation in the Brazilian Amazon. <https://doi.org/10.1006/jeem.1999.1103>. *Journal of Environmental Economics and Management*, 162 - 188.
- Alvarez, M. (2024). *Fortalecimiento de capacidades de Gestión Participativa del agua en las Asadas de Artola, Artolita y Nuevo Colon, ubicadas en Sardinal de Carrillo, mediante el análisis de las condiciones hidrológicas locales para la resiliencia de los acueductos comunal*. Liberia: Universidad Nacional Costa Rica.
- Aragundy, J., & Zapata, X. (2006). La calidad del agua y necesidades humanas en cotacachi: La cuenca del río Pichaví. En R. R. E., *Desarrollo con identidad, comunidad, cultura y sustentabilidad en los Andes* (págs. 305-326). Quito: Abya Yala.
- Baró, J. E., Expósito, J. L., & Esteller, M. V. (2008). Pago por servicio ambiental hídrico para la implementación de perímetros de protección de fuentes de agua destinadas al consumo humano. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10415309>. *CIENCIA Ergo-sum Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 311- 316.
- Birkel Dostal, C. (2007). Delimitación empírica de áreas prioritarias para el manejo del recurso hídrico en Costa Rica <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/11471/10817>. *Revista Reflexiones*, 39-49.
- Bixby, R., Cooper, S. D., Gresswell, R. E., Brown, L. E., Dahm, C. N., & Dwire, K. A. (2004). Fire effects on aquatic ecosystems: an assessment of the current state of the science. *Freshwater Science*, 1340 - 1350.

- Bravo, I., Romo, L., Madroñero, S., & Mafla, F. (2019). Delimitación de la ronda hídrica con criterio ecosistémico del río Mijitayo, Municipio de Pasto -Nariño. *Revista de Investigación agraria y ambiental*, 67 - 78.
- Burgos, A. L., Bocco, G., & Sosa Ramirez, J. (2015). *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castillo, M., Pedernera, P., & Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una. *Revista ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 44 - 53.
- Constitución de la República del Ecuador, R. O. (2008).
- Cuasapud, N. (2017). *Manejo y protección de fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca del Tahuando en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Doerr, S. H., Shabesky, R. A., & Walsh, R. P. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8). *Earth-Science Reviews*, 3 - 65.
- Duque Gardeazabal, N., García, C., Montoya, J. J., & Bernal Quiroga, F. A. (2024). Mejoras en estimativos de oferta del recurso hídrico en el norte de Suramérica tropical: comparación de dos procedimientos de mezcla con lluvia satelital. <https://doi.org/10.15446/estj.v28n1.104344>. *Earth Sciences Research Journal*, 56-63.
- El Parlamento Europeo. (2000). *DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Escobar Ramirez, J., & Barg, U. (1990). *La contaminación de las aguas continentales de Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela*. Roma: COPESCAL.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2007). *Protección de la calidad del agua subterránea*. <https://documents1.worldbank.org/curated/es/229001468205159997/pdf/25071PUB01Spanish10BOX0334116B01PUBLIC1.pdf>. Washington D.C: Mundi - Prensa.
- García Pachón, M. d., & Correa Medina, J. A. (2023). Protección jurídica de las rondas hídricas en Colombia y su relevancia en el contexto de la frontera agrícola nacional para el sector agropecuario. <https://doi.org/10.57998/bdigital/handle.001.1774>. En M. d. García Pachón, *Lecturas sobre derecho de tierras* (págs. 284 - 325). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi. (2016). Ordenanza sustitutiva que delimita, regula, autoriza y controla el uso de riveras y lechos de ríos, lagos y lagunas, quebradas, cursos de agua, acequias y sus márgenes de protección; en el cantón Sana Ana de Cotacachi, 2016.

- Gobierno Autonomo Descentralizado Provincial de Imbabura. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi*. Cotacachi. Obtenido de Prefectura de Imbabura.
- Gutierrez Villamil, D. A., Alvarez Herrera, J. G., Fischer, G., & Balaguera López, H. E. (2024). Adaptaciones fisiológicas del ciruelo japonés para productividad. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v42n1.111402>. *Agronomía colombiana*, 1-14.
- Guzhñay Márquez, L. Y. (2024). *Evaluación del control de inundaciones utilizando la técnica por la infraestructura verde (SUDS) en la Alborada*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Harrison, R. (12 de junio de 2001). *Pollution: Causes, Effects and Control*. Inglaterra: Royal Society of Chemistry. Obtenido de [https://scholar.google.com/ec/scholar?q=Harrison,+R.+M.+\(2001\).+Pollution:+Causes,+Effects+and+Control.+Royal+Society+of+Chemistry&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com/ec/scholar?q=Harrison,+R.+M.+(2001).+Pollution:+Causes,+Effects+and+Control.+Royal+Society+of+Chemistry&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)
- Herrera, F. E. (2019). *Delimitación del área de protección hídrica para la microcuenca El Limón*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- Ice, G. G., Neary, D. G., & Adams, P. W. (2004). Effects of wildfire on soils and watershed processes. <https://doi.org/10.1093/jof/102.6.16>. *Journal of Forestry*, 16 - 20.
- Lara Vásconez, D. F., Ati Cutiupala, G. M., & Vasco Lucio, M. M. (2023). Delimitación y priorización de áreas de protección hídrica en la microcuenca del río Cebadas, provincia de Chimborazo, Ecuador, mediante sistemas de información geográfica. *Dominio de las ciencias*, 1447–1471.
- López Falcón, R. (2002). *Degradación del suelo, Causas, Procesos, Evaluación e Investigación*. Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación ambiental y Territorial Universidad de los Andes - CIDIAT.
- Márquez, A. (18 de diciembre de 2020). *Ecología verde*. Obtenido de Que son las aguas subterráneas: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-subterraneas-3159.html>
- Martinez Moscoso, A. (2019). La normativa como alternativa para garantizar el derecho humano al agua frente al cambio climático: Regulación de las áreas de protección hídrica en el país. *Revista de derecho ambiental*, 135-159.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *Libro blanco del agua en España*. España: Centro de Publicaciones, Secretaría general técnica Ministerio de Medio Ambiente.
- Molle, F., & Berkoff, J. (2007). *Tarifificación del agua de riego: la brecha entre la teoría y la práctica*. <https://doi.org/10.1079/9781845932923.0000>. Cabi.
- Organización Panamericana de la Salud. (1999). *La protección de las captaciones* <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/48223/ProtWtrS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Organización Panamericana de la Salud.

- Parque Nacional Cotacachi Cayapas. (2020). *Plan de manejo ambiental del Parque Nacional Cotacachi Cayapas*.
- Parra, M. (2020). *Análisis de la calidad del agua en las áreas de conservación hídrica del FONAG para la evaluación de la eficacia de las estrategias de protección y conservación*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica .
- Poff, N. L., & Zimmerman, J. K. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x>. *Freshwater Biology*, 194-205.
- Proaño, M. (2006). *Diagnóstico de los recursos hídricos de la Reserva ecológica Cotacachi Cayapas; Propuesta de monitoreo de recursos hídricos*. Quito: Ministerio del Ambiente - Proyecto SNAP GEF.
- Rhoades, R. (2006). *Desarrollo con Identidad, Comunidad, Cultura, y Sustentabilidad en los Andes*. Quito: Ediciones Abya - Yala.
- Schlager, E., & Ostrom, E. (1992). Property-Rights Regimes and Natural Resources: A Conceptual Analysis. <https://doi.org/10.2307/3146375>. *Land Economics*, 249 - 262.
- Shakesby, R. A., & Doerr, S. H. (2006). Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.10.006>. *Earth-Science Reviews*, 269-307.
- Sophocleous, M. (2002). Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology journal*, 52-67.
- Suárez Valencia, J. E., Guerrero Gutierrez, D. A., Soler Aragón, N. K., Ramirez Díaz, D. F., Nocua Benitez, I. A., Escobar Tarazona, C. A., & Gómez Ruiz, J. D. (2024). Hydrologic evolution of two Martian deltas in the Ismenius Cavus system. *Earth Sciences Research Journal*, 45-54.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2004). *Groundwater Hydrology* [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X3T6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA32&dq=David+Keith+Todd,+Larry+W.+Mays+-+Groundwater+Hydrology-Wiley+\(2004\)&ots=TXHaqVUcCY&sig=TZz-i0noe8kXjNI2uXFC73qHU\\_E#v=onepage&q=David%20Keith%20Todd](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=X3T6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA32&dq=David+Keith+Todd,+Larry+W.+Mays+-+Groundwater+Hydrology-Wiley+(2004)&ots=TXHaqVUcCY&sig=TZz-i0noe8kXjNI2uXFC73qHU_E#v=onepage&q=David%20Keith%20Todd).
- Vieira, M. J. (2002). *Protección y captación de pequeñas fuentes de agua* [https://www.g-22.org/uploads/1/1/9/3/11936477/fao\\_fuentes\\_de\\_agua.pdf](https://www.g-22.org/uploads/1/1/9/3/11936477/fao_fuentes_de_agua.pdf). El Salvador: Nelson González Loguercio.
- Villacis, M., & Cachipuendo, C. (2021). *La declaratoria del área de protección hídrica en el territorio del pueblo Kayambi*. Quito: Abya Yala.
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2002). *The Nature and Properties of soils*. . Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Zehetner, F., & Miller, W. (2006). Modelando un paisaje andino: Los procesos que afectan la topografía, los suelos y la hidrología en Cotacachi. En R. E. Rhoades, *Desarrollo con identidad, comunidad, cultura y sustentabilidad en los Andes* (págs. 49 - 57). Quito: Abya Yala.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1:

#### Matriz para evaluación de fuentes de agua


EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA				
<b>Fuente:</b>		<b>Fecha:</b>		
<b>Evaluador:</b>				
Nro.	CRITERIOS DE RIESGOS Y PROTECCION	Detalle	Ponderación	Calificación
1	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	
2	Fuente de agua dentro de áreas que son parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora, otras áreas protegidas	Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	
3	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	
		Propiedad de los Beneficiarios	5	
		Propiedad de extraños	1	
4	Autorización de uso del recurso hídrico por parte de la autoridad única del agua	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en tramite	5	
		Sin autorización	1	
5	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	
		Medio	5	
		Bajo	10	
CRITERIOS DE INTEGRIDAD Y CONSERVACION				
6	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	

		Ausencia de desechos sólidos	10
<b>7</b>	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1
		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10
<b>8</b>	Riesgo de sufrir Incendios (área de drenaje de la fuente)	Alto	1
		Medio	5
		Bajo	10
<b>9</b>	Responsabilidad tras la protección	Estado	10
		GAD local (municipal, parroquial)	5
		Usuarios	1
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>			
<b>10</b>	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10
		mosaico agropecuario	5
		sin vegetación	1
<b>11</b>	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10
		Medio	5
		Bajo	1
<b>12</b>	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1
<b>TOTAL CALIFICACION:</b>			
<b>CRITERIO DE EVALUACION:</b>			


<b>CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA</b>			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta

## Anexo 2.-

### Certificación de vigencia de inventario de fuentes de agua levantado por el GAD municipal



**Cotacachi**  
Administración 2023 - 2027



MUNICIPIO  
COTACACHI

Oficio Nro. GADMSAC-DSPOE-JAPA-2024-0039

Cotacachi, 04 de abril de 2024

Ing. Cristina Valles  
**TESISTA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Asunto:** Certificación de fuentes de agua de la unidad hidrográfica del río Pichaví para uso de agua potable.

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que en atención al oficio s/n suscrito por la Ing. Cristina Valles, en la cual solicita " *...muy comedidamente se sirva certificar, a través de la unidad de agua potable y alcantarillado que las fuentes de agua inventariadas por el GAD se encuentran en uso para la dotación de agua potable*".

**ANTECEDENTES:**

El GAD Municipal de Cotacachi dentro de sus competencias tiene como responsabilidad la dotación de los servicios básicos como agua potable y alcantarillado y como referencia según los artículos del COOTAD:

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado Municipal.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley;

En consideración a lo anterior, la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado viene periódicamente monitoreando las diferentes fuentes incluido el INVENTARIO DE TOMAS Y FUENTES DE AGUA - ZONA ANDINA, de tal manera de planificar mejoras para la protección de las vertientes y así garantizar su seguridad frente a agentes externos que pueden provocar problemas en el aspecto hidráulico y de calidad.

**ANÁLISIS SOLICITUD**

En referencia a la solicitud, me permito **certificar** que las fuentes de agua existentes en la unidad hidrográfica del río Pichaví, son utilizadas por las diferentes Juntas Administradoras de Agua para la dotación de agua potable de las diferentes comunas, previo tratamiento correspondiente.

Para su conocimiento y fines pertinentes,

**Atentamente,**  
González Suárez y García Moreno  
(+593) (6) 2 915 086 - 2 915 115 - 2 915 117 - 2 916 888 - 2 916 029  
www.cotacachi.gob.ec  
Cotacachi - Ecuador





Administración 2009 - 2011



www.cotacachi.gob.ec

Ing. José Luis Bonilla  
**JEFE DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO**



MUNICIPIO  
COTACACHI

González Suárez y García Moreno  
(+593) (0) 2 916 086 - 2 916 115 - 2 916 117 - 2 916 888 - 2 916 029  
[www.cotacachi.gob.ec](http://www.cotacachi.gob.ec)  
Cotacachi - Ecuador

### Anexo 3.-

#### Validación de Instrumento por parte de un experto



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
FACULTAD DE POSGRADO



#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR EXPERTOS

Christian Villamarín  
Universidad de las Américas

Estimado validador:

El presente instrumento hace parte del trabajo de titulación de maestría titulado “*Zonas de protección de fuentes de agua potable y de riego en la unidad hidrográfica del río Pichaví, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*”. A continuación, se presenta el sistema de objetivos de la investigación con la finalidad de proporcionar información para la evaluación de la pertinencia y coherencia de los instrumentos.

#### Objetivo General

- Definir zonas de protección de las fuentes de agua de riego y potable de la unidad hidrográfica del río Pichaví a partir de sus características físicas, ecológicas y criterios legales, que aseguren el manejo sostenible del recurso hídrico.

#### Objetivos específicos

- Evaluar el estado de protección de las fuentes de agua de riego y potable sobre la base de parámetros físicos, ecológicas y lineamientos legales.
- Analizar los factores que inciden en el estado de protección de las fuentes de agua.
- Proponer estrategias de protección y conservación de las fuentes de agua potable y de riego a partir sus características físicas ecológicas y legales.

Para el desarrollo del objetivo 1 se adjunta un instrumento (matriz de evaluación), mismo que será aplicado en cada fuente de agua sujeto de estudio.



---

Cristina Valles

---

Programa de Maestría en Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas



MATRIZ DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA

EVALUACION DE LA PROTECCION DE FUENTES DE AGUA				
Fuente:		Fecha:		
Evaluador:		Cristina Valles		
Nro.	CRITERIOS FISICOS	Detalle	Ponderación	Calificación
1	Caudal	Caudal mayor al promedio histórico de la fuente	10	
		Caudal igual al promedio histórico de la fuente	5	
		Caudal menor al promedio histórico de la fuente	1	
2	Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora	Sistema Nacional de Areas protegidas del Ecuador (SNAP)	10	
		Programa voluntario socio-bosque	5	
		Ecosistemas estrategicos para la conservación del recurso hídrico provincial o local	1	
3	Tenencia de la tierra	Propiedad del Estado	10	
		Propiedad de los Beneficiarios	5	
		Propiedad de extranjeros	1	
4	Autorización	Autorización de la SENAGUA	10	
		Autorización en trámite	5	
		Sin autorización	1	
5	Riesgo de degradación del suelo	Alto	1	
		Medio	5	
		Bajo	10	
<b>CRITERIOS ECOLOGICOS</b>				
6	Desechos sólidos	Presencia de gran cantidad de desechos sólidos	1	
		Presencia de poca cantidad de desechos sólidos	5	
		ausencia de desechos sólidos	10	
7	Descargas líquidas	Existencia de descargas de aguas servidas en la fuente	1	



		Ausencia de descargas líquidas en la fuente	10
8	Riesgo de sufrir Incendios	Alto	1
		Medio	5
		Bajo	10
9	Responsabilidad tras la protección	Estado	10
		GAD local (municipal, parroquial)	5
		Usuarios	1
<b>CRITERIOS LEGALES ESTABLECIDOS EN LA ORDENANZA GAD COTACACHI</b>			
10	Cobertura vegetal	vegetación nativa	10
		mosaico agropecuario	5
		sin vegetación	1
11	Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología	Alto	10
		Medio	5
		Bajo	1
12	Perímetro de protección	Mil metros a la redonda	10
		Entre quinientos y mil metros a la redonda	5
		Entre cien y quinientos metros a la redonda	1
TOTAL CALIFICACION:			
CRITERIO DE EVALUACION:			

CRITERIO DE EVALUACION DE FUENTES DE AGUA			
Nivel	Protección	Rango	Prioridad de intervención
I	Protegida	91-120	Baja prioridad
II	Medianamente protegida	60-90	Mediana prioridad
III	Insuficientemente protegida	12-59	Alta prioridad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
FACULTAD DE POSGRADO



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13  
FACULTAD DE POSGRADO

### MATRIZ DE EVALUACIÓN DEL ESTADO DE PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO:

Estimado responsable del área protegida:

La presente investigación tiene como objetivo realizar una evaluación del estado de protección de las fuentes de agua que se usan para consumo humano y riego y que se encuentran dentro del parque nacional. Los resultados de esta matriz de evaluación servirán para definir el área de protección de las fuentes de agua y establecer alternativas de manejo,

¿Está usted de acuerdo en participar en esta investigación y a su vez autorizar el respectivo ingreso al parque nacional para estos fines investigativos?

Si ( ) No ( )

#### INSTRUCCIONES/METODOLOGIA:

A continuación, se redacta la metodología con la cual se estructura la matriz de evaluación del estado de protección de las fuentes de agua.

#### Evaluación del estado de protección de las fuentes de agua

Para la evaluación del estado de protección se utilizó una matriz estructurada, construida para este fin, que incluye parámetros de evaluación: físicos - ecológicos, utilizados dentro del manejo de cuencas hidrográficas y que se fundamentan teóricamente para efectos de la presente investigación y parámetros legales establecidos en la Ordenanza municipal del cantón Cotacachi. Cada parámetro constituye un indicador de evaluación que recibe una ponderación basada en el criterio técnico del tutor, asesor y tesista. Los indicadores se subdividen en criterios de evaluación; por lo que la ponderación también se califica en base a 3 valores que van desde el valor 1 al 10 siendo 1 la calificación al criterio que más bajo se encuentra o aporta al indicador; 5 el valor medio de aporte al indicador y 10 al valor más alto.

De esta manera se obtiene un valor máximo de 120 puntos cuando los indicadores cuenten con los criterios más altos de validación del indicador; 60 para un valor medio de validación y 12 para el valor más bajo. Con este análisis se establecen rangos para evaluar el estado de protección de la fuente de agua; los rangos para cada categoría se definen en función de las ponderaciones que se establecen en los indicadores de evaluación; determinándose así tres categorías de protección: A) PROTEGIDA (91 -120 puntos); B) MEDIANAMENTE PROTEGIDA (60 - 90 puntos); C) INSUFICIENTEMENTE PROTEGIDA (12 - 59).



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
FACULTAD DE POSGRADO



Para los indicadores Nro. 2 “Parte del SNAP, Bosques y Vegetación protectora” y Nro. 5 “Riesgo de degradación del suelo” que corresponden a los criterios físicos; así como el indicador Nro. 8 “Riesgo de sufrir incendios” que corresponde a los criterios ecológicos y los indicadores Nro. 10 “Cobertura vegetal” y 11 Características del suelo (nivel freático) Hidrogeología, que se encuentran dentro de los criterios legales establecidos por la ordenanza del GAD Cotacachi, se analizaron a través de cartografía de libre acceso con el fin de realizar el cruce de mapas temáticos, cuya información resultante es constatada en campo.



### MATRIZ PARA VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

**Instrucciones:** En el siguiente formato, indique según la escala: Bueno (B), Mejorable (M) o Deficiente (D) en cada ítem, de acuerdo a los criterios de validación (coherencia, pertinencia, redacción), si es necesario agregue las observaciones que considere. Al final se deja un espacio para agregar observaciones generales.

Item Nro.	Validación			Observación
	Coherencia	Pertinencia	Redacción	
1	B	B	B	El ítem es correcto la cantidad de agua es primordial para la evaluación. Valores de reducción de caudal puede dar indicios de cambios hidrológicos que deben ser analizados.
2	B	B	M	El título del ítem es confuso. Sin embargo, El contenido y valorar los instrumentos de protección es coherente y pertinente.
3	B	B	B	La tenencia es importante en especial por acciones que se deben tomar en el manejo en caso de haber acciones que tomar.
4	B	B	M	Se debería explicar un poco más en el título del ítem que tipo de autorización.
5	B	B	B	
6	B	B	B	Es un criterio importante dentro de la evaluación en especial si es para agua de consumo.
7	B	B	M	Es un criterio importante dentro de la evaluación en especial si es para agua de consumo. Sin embargo, pienso que hay que puntualizar que sean evidentes incluso incluyendo el color y olor.
8	B	B	M	Me queda la duda de si esto es en la cuenca o en el área de drenaje de la captación.
9	B	B	B	El ítem es correcto.
10	B	B	B	El ítem es correcto.
11	B	B	B	El ítem es correcto.



12	B	B	B	El ítem es correcto.
----	---	---	---	----------------------

#### Observaciones generales

En general la herramienta de evaluación es coherente y pertinente para evaluar la protección de zonas de agua potable y de riego. Sin embargo, considerando los ítems evaluados creo que hay que evaluar la pertinencia de los títulos de los criterios. Los Criterios Físicos creo que más corresponden a Criterios de Riesgos (considerando el ítem 1 y 5) y Protección (considerando los ítems 2, 3, y 4). Por su parte, los Criterios Ecológicos deberían considerarse más como criterios de integridad y conservación, ya que el término ecológicos conlleva otros aspectos que no están considerados en los ítems propuestos.

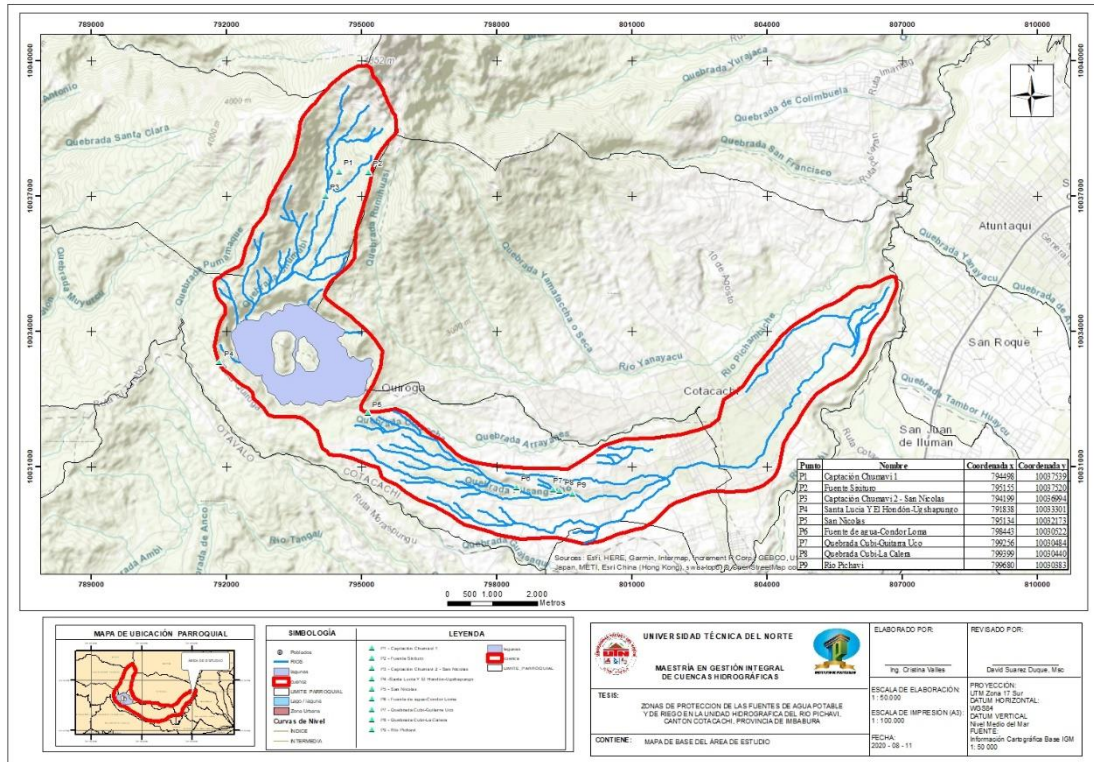
Firma

Christian Villamarín  
Universidad de las Américas

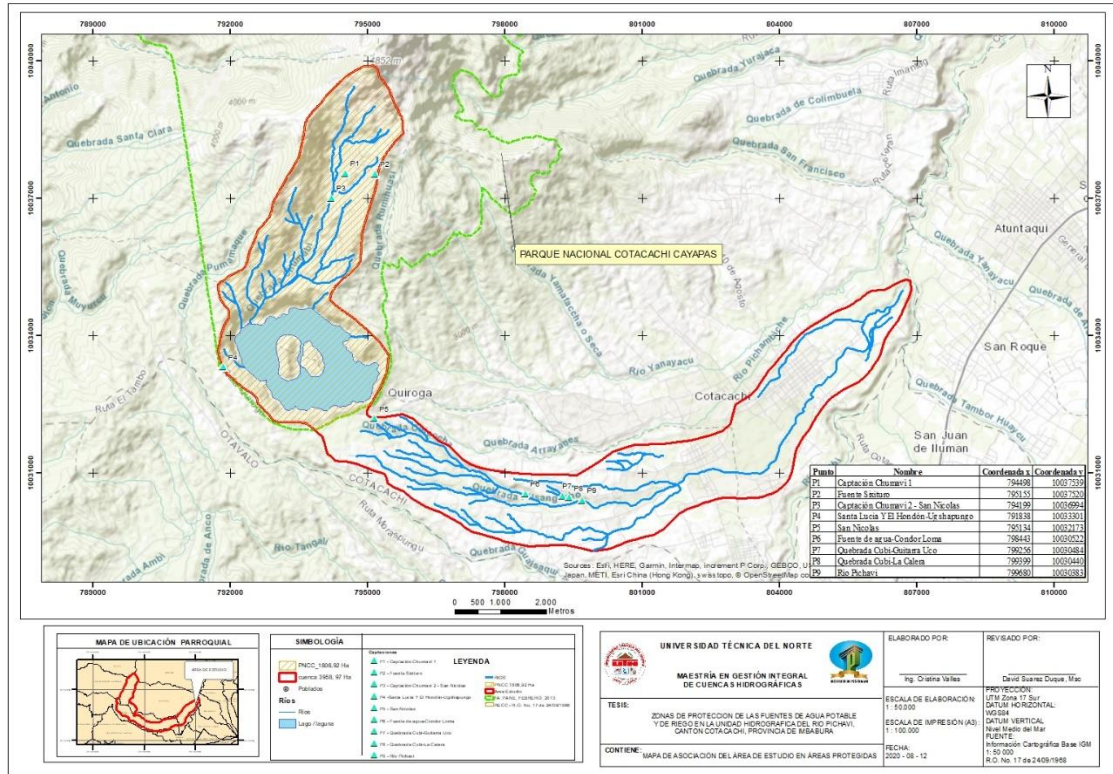


# Anexo 4.- Mapas

## 4.1 Mapa del área de estudio



## 4.2 Mapa de áreas protegidas



SIMBOLOGÍA		LEYENDA	
[Red outline]	PNDC - 100000 m	[Green triangle]	PS - Captación Chamucú 1
[Red outline]	PNDC - 200000 m	[Green triangle]	PS - Fuente Satorio
[Red outline]	PNDC - 300000 m	[Green triangle]	PS - Captación Chamucú 2 - San Nicolás
[Red outline]	PNDC - 400000 m	[Green triangle]	PS - Sistema Lucha Y El Hondon - Uxchapana
[Red outline]	PNDC - 500000 m	[Green triangle]	PS - San Nicolás
[Red outline]	PNDC - 600000 m	[Green triangle]	PS - Fuente de arcos Condor Loma
[Red outline]	PNDC - 700000 m	[Green triangle]	PS - Quebrada Cuchi Cuyana Lico
[Red outline]	PNDC - 800000 m	[Green triangle]	PS - Quebrada Cuchi La Oblea
[Red outline]	PNDC - 900000 m	[Green triangle]	PS - Rio Richari
[Blue line]	Rio	[Green triangle]	PS - Captación Cucha Cuyana
[Blue line]	Lago (lagunas)	[Green triangle]	PS - Rio Chamucú

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**ELABORADO POR:** Pío Cristóbal Valles  
**REVISADO POR:** Jaime Suarez Cuyana, Msc.

**TESIS:** ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE RIESGO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO PICHAYU, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE MIBABURA.

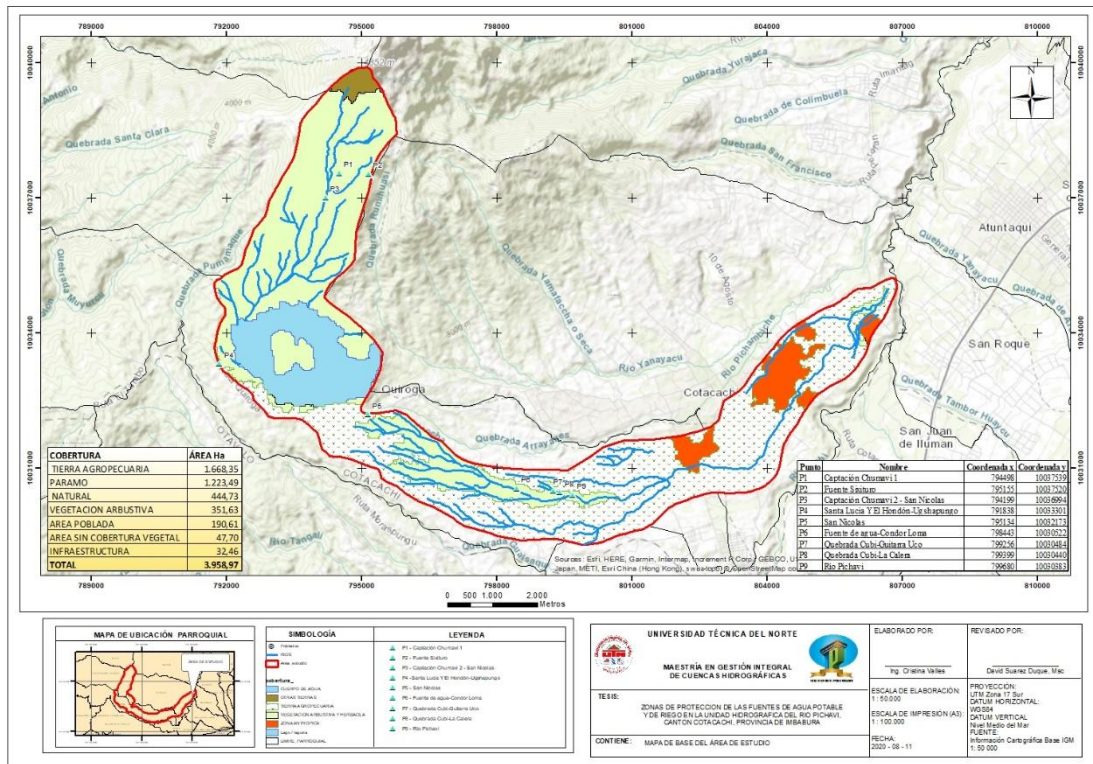
**CONTIENE:** MAPA DE ASOCIACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN ÁREAS PROTEGIDAS

**ESCALA DE ELABORACIÓN:** 1:100.000  
**ESCALA DE IMPRESIÓN (A3):** 1:100.000

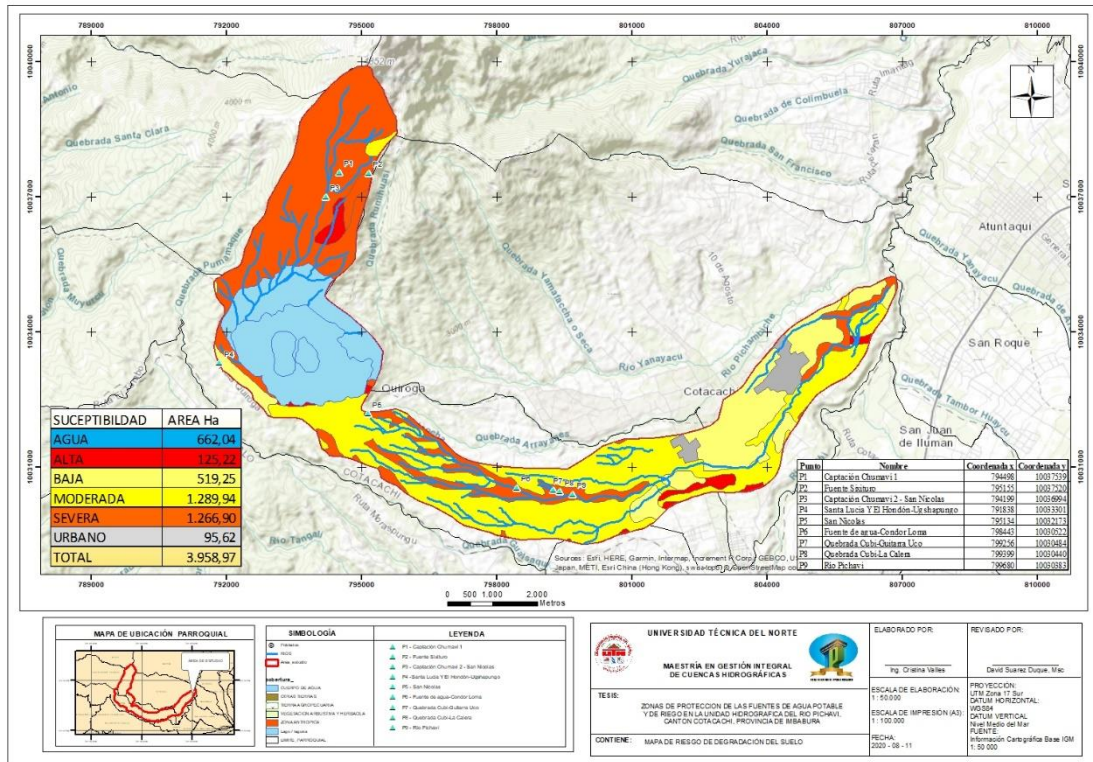
**FECHA:** 2022 - 09 - 12

**PROYECCIÓN:** UTM Zona 17 Sur  
**DATUM:** HORIZONTAL: WGS 84  
**VERTICAL:** Nivel Medio de Mar  
**FUENTE:** Información Cartográfica Base IGN  
 R.O. No. 17 de 24/05/1998

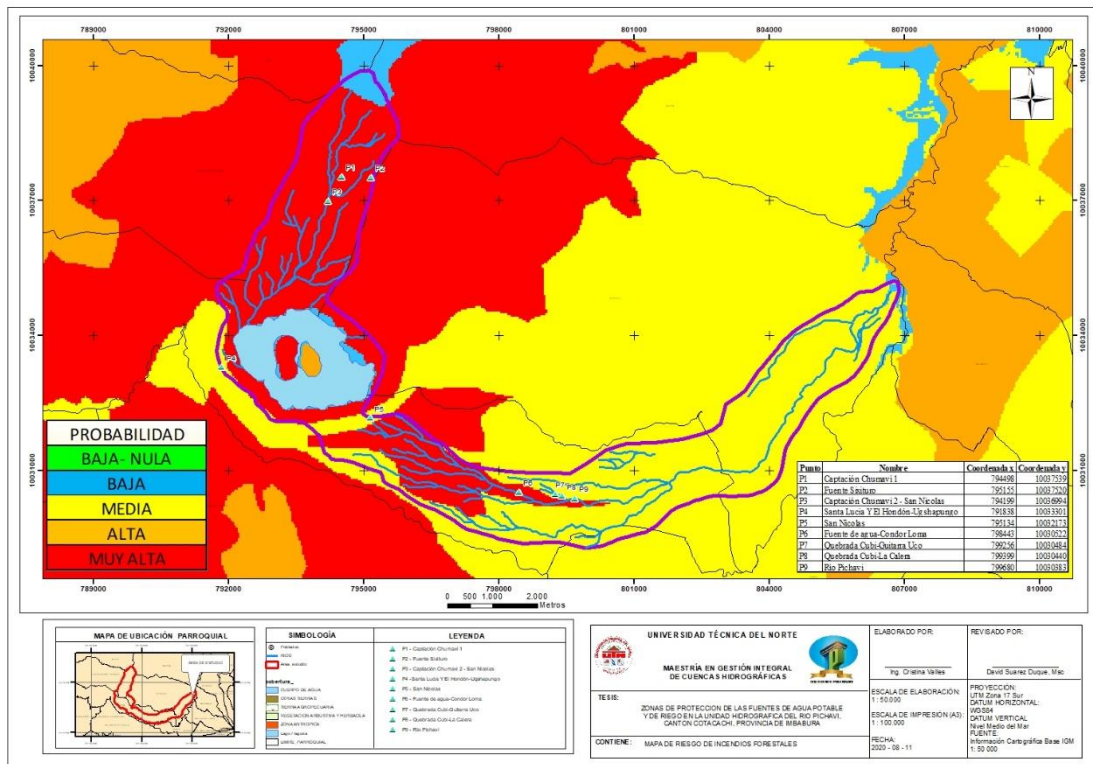
### 4.3 Mapa de cobertura vegetal



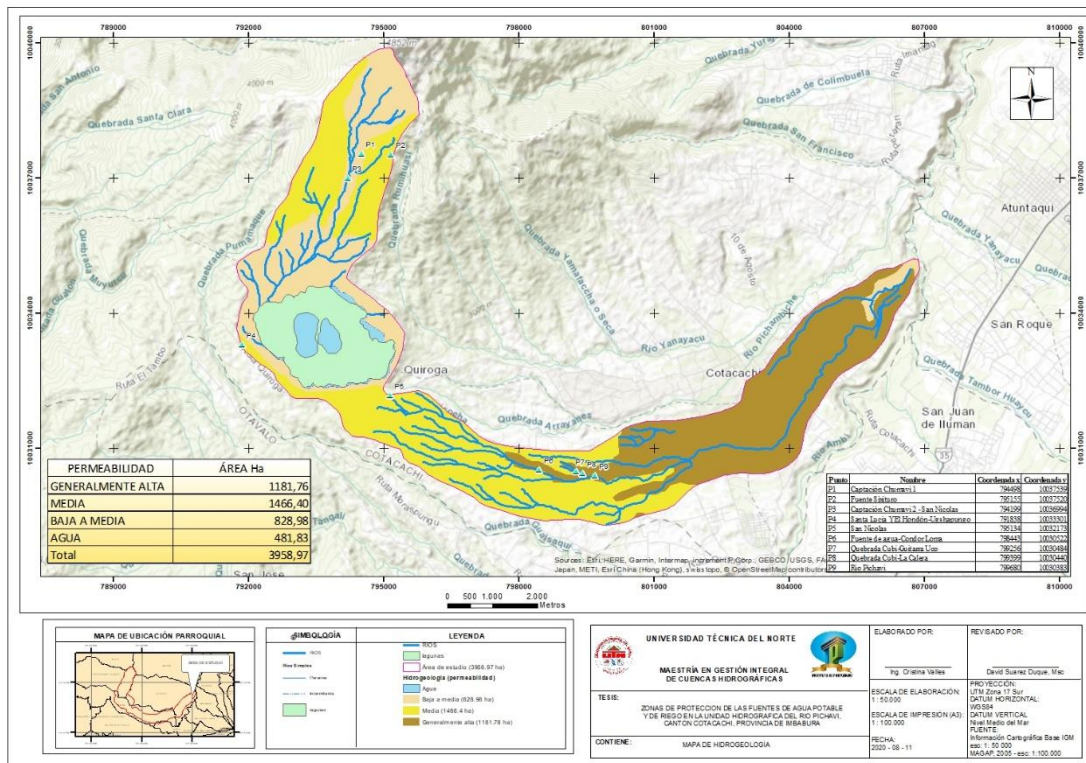
## 4.4 Mapa de riesgo de degradación del suelo



## 4.5 Mapa de riesgo de incendios



## 4.6 Mapa de hidrogeología



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

TEMA: ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA POTABLE Y DE RIESGO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO PICHIVI, CANTÓN COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA

CONTIENE: MAPA DE HIDROGEOLOGÍA

ELABORADO POR: Ing. Oriana Vales

REVISADO POR: David Suarez Ojeda, Msc.

PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur  
 DATUM HORIZONTAL: WGS84  
 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar  
 FUENTE: Información Cartográfica Base IOM  
 ESC: 1:50.000  
 MAGAP 2005 - ESC: 1:100.000