



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Caracterización hídrica y socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”,
ubicada en el páramo del Igualata, provincia de Tungurahua.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Briones Maza, José Alexander
Ricaurte Gaibor, Ramiro Esteban

Tutor:

Dr. Mendoza Trujillo, Benito Guillermo PhD.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, José Alexander Briones Maza, Ramiro Esteban Ricaurte Gaibor con cédulas de ciudadanía 070589403-8, 0603777632, autores del trabajo de investigación titulado: línea base ambiental de agua en la quebrada “Hualcanga”, ubicada en el páramo del Igualata, provincia de Tungurahua, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autores de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 12 de junio de 2025



José Alexander Briones Maza

C.I: 0705894038



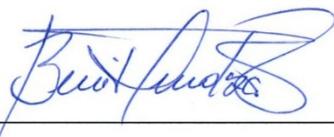
Ramiro Esteban Ricaurte Gaibor

C.I: 0603777632

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Benito Guillermo Mendoza Trujillo catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Caracterización hídrica y socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”, ubicada en el páramo del Igualata, provincia de Tungurahua, bajo la autoría de Jose Alexander Briones Maza y Ramiro Esteban Ricaurte Gaibor; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los veinte días del mes de mayo de 2025.



Benito Guillermo Mendoza Trujillo

C.I: 0603013866-3

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Caracterización hídrica y socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”, ubicada en el páramo del Igualata, provincia de Tungurahua, presentado por Briones Maza Jose Alexander, Ricaurte Gaibor Ramiro Esteban, con cédula de identidad número 0705894038 y 0603777632, bajo la tutoría de PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de 12 de junio de 2025.

Ing. Carla Silva Padilla Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Patricio Santillán Lima Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. María Fernanda Rivera Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **BRIONES MAZA JOSE ALEXANDER** con CC: **070589438**, estudiante de la Carrera **AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado ” **CARACTERIZACIÓN HÍDRICA Y SOCIOECONÓMICA DE LA QUEBRADA “HUALCANGA”, UBICADA EN EL PÁRAMO DEL IGUALATA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**”, cumple con el 7 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 09 de junio de 2025



PhD. Benito Mendoza
TUTOR(A)

DEDICATORIA

A mis padres, José y Carmen, cuyo ejemplo constante de perseverancia, esfuerzo y dedicación ha sido la inspiración que ha guiado cada uno de mis pasos; y a mis hermanas, Marjorie y Johanna, por ser mi apoyo incondicional, mi fuente de motivación y aliento en cada momento de este camino.

Gracias por creer en mí, por brindarme su amor y confianza sin reservas, y por acompañarme con paciencia y esperanza en cada etapa de mi formación académica y profesional. Este trabajo es un sincero homenaje a su amor, su apoyo inquebrantable y la fe que siempre han depositado en mí, sin la cual nada de esto habría sido posible.

José Briones

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante; a mis profesores, por su sabiduría y guía inspiradora; a mis amigos, por su aliento y complicidad en cada paso; y a la naturaleza, fuente inagotable de inspiración y enseñanza.

Agradezco profundamente a todos quienes contribuyeron a este camino hacia la obtención del título de Ingeniero Ambiental. Cada conversación, cada desafío y cada aprendizaje han sido invaluable.

Que este trabajo sea un tributo a nuestra responsabilidad con el planeta y un llamado a la acción por un futuro más sostenible. Gracias por ser parte de este viaje hacia la protección de nuestro entorno.

Ramiro Ricaurte

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su apoyo incondicional y esfuerzo constante; a mis compañeros de clase, por su compañerismo y amistad, que han enriquecido mi experiencia académica y profesional; a mi tutor de tesis, por su guía experta y orientación en cada etapa del proceso de investigación; y a los docentes que contribuyeron a mi formación en esta institución, por su enseñanza e inspiración, que me han permitido crecer y desarrollarme como profesional.

Su colaboración y apoyo han sido fundamentales en este logro y en mi formación como Ingeniero Ambiental.

José Briones

Expreso mi profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo: a mis profesores, por su orientación y sabiduría; a mis compañeros, por su colaboración y apoyo; a mi familia, por su constante aliento; y a mis amigos, por su comprensión.

Agradezco también a todas las organizaciones que ayudaron a la recopilación de información que enriquecieron este proyecto. Su valioso aporte ha sido fundamental en mi formación como Ingeniero Ambiental. Cada consejo, cada conversación y cada momento compartido han sido invaluable.

Ramiro Ricaurte

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.3. Justificación.....	16
1.4. Objetivos:.....	17
1.4.1. Objetivo general.	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	18
2.1 Ciclo hidrológico.....	18
2.2. Parámetros geomorfológicos e hidráulicos de una cuenca.	18
2.3. El Papel de los Ecosistemas en el Ciclo del Agua	18
2.4. Fuentes de Agua.....	19
2.5. Páramo como Fuente de Agua	19
2.6. La Calidad del Agua.....	19
2.7. Importancia de la Calidad del Agua	19
2.8. Factores que Influyen en la Calidad del Agua	20
2.9. Contaminación Natural.....	20
2.10. Índice de Calidad del Agua.....	20
2.11. Índice de Calidad de Agua ICA - NSF	20
2.12. Marco Legal del Agua.....	21
2.12.1. Constitución del Ecuador de 2008	21
2.12.2. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.	21
2.13. Caracterización socioeconómica.	22
2.14. Análisis FODA.	22
2.15. Métodos e Instrumentos para Realizar el Diagnóstico	22

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo de investigación.....	24
3.2. Diseño de la investigación.....	24
3.3. Ubicación del área de estudio.....	24
3.4. Determinación de las características geomorfológicas e hidráulicas.....	25
3.4.1. Morfometría de la quebrada.....	25
3.5. Determinación de la calidad del agua.....	27
3.5.1. Puntos de muestreo, transporte y almacenamiento de las muestras.....	27
3.5.2. Análisis del agua.....	27
3.5.3. Índice de calidad del agua (ICA NFT).....	28
3.6. Caracterización socioeconómica de la quebrada.....	30
3.6.1. Reuniones divulgativas.....	30
3.6.2. Indicadores biofísicos y socioeconómicos.....	30
3.6.3. Métodos para obtener indicadores:.....	30
3.6.4. Análisis FODA.....	31
3.6.4.1. Análisis del Medio Ambiente Externo (Oportunidades y Amenazas).....	31
3.6.4.2. Análisis del Medio Ambiente Interno (Fortalezas y Debilidades).....	31
3.6.5. Análisis de la Información.....	32
3.6.6. Elaboración de la Matriz FODA.....	32
3.6.7. Formulación de Estrategias FODA.....	32
3.6.8. Implementación y Seguimiento.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Características geomorfológicas de la quebrada “Hualcanga”.....	34
4.2. Evaluación de la calidad del agua.....	36
4.2.1. Puntos de muestreo.....	36
4.2.2. Índice de Calidad del Agua (NSF).....	37
4.2.3. Oferta Hídrica de la Quebrada Hualcanga.....	39
4.3. Caracterización socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”.....	40
4.3.1. Discusión.....	44
4.4. Análisis FODA.....	45
4.4.1. Fortalezas (Factores Internos).....	45
4.4.2. Debilidades (Factores Internos).....	45
4.4.3. Oportunidades (Factores Externos).....	46
4.4.4. Amenazas (Factores Externos).....	46
4.5. Matriz FODA.....	46
4.5.1. Estrategias Principales.....	47

4.5.2 Implementación y Seguimiento.....	47
4.5.3 Discusión.....	48
CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	49
5.1. Conclusión	49
5.2. Recomendación	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1: Técnicas y herramientas para la participación efectiva de las personas.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2: Parámetros morfométricos de una cuenca.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3: Parámetros analizados In-situ.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4: Parámetros de laboratorio.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5: Pesos relativos para parámetros del “ICA”.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6: Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7: Matriz FODA.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8: Características geomorfológicas de la quebrada “Hualcanga”.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9: Relación hipsométrica de la quebrada “Hualcanga”.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10: Coordenadas de los puntos de muestreo tomados en la quebrada “Hualcanga”.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11: Calificación y clasificación individual del ICA para las muestras de agua.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 12: Caudal Ofertado unidad hidrográfica Hualcanga.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 13: Resultados de la Matriz FODA.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 1981-2000.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 15 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 2000-2010</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 16 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 2010-2020</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapa de ubicación- Hualcanga.</i>	25
<i>Figura 2: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.</i>	36
<i>Figura 3: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.</i>	37
<i>Figura 4: Mapa de oferta hídrica.</i>	39
<i>Figura 5: Porcentaje de respuestas de la pregunta 4.</i>	40
<i>Figura 6: Porcentaje de respuestas de la pregunta 8.</i>	41
<i>Figura 7: Porcentaje de respuestas de la pregunta 10.</i>	41
<i>Figura 8: Porcentaje de respuestas de la pregunta 10.</i>	42
<i>Figura 9: Porcentaje de respuestas de la pregunta 11.</i>	42
<i>Figura 10: Porcentaje de respuestas de la pregunta 12.</i>	43
<i>Figura 11: Porcentaje de respuestas de la pregunta 14.</i>	43
<i>Figura 12: Porcentaje de respuestas de la pregunta 15.</i>	44

RESUMEN

Este estudio se centra en la caracterización hídrica y socioeconómica de la quebrada Hualcanga, ubicada en la comunidad Nueva Vida, provincia de Tungurahua, Ecuador. La investigación surge como respuesta a los impactos ambientales causados por la deforestación, el avance de la frontera agrícola, la presencia de ganado y la consecuente degradación del suelo, contaminación del agua y pérdida de biodiversidad. La falta de información técnica sobre cómo estas problemáticas afectan la disponibilidad del recurso hídrico evidencia la necesidad de un enfoque integral que combine la hidrología, la ingeniería ambiental, la geografía y la economía. El objetivo principal es caracterizar la quebrada mediante indicadores ambientales y socioeconómicos que permitan evaluar la efectividad de las acciones de conservación implementadas en la parte alta del ecosistema. Se utilizan metodologías de campo y laboratorio para analizar parámetros geomorfológicos, hidráulicos y de calidad de agua, así como encuestas para entender la realidad socioeconómica del área de influencia. El estudio busca aportar a la gestión sostenible de los recursos hídricos en Tungurahua, una región clave para la agricultura, abastecimiento de agua potable y generación hidroeléctrica, pero vulnerable al cambio climático y presión antrópica. Los resultados respaldarán decisiones estratégicas de conservación y desarrollo sostenible en la cuenca.

Palabras claves: Calidad del agua, Cuenca hidrográfica, Degradación ambiental, Indicadores socioeconómicos, Conservación.

Abstract

This study focuses on the hydrological and socioeconomic characterization of the Hualcanga stream, located in the Nueva Vida community, Tungurahua province, Ecuador. The research emerged in response to environmental impacts caused by deforestation, agricultural expansion, livestock activities, and the resulting soil degradation, water contamination, and biodiversity loss. The lack of technical data on how these issues affect water resource availability underscores the need for an integrated approach that combines hydrology, environmental engineering, geography, and economics. The main objective is to characterize the stream using environmental and socioeconomic indicators to assess the effectiveness of conservation measures implemented in the upper part of the ecosystem. Field and laboratory methods were employed to analyze geomorphological, hydraulic, and water quality parameters, alongside surveys to evaluate the socioeconomic conditions within the area of influence. This study aims to contribute to the sustainable management of water resources in Tungurahua—a region critical for agriculture, drinking water supply, and hydroelectric power generation, yet vulnerable to climate change and anthropogenic pressures. The findings will support strategic decisions regarding conservation and sustainable development in the basin.

Keywords: Water quality, watershed, environmental degradation, socioeconomic indicators, conservation.



Reviewed by:

Mgs. Lorena Solís Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

La evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Tutanangoza, realizada por Cárdenas, (2020), e llevó a cabo mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, aplicando el índice ICA-NSF. El estudio abarcó un período de siete meses (enero a junio) y utilizó una metodología experimental con trabajo de campo, que incluyó la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. En este trabajo primero se analizaron las características morfométricas con la ayuda del software Arc Gis 10.3, luego se realizaron una visita técnica de campo determinando cuatro puntos de monitoreo representativos y aptos para el transporte respectivo de las muestras y su conservación las cuales fueron analizadas en un laboratorio por medio de diferentes métodos de análisis: DBO₅ por el Método de Winkler, Oxígeno Disuelto por HRDO, Coliformes Fecales por medio del número más probable (NMP), pH por el método potenciométrico, Sólidos Disueltos Totales por Conductimetría y Nitratos (NO₃) y Fosfatos (PO₄) por Espectrofotometría, obteniendo como resultado que la muestra tomada en el punto 1 correspondiente a la parte superior del río presentó valores catalogados como calidad buena, mientras que los demás puntos presentaron valores catalogados como calidad regular y de dudoso consumo.

La Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua, en su trabajo de contribuir a la seguridad hídrica de América Latina y el Caribe priorizo realizar un estudio en 2022 de línea base sobre la seguridad hídrica en el Ecuador, usando información secundaria y utilizando como referencia la metodología e indicadores desarrollados por la Alianza, con un enfoque de tablero en estas múltiples “dimensiones clave”, las cuales se dividen en: seguridad hídrica ambiental, seguridad hídrica doméstica, seguridad hídrica económica, seguridad hídrica urbana y seguridad hídrica ante desastres. El promedio nacional de seguridad hídrica total es de 3,09 puntos, lo que corresponde a una seguridad hídrica moderada (siendo 0: seguridad hídrica nula y 5 seguridad hídrica máxima) (ATUK, 2022).

1.2 Planteamiento del problema.

La quebrada "Hualcanga", ubicada en la comunidad Nueva Vida, provincia de Tungurahua, Ecuador, enfrenta una serie de problemas ambientales críticos derivados de una gestión inadecuada de la cuenca hidrográfica. Estos problemas incluyen la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la presencia de ganado lo que ha provocado a la degradación del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad. La falta de evidencia técnica que confirme estos procesos de degradación y su impacto en la

disponibilidad de agua para las comunidades subraya la necesidad de una intervención efectiva y sustentable (López, 2014).

El análisis de las características hídricas y socioeconómicas en una cuenca hidrográfica requiere la integración de múltiples disciplinas científicas. La hidrología proporciona la base para comprender el ciclo del agua y la disponibilidad de recursos hídricos, mientras que la ingeniería ambiental ofrece herramientas para evaluar y gestionar los impactos ambientales de las actividades humanas en la cuenca además la geografía y la economía complementan este enfoque al permitir el estudio de la distribución espacial de los recursos y los aspectos socioeconómicos de su gestión sostenible.

El problema de la degradación de la quebrada "Hualcanga" es actual, aunque sus causas se remontan a varios años de prácticas inadecuadas en la gestión de la cuenca hidrográfica, exacerbadas por el cambio climático y la expansión urbana y agrícola.

1.3. Justificación.

La exploración de las dinámicas tanto hidrológicas como socioeconómicas resulta crucial en un contexto global, sobre todo en zonas como Latinoamérica y Ecuador. A nivel global, el cambio climático y el aumento poblacional generan una presión creciente sobre los recursos hídricos, agudizando problemas de escasez y contaminación del agua. En el caso específico de Latinoamérica, donde muchas comunidades tienen una dependencia directa de estos recursos para su subsistencia, comprender la interrelación entre aspectos hidrológicos y socioeconómicos es esencial para abordar retos como la seguridad alimentaria, el acceso al agua potable y la prevención de desastres naturales asociados al agua (Chamba et al., 2019).

En el caso concreto de Ecuador, un país que posee abundantes recursos hídricos pero que también enfrenta la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos, la investigación sobre estas particularidades resulta imprescindible para orientar políticas y prácticas de gestión del agua que fomenten tanto la sostenibilidad ambiental como el desarrollo socioeconómico equitativo a largo plazo. La provincia de Tungurahua, situada en la región central del país, se distingue por su relieve montañoso y una amplia diversidad climática y ecológica. La administración de los recursos hídricos en esta área se vuelve de suma relevancia debido a su impacto directo en actividades como la agricultura, la producción de energía hidroeléctrica y la provisión de agua potable para las comunidades locales. No obstante, Tungurahua también afronta desafíos considerables relacionados con la degradación medioambiental y la presión sobre los recursos hídricos, atribuibles al

crecimiento demográfico, la expansión urbana y las prácticas agrícolas intensivas (Martín et al., 2018).

En esta área, específicamente en el sector de la quebrada Hualcanga, se implementan labores de conservación por parte del fideicomiso Frente Sur Occidental, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y la Junta de Agua Nueva Vida. Estos grupos han planeado acciones de protección, como el cercado de la parte alta de la quebrada, y necesitan determinar la efectividad de estas medidas a largo plazo. Para ello, es crucial comprender las características iniciales de la quebrada y establecer indicadores que permitan evaluar el impacto de las actividades de conservación (Mazón et al., 2017).

En consecuencia, el estudio de las características hidrológicas y socioeconómicas ofrece una visión detallada de la situación actual en relación con la degradación del suelo en esta región de la provincia de Tungurahua. Este análisis contribuye a alcanzar uno de los objetivos del programa de investigación "Evaluación biofísica de dinámicas de degradación y prácticas de recuperación de la tierra en paisajes de la Sierra Centro", el cual se enfoca en desarrollar indicadores para evaluar la degradación del suelo y su impacto en los recursos hídricos (CONDESAN, 2021).

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivo general.

Caracterizar la quebrada “Hualcanga” de manera hídrica y socioeconómica, mediante indicadores ambientales y socioeconómico para medir la efectividad de los procesos de conservación que se ejecutan en las partes altas de la quebrada.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Determinar las características geomorfológicas, hidráulicas y de calidad de agua de la quebrada “Hualcanga” utilizando índices de calidad de agua, geomorfológicos e hidráulicos.
- Realizar la caracterización socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”, mediante el análisis de encuestas e información secundaria del área de influencia de la quebrada.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es el proceso mediante el cual se abastece de agua a las plantas, los animales y el hombre, este ciclo se basa en que cada gota de agua recorre un circuito cerrado, desde el momento en que cae como lluvia hasta que vuelve a convertirse en precipitación (Maderey & Román, 2005).

El ciclo hidrológico no sigue una ruta única, sino que se inicia desde las nubes como punto de origen, generando diversas formas de precipitación. La atmósfera contiene vapor de agua y nubes, mayormente procedentes de la evaporación del agua del mar. Esta humedad es transportada por los vientos hacia los continentes, donde se precipita en forma líquida, sólida o de condensación. Durante la precipitación, el agua puede regresar a la atmósfera al evaporarse durante su caída, y una parte no llega al suelo. El agua que cae directamente al suelo fluye por los cauces de los ríos, alcanzando finalmente el mar, con una pequeña fracción quedando retenida en el lecho de los ríos. La evaporación desde la superficie del mar y otras fuentes líquidas concluye el ciclo hidrológico, marcando así el final de la hidrología y el inicio de la meteorología (Maderey & Román, 2005).

2.2. Parámetros geomorfológicos e hidráulicos de una cuenca.

Los parámetros geomorfológicos e hidráulicos de una cuenca influyen significativamente en su comportamiento hidrológico. Estudiar sistemáticamente estos parámetros es de gran utilidad, ya que permiten transferir información de un lugar a otro con similitudes geomorfológicas y climáticas, esto con ayuda de fórmulas hidrológicas, generalmente empíricas, que sirven para relacionarla con las curvas de avenidas a otras cuencas con características geomorfológicas similares. (Tipán, 2018).

2.3. El Papel de los Ecosistemas en el Ciclo del Agua

Los procesos ecológicos en el paisaje influyen significativamente en la calidad y el movimiento del agua dentro del ciclo hidrológico. Estos procesos también afectan la formación del suelo, la erosión, el transporte y el depósito de sedimentos, lo cual pueden tener un impacto considerable en la hidrología. Aunque los bosques suelen ser el foco principal cuando se habla de cobertura del suelo e hidrología, los prados y las tierras de cultivo también juegan roles importantes (Vásconez et al., 2019).

2.4. Fuentes de Agua

Las fuentes de agua en el medio ambiente incluyen la lluvia, el agua superficial, el agua subterránea, los océanos, entre otros (Solís Sosa, 2023). Las aguas superficiales son más susceptibles a la contaminación debido a fenómenos naturales como la erosión, así como a la actividad humana, que ha deteriorado significativamente ríos, lagos y quebradas. En cambio, las aguas subterráneas tienden a mantener una calidad más uniforme y distinta (Valdiviezo et al., 2021).

2.5. Páramo como Fuente de Agua

El ecosistema de páramos es crucial tanto para el medio ambiente como para los seres humanos. Los páramos, ubicados en la cima de la cordillera de los Andes, regulan el ciclo hídrico debido a su vegetación y suelo, que almacenan grandes cantidades de agua. Esta agua almacenada se libera gradualmente a través del escurrimiento o lixiviación hacia los ríos y riachuelos que nacen en estos ecosistemas (Armijos-González & Vázquez Fernández, 2023).

2.6. La Calidad del Agua

La calidad del agua ya sea superficial o subterránea, depende de factores naturales y acciones humanas. Se determina comparando las características de una muestra con una línea base, concentraciones históricas de elementos o normas legales específicas para cada uso. Esto permite evaluar si el agua es segura para un propósito determinado. Por ejemplo, un cuerpo de agua puede ser apto para uso recreativo, pero no para consumo humano. La calidad del agua, por tanto, depende de su uso previsto, y los esfuerzos de mitigación o remediación deben considerar este factor (Calvopiña Beltrán & Satuquina, 2024).

2.7. Importancia de la Calidad del Agua

La calidad del agua en ríos, lagos y acuíferos es vital para el desarrollo sostenible y la salud global. Facilita la prestación de servicios básicos y actividades económicas. Los estudios de calidad del agua proporcionan datos que permiten evaluar el impacto del desarrollo socioeconómico a lo largo del tiempo, indicando el estado de los ecosistemas acuáticos y su capacidad para ofrecer servicios como agua potable, preservación de la biodiversidad, pesca sostenible e irrigación. El monitoreo continuo ayuda a identificar áreas donde la calidad del agua está bajo presión y donde se mantiene en su estado natural (Villena Chávez, 2018)

2.8. Factores que Influyen en la Calidad del Agua

La calidad del agua puede variar según el uso del suelo, el clima y la geología, así como por cambios estacionales, anuales y decenales. Comprender estos patrones naturales en sus múltiples escalas es crucial para evaluar los impactos antropogénicos y los provocados por el cambio climático (Villena Chávez, 2018).

2.9. Contaminación Natural

La contaminación natural también afecta la calidad del agua, incluyendo contaminantes como fluoruros, boro y arsénico. Estos elementos, presentes en suelos y rocas, se movilizan por la lluvia y otros fenómenos meteorológicos. Los fluoruros, generalmente inofensivos en bajas concentraciones, pueden ser tóxicos a niveles más altos. El boro, también presente en suelo y agua, es tóxico para las plantas en concentraciones elevadas. El arsénico, altamente tóxico para los seres humanos, se acumula en el organismo; su ingestión prolongada, incluso en bajas concentraciones, puede tener efectos graves. Las contaminaciones naturales son difíciles de manejar debido a sus fuentes difusas y formaciones geológicas específicas (Valdiviezo et al., 2021).

2.10. Índice de Calidad del Agua

El Índice de Calidad del Agua (ICAS) es una herramienta simplificada para determinar la calidad del agua, estableciendo parámetros clave que pueden afectar esta calidad. El objetivo del ICAS es identificar la calidad del agua disponible en las cuencas. El Water Quality Index (WQI) se utiliza para evaluar la calidad del agua en áreas específicas, basándose en varios parámetros de calidad del agua y comparándolos con estándares regionales (Méndez et al., 2020).

2.11. Índice de Calidad de Agua ICA - NSF

El Water Quality Index (WQI) fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, utilizando la técnica de investigación Delphi de la Rand Corporation (Borrero García & Husserl, 2020). Este índice incluye nueve parámetros:

1. **Oxígeno Disuelto:** Es esencial para la supervivencia de los organismos acuáticos. La vegetación subacuática lo produce, y las aguas turbulentas aumentan su disolución, mientras que la turbiedad y la temperatura pueden reducir su concentración (Méndez et al., 2020).
2. **Coliformes Fecales:** Indican la posible presencia de bacterias o virus patógenos, ya que siempre están presentes en las heces humanas y animales (Méndez et al., 2020).

3. **pH:** Mide la acidez o basicidad del agua en una escala de 0 a 14. Un pH de 6,5 a 8,2 es óptimo para la mayoría de los organismos acuáticos (Borrero García & Husserl, 2020).
4. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Indica el contenido de materia orgánica, midiendo el oxígeno requerido por los microorganismos para degradar esta materia (Borrero García & Husserl, 2020).
5. **Nitratos:** Contaminante común en el agua subterránea, puede ser perjudicial si se consume en altos niveles (Borrero García & Husserl, 2020).
6. **Fosfatos:** Elevados niveles provienen de detergentes, plantas de tratamiento de aguas, residuos industriales y escorrentía de campos agrícolas (Borrero García & Husserl, 2020).
7. **Desviación de la Temperatura:** Importante parámetro físico que afecta otras determinaciones como oxígeno disuelto y actividad biológica (Borrero García & Husserl, 2020).
8. **Turbiedad:** Mide la falta de transparencia del agua causada por material suspendido, que puede reducir la luz solar y afectar el crecimiento de plantas acuáticas (Méndez et al., 2020).
9. **Sólidos Disueltos Totales (SDT):** Materia disuelta en el agua medida en ppm (partes por millón) (Méndez et al., 2020).

2.12. Marco Legal del Agua

2.12.1. Constitución del Ecuador de 2008

- **Art. 3:** El Estado debe garantizar el goce de derechos como la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua.
- **Art. 12:** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua es patrimonio nacional estratégico y de uso público, esencial para la vida y la gestión de recursos hídricos.

2.12.2. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes.

Esta norma, incluida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA, 2015.), Libro VI, Anexo 1, dictada bajo la Ley de Gestión Ambiental y su reglamento, es de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional. Establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.
- Los criterios de calidad del agua para distintos usos.

- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

2.13. Caracterización socioeconómica.

2.14. Análisis FODA.

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta estratégica que permite diagnosticar la situación interna y externa de un sistema, integrando dimensiones ambientales, económicas y sociales (Yadira et al., 2022).

2.14.1. Componentes teóricos clave

Según, Escobar, 2024 los componentes teóricos clave se dividen en dos tipos de factores que ayudan a entender la situación de lo que se analiza, estos son:

- **Factores internos:**

Fortalezas: Recursos endógenos como biodiversidad, conocimientos ancestrales y organización comunitaria, que favorecen la resiliencia socio ecológica.

Debilidades: Limitaciones técnicas, infraestructura deficiente y dependencia de actividades extractivas, que generan vulnerabilidad.

- **Factores externos:**

Oportunidades: Programas gubernamentales, tendencias de mercado ecológico y herramientas tecnológicas, que potencian el desarrollo local.

Amenazas: Cambio climático, presión antrópica y marcos regulatorios insuficientes, que exigen estrategias de mitigación.

2.15. Métodos e Instrumentos para Realizar el Diagnóstico

Para llevar a cabo un diagnóstico socioeconómico en microcuencas según (Rascón, 2007), se pueden emplear diversas técnicas que promuevan la participación de la comunidad. Entre estas técnicas se incluyen:

1. **Talleres Participativos:** Estas sesiones permiten reunir a diferentes actores de la comunidad para discutir y evaluar las necesidades y problemas del área. A través de dinámicas grupales y actividades interactivas, los participantes pueden compartir sus perspectivas y sugerir soluciones.
2. **Grupos Focales:** Los grupos focales son discusiones organizadas en las que un moderador guía a un pequeño grupo de personas para profundizar en temas específicos. Esta técnica es útil para obtener información detallada sobre percepciones, actitudes y experiencias relacionadas con la gestión del agua en la microcuenca.

3. **Encuestas y Entrevistas:** Las encuestas estructuradas y las entrevistas en profundidad pueden recolectar datos cuantitativos y cualitativos sobre la situación socioeconómica, los usos del agua, y las principales preocupaciones de los residentes.
4. **Maqueo Comunitario:** Esta herramienta permite a los miembros de la comunidad crear mapas que reflejen sus conocimientos locales sobre recursos hídricos, áreas problemáticas y lugares de importancia cultural y ambiental.

Tabla 1: *Técnicas y herramientas para la participación efectiva de las personas.*

TÉCNICAS PARA RECOLECTAR HERRAMIENTAS. INFORMACIÓN.	
• Conversación informal con actores de la comunidad	• Mapa de recursos naturales y uso de la tierra
• Entrevistas y cuestionarios	• Priorización de problemas
• Observación directa	• Diagrama de tortilla
• Informantes claves	• Mapa de servicios
• Estudio de caso	• Línea de tiempo
• Sondeos	• Elaboración de transectos
• Talleres participativos	• Análisis de beneficio
• Revisión de información secundaria (Bibliografía)	• Calendario estacional de actividades con enfoque de género

Fuente: *(Faustino et al., 2004).*

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación adoptó un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para analizar de manera integral la quebrada Hualcanga en el páramo del Igualata.

- **Enfoque cuantitativo**

Se recopilaron y analizaron datos sobre parámetros hidrológicos (caudal, calidad del agua) y geomorfológicos (erosión, pendientes), utilizando herramientas como aforos, modelos USLE (Universal Soil Loss Equation) y equipos multiparamétricos para mediciones fisicoquímicas.

- **Enfoque cualitativo**

Se realizaron entrevistas semiestructuradas y grupos focales con la comunidad local para evaluar aspectos socioeconómicos, complementados con revisión bibliográfica sobre dinámicas del páramo.

Además, se aplicó el análisis FODA con participación de actores clave, identificando fortalezas (ejemplo: biodiversidad del páramo), debilidades (presión agrícola), oportunidades (programas de conservación) y amenazas (cambio climático).

3.2. Diseño de la investigación

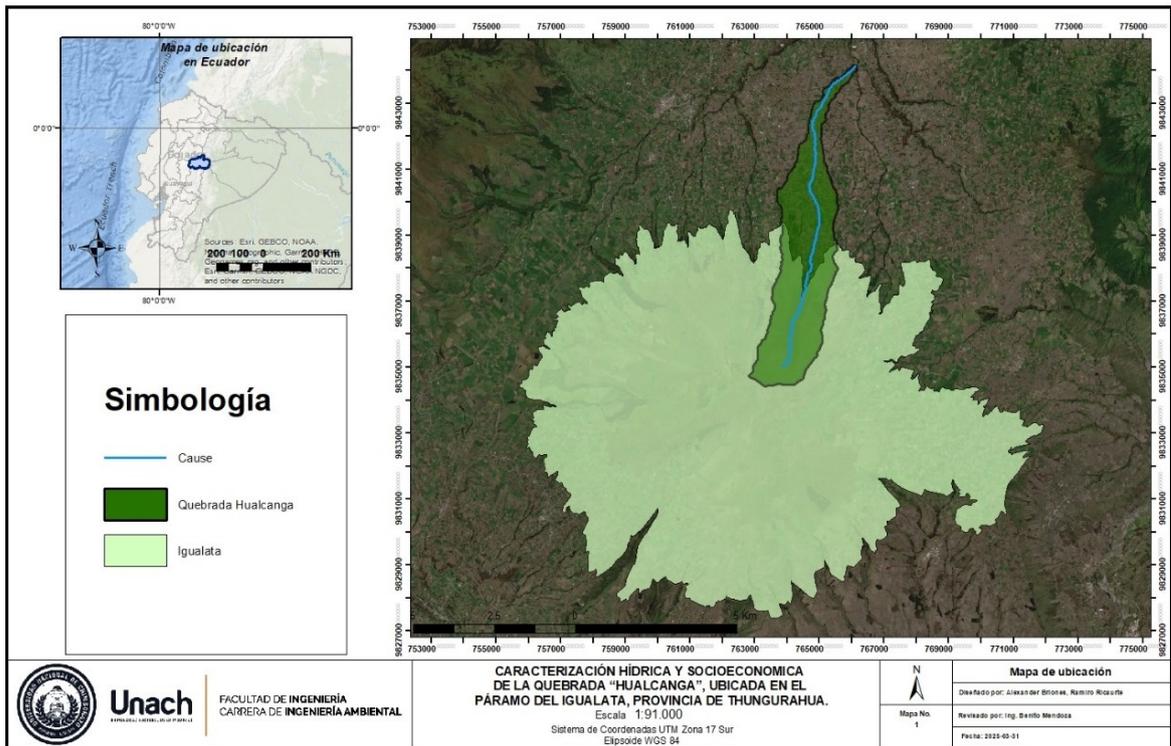
El diseño fue descriptivo, exploratorio, no experimental y transversal:

- **Descriptivo:** Caracterizó atributos físicos (caudal, cobertura vegetal) y socioeconómicos (prácticas productivas).
- **Exploratorio:** Permitió identificar relaciones entre la degradación ambiental y factores antrópicos, como la expansión agrícola.
- **No experimental:** Analizó variables sin manipulación, bajo condiciones naturales.
- **Transversal:** Los datos se recolectaron en un periodo específico (2023-2024), priorizando representatividad espacial.

3.3. Ubicación del área de estudio.

La quebrada “Hualcanga”, se encuentra en Ecuador, en la provincia de Tungurahua, cantón de Quero. Ésta limita al norte con el cantón Ceballos, al este con el cantón San Pedro de Pelileo, al oeste con el cantón Mocha y al sur con el cantón Guano, este último correspondiente a la provincia de Chimborazo. Posee un área de 7,6 km² con un punto máximo de altitud de 4.363 m s. n. m. y un punto mínimo de 3.346 m s. n. m.

Figura 1: Mapa de ubicación- Hualcanga.



Fuente: Autores.

3.4. Determinación de las características geomorfológicas e hidráulicas.

Se realizará en primera instancia la caracterización del área de estudio mediante el procesamiento espacial de los modelos de elevación del terreno con sistemas de información geográfica, así como por medio del análisis de la red hidrológica se determinará la delimitación de la quebrada “Hualcanga”.

3.4.1. Morfometría de la quebrada.

Los parámetros serán procesados mediante el uso de las siguientes herramientas geoespaciales dentro del software ArcGIS: análisis espacial, análisis espacial 3D, hidrología, pendientes, drenajes y calculadora de superficies, las ecuaciones que se encuentran especificadas en la Tabla 2 (Parámetros morfométricos de una cuenca).

Tabla 2: Parámetros morfométricos de una cuenca.

Parámetros de forma			
Nombre	Siglas	Unidades	Técnicas
Área	A	km ²	Herramientas SIG
Perímetro	P	Km	Herramientas SIG
Longitud media	Lc	Km	Herramientas SIG
Ancho medio	B	Km	A/Lc
Longitud del cauce principal	L	Km	Herramientas SIG
Parámetros de Relieve			
Nombre	Siglas	Unidades	Técnicas
Coefficiente de compacidad	Kc	-	$0,28 * (P/\sqrt{A})$
Factor de forma	Ff	Km	A/L^2
Relación de elongación	Re	-	$((1,128) * \sqrt{A}/Lc)$
Relación de circularidad	Rci	-	$4\pi A/P^2$
Parámetros de Drenaje			
Nombre	Siglas	Unidades	Técnicas
Cota máxima	H Máx	msnm	Herramientas SIG
Cota mínima	H MÍN	msnm	Herramientas SIG
Pendiente media de la cuenca	Pmc	%	
Orden de la red hídrica	Or	-	Herramientas SIG
Longitud de la red hídrica	Lt	Km	Herramientas SIG
Densidad de drenaje	Dd	Km ⁻¹	L/A
Densidad hidrográfica	Dh	Km ⁻¹	Nt/A
Pendiente media del cauce principal	Sm	%	$H_{máx} - H_{mín}/Lc$
Tiempo de Concentración	Tc	h	$0,283 * (Lc/Sm^{0,35})^{0,75}$

Fuente: (((Strahler, 1957)) (Horton, 1945)) citado por ((Gaspari et al., 2012)); ((Cerignoni & Rodríguez, 2015)).

3.5. Determinación de la calidad del agua.

3.5.1. Puntos de muestreo, transporte y almacenamiento de las muestras.

La selección de los puntos de muestreo de agua se llevará a cabo considerando criterios como la ubicación, accesibilidad y representatividad de la muestra. Estos puntos se elegirán en las partes alta, media y baja de la quebrada con el fin de determinar las variaciones en la calidad del agua a lo largo de su recorrido, desde su origen hasta su desembocadura.

Para la toma de muestras se empleará la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176:1998 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO., (1998). Se utilizará la técnica de muestreo puntual recomendada para la investigación de contaminantes y calidad del agua-

Luego de obtener la muestra se utilizará la (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:98 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS, 1998). Se seleccionarán los recipientes adecuados para el almacenamiento de las muestras, las cuales se colocarán en una hielera a 4°C con el respectivo etiquetado donde se ingresó su código de muestreo, coordenadas de recolección, fecha y hora con el fin de evitar confusiones o errores en su identificación.

3.5.2. Análisis del agua.

3.5.2.1. Análisis In-situ.

Se realizará un análisis de campo con ayuda del multiparámetro HANNA HI98194 que permitirá analizar las muestras de manera rápida.

Tabla 3: Parámetros analizados In-situ.

Parámetros	Unidades	Técnicas
Oxígeno Disuelto	% de saturación	Multiparámetro HANNA HI98194
Temperatura	°C	Multiparámetro HANNA HI98194
Sólidos Disueltos Totales	mg / L	Multiparámetro HANNA HI98194
Conductividad	S/cm	Multiparámetro HANNA HI98194
Potencial de Hidrógeno	adimensional	Multiparámetro HANNA HI98194

Fuente: Autores.

3.5.2.2. Análisis en el laboratorio.

Estos parámetros se analizarán en el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH por medio de los siguientes métodos:

Tabla 4: Parámetros de laboratorio.

Parámetros	Unidades	Método
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9211
DBO ₅	mg/L	STANDARD METHODS 5210 B
NITRATOS	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NO ₃ - E
FOSFATOS	mg/L	STANDARD METHODS 4500 – P - E
TURBIDEZ	NTU	STANDARD METHODS 2130 B

Fuente: (APHA et al., 1989).

3.5.3. Índice de calidad del agua (ICA NFT).

Con los resultados de los diferentes parámetros aplicaremos la metodología para determinar el ICA, el cual adopta un valor máximo de 100 para condiciones óptimas, que disminuye con el aumento de la contaminación en el agua. El ICA-NSF se calcula a partir de la medición de nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con pesos relativos asignados según su importancia ambiental.

Tabla 5: Pesos relativos para parámetros del “ICA”.

Parámetro indicador de calidad del agua	Unidades	Peso relativo (<i>W_i</i>)
Oxígeno disuelto (OD)	% de saturación	0,17
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	0,15
pH	u.a.	0,12
DBO ₅	mg / L	0,10
Nitratos (NO ₃)	mg / L (N)	0,10
Fosfatos totales (PO ₄)	mg / L (P)	0,10
Variación de Temperatura	°C ³	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg / L	0,08

Fuente: (Brown et al., 1970).

Para determinar el índice de calidad del agua (ICA-NSF) usamos la formula:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * W_i) \quad (Ec. 1)$$

Dónde:

- **ICA:** índice de calidad de agua.
- **Wi:** El peso relativo asignado a cada variable o parámetro (*Sub i*), este
- peso está ponderado entre 0 hasta 1 de tal manera que su sumatoria resulte igual a 1.
- **Sub i:** Subíndices de la variable o parámetro *i*.

Después de calcular el "ICA-NSF", se determinará la calidad del recurso hídrico utilizando los valores numéricos definidos por la National Sanitation Foundation (NSF) para (ICA):

Tabla 6: Clasificación del "ICA" propuesto por Brown.

Clase	Clasificación de calidad	Rango de valores	Comentario
5	Excelente	$91 < ICA \leq 100$	El nivel de biodiversidad acuática es alto. Apto para todo tipo de contacto directo y apto para uso únicamente después de la limpieza.
4	Buena	$71 < ICA \leq 90$	La calidad del agua está empezando a cambiar seriamente debido a la degradación ambiental y al contacto con los desechos domésticos y agrícolas.
3	Media	$51 < ICA \leq 70$	Contaminación leve, menor biodiversidad acuática y mayor crecimiento de algas. El agua se puede utilizar para recreación y riego de cultivos.
2	Mala	$26 < ICA \leq 50$	Se reduce la biodiversidad acuática debido a problemas de contaminación. Colonización de ecosistemas por grupos que resisten la contaminación.
1	Muy mala	$0 \leq ICA \leq 25$	Tiene vida acuática limitada o casi nula, los problemas de contaminación son graves y cualquier forma de consumo es peligrosa.

Fuente: (Brown et al., 1970).

3.6. Caracterización socioeconómica de la quebrada.

Para realizar una caracterización socioeconómica de la quebrada "Hualcanga", se utilizarán tanto fuentes secundarias como técnicas de recopilación de datos primarios. Las fuentes secundarias incluyen censos, encuestas anteriores, estadísticas oficiales y estudios previos, que proporcionan un contexto general y territorial. En ausencia de información secundaria específica, se emplearán técnicas como entrevistas a informantes calificados y encuestas directas. Estas técnicas complementarán la información disponible, permitiendo una evaluación socioeconómica integral que abarque todos los aspectos relevantes de la cuenca hidrográfica de la quebrada "Hualcanga". (World Vision, 2014).

3.6.1. Reuniones divulgativas.

Para iniciar las actividades será conveniente llevar a cabo una taller inicial con los integrantes de la comunidad Nueva Vida, con los técnicos del Frente Sur Occidental y CONDESAN con el propósito de explicar la naturaleza, objetivos y alcances de la investigación ya que es fundamental los actores analicen la necesidad de elaborar una línea base que exprese la situación de partida, integrando los aspectos de manejo y gestión de la microcuenca, ya que eso les permitirá conocer cómo se producen los cambios e impactos a favor tanto del manejo como de la gestión, o cómo influye la gestión en el manejo (Rascón, 2007).

3.6.2. Indicadores biofísicos y socioeconómicos.

Las características biofísicas se desarrollarán de acuerdo con las metodologías que se explican más adelante en este documento, en cuanto a lo que tiene que ver con las características socioeconómicas se tomará en cuenta como punto de partida del (Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2023), además los PDOT's provinciales, cantonales y parroquiales, además de información que el Frente Sur Occidental tenga a disposición, una vez que se ha valorado la información secundaria se realizan talleres complementarios que permitan interactuar con los actores que se encuentran en la quebrada para obtener el resto de información que se considere necesaria para complementar el objetivo del trabajo.

3.6.3. Métodos para obtener indicadores:

Indicadores socioeconómicos

La información del estudio socioeconómico y cultural se realizará en 3 fases de las cuales se describen a continuación:

- **Fase 1. Gabinete:** Se revisará fuentes bibliográficas, donde en las que se obtendrán información preexistente como bases de datos con información social y económica, datos históricos, etc.
- **Fase 2 Campo:** se realizará la aplicación de la ficha socioeconómica. Aplicación de encuestas, organizacionales y comunales con un muestreo por conveniencia y semiestructuradas con actores locales clave (aquí los métodos de investigación participativa y las propuestas de diagnóstico rural rápido pueden ser de gran utilidad).
- **Fase 3. Análisis e interpretación de los resultados:** se evaluará todas las encuestas obtenidas dentro de la fase de campo, realizando un análisis individual en la comunidad y un análisis general de toda información obtenida (World Vision, 2014). Además, se realizará análisis FODA y de priorización de problemas encontrados en la quebrada para el desarrollo de alternativas de gestión.

3.6.4. Análisis FODA

Para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que afectan la gestión hídrica y socioeconómica de la quebrada Hualcanga, se realizó un análisis sistemático fundamentado en la normatividad vigente, incluyendo la Constitución Política del Ecuador y la legislación ambiental aplicable. Este marco jurídico permitió sustentar los programas internos de gestión y evaluar la necesidad de ajustes para responder a las demandas sociales, económicas, políticas y culturales en un contexto de sostenibilidad y globalización (INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2002).

3.6.4.1. Análisis del Medio Ambiente Externo (Oportunidades y Amenazas)

En el análisis del entorno externo, se consideraron las amenazas como posibles obstáculos y desafíos que podrían afectar negativamente el bienestar socioeconómico y ambiental de la comunidad de la quebrada Hualcanga. Entre estas amenazas se evaluaron factores como el cambio climático, la expansión agrícola no regulada y la presión sobre los recursos hídricos.

Por otro lado, se identificaron las oportunidades como aquellas condiciones externas favorables que pueden ser aprovechadas para promover el desarrollo sostenible de la comunidad. Estas incluyen el apoyo de instituciones públicas y organizaciones no gubernamentales, programas de conservación ambiental y la potencial diversificación económica a través del ecoturismo y actividades relacionadas.

3.6.4.2. Análisis del Medio Ambiente Interno (Fortalezas y Debilidades)

Dentro del entorno interno, se analizaron las fortalezas, entendidas como los aspectos positivos, ventajas competitivas y recursos con los que cuenta la comunidad y el ecosistema

de la quebrada Hualcanga. Entre ellas destacan la organización comunitaria en torno al manejo del agua, la existencia de infraestructura básica para la captación y distribución del recurso hídrico, y el interés colectivo por mejorar la calidad del agua.

Asimismo, se identificaron las debilidades, que corresponden a las limitaciones y áreas de mejora presentes, tales como el déficit en el mantenimiento de la infraestructura, la contaminación derivada de actividades agropecuarias y la deforestación en las partes altas de la cuenca, que afectan la disponibilidad y calidad del agua.

3.6.5. Análisis de la Información

A partir del análisis realizado, se elaboraron listas estructuradas de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que inciden directamente en la comunidad de la quebrada Hualcanga. Estas listas consideraron los factores internos y externos previamente mencionados, así como aspectos específicos relacionados con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico y las condiciones socioeconómicas locales.

3.6.6. Elaboración de la Matriz FODA

Con las listas de factores FODA definidas, se procedió a organizar la información en una matriz 2x2 (Tabla 7). En esta matriz, las fortalezas y debilidades se ubicaron en la primera fila, representando los factores internos, mientras que las oportunidades y amenazas se colocaron en la segunda fila, correspondiendo a los factores externos (Talancón & Tomás, 2007).

Posteriormente, se realizó un análisis detallado para determinar cómo cada factor afecta a los demás, priorizando aquellos que tienen mayor relevancia para el estudio y la gestión de la quebrada. Este proceso permitió enfocar la investigación en los aspectos más críticos y estratégicos (Talancón & Tomás, 2007).

3.6.7. Formulación de Estrategias FODA

La matriz FODA facilitó la definición de cuatro tipos de estrategias que guían la planificación y gestión del recurso hídrico y el desarrollo socioeconómico en la quebrada Hualcanga, basadas en la interacción de los factores internos y externos (INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2002):

- Estrategia FO (Maxi-Maxi): Aprovechar las fortalezas internas para capturar las oportunidades externas.
- Estrategia FA (Maxi-Mini): Utilizar las fortalezas para minimizar el impacto de las amenazas.

- Estrategia DO (Mini-Maxi): Identificar oportunidades que permitan superar las debilidades y convertirlas en fortalezas.
- Estrategia DA (Mini-Mini): Desarrollar acciones para evitar que las debilidades se agraven por la influencia de las amenazas.

Tabla 7: Matriz FODA.

Factores Internos	Lista de Fortalezas	Lista de Debilidades
Factores Externos	F1	D1
	F2	D2

	Fn.	Dr.
Lista de Oportunidades	FO (Maxi-Maxi)	DO (Mini Maxi)
O1	Estrategias para	Estrategias para
O2	maximizar tanto las F	minimizar las D y
...	como las O.	maximizar las O.
Op.		
Lista de Amenazas	FA (Maxi-Mini)	DA (Mini-Mini)
A1	Estrategias para	Estrategias para
A2	maximizar las F y	minimizar tanto las A
...	minimizar las A.	como las A.
Aq.		

Fuente: (INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2002)

3.6.8. Implementación y Seguimiento

Para asegurar la efectividad de las estrategias derivadas del análisis FODA, se diseñaron planes de acción concretos que incluyen la asignación de responsables, recursos necesarios y plazos definidos para cada actividad de acuerdo con lo establecido por (Oliva et al., 2015). Además, se estableció un sistema de monitoreo y evaluación continua que permita medir el avance y los resultados, facilitando la realización de ajustes oportunos para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Esta metodología garantiza un análisis integral y contextualizado de los factores que afectan la quebrada Hualcanga, permitiendo diseñar estrategias sostenibles y adaptadas a las necesidades reales de la comunidad y el entorno natural.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características geomorfológicas de la quebrada “Hualcanga”.

La quebrada “Hualcanga” tiene un área de 7,6 km² y un perímetro de 15 km aproximadamente, lo que la clasifica como una cuenca pequeña. Su cauce principal tiene una longitud aproximada de 5,3 km.

El punto más alto se encuentra a 3.844 m s. n. m. y el más bajo a 3.320 m s. n. m. La forma es ovalada (índice de compacidad: 1,52), lo cual indica que el flujo de escorrentía generado por precipitaciones ocurre de forma gradual, minimizando el riesgo de represamientos.

El factor de forma es 0,05, es decir que la forma de la cuenca es muy poco achatada. La Pendiente media de la cuenca es 43,25% por lo cual es de un tipo de terreno escarpado (Anexo 1; Figura 4) La relación elongación tiene un valor de 1,35 se puede inferir que la quebrada es plana con porciones accidentadas con gran variedad de climas y geologías, además de contar con una amplia variedad de climas y geología. Además, la relación de circularidad de 0,43 nos indica que la quebrada no es circular y tiene una tendencia a ser rectangular alargada.

La red de drenaje está compuesta por 3 órdenes, donde la quebrada “Hualcanga” representa a uno de tercer orden (Anexo 1; Figura 5). La densidad de drenaje, con un valor de 0,23, indica que la microcuenca presenta baja complejidad y desarrollo del sistema de drenaje, que generalmente se asocia con áreas resistentes a la erosión, permeables y de bajo relieve.

Tabla 8: Características geomorfológicas de la quebrada “Hualcanga”.

Parámetros de forma			
Nombre	Siglas	Unidades	Valor
Área	A	km ²	7,6
Perímetro	P	Km	14,9
Longitud media	Lc	Km	6,3
Ancho medio	B	Km	1,4
Longitud del cauce principal	L	Km	5,2
Parámetros de Relieve			
Nombre	Siglas	Unidades	Valor

Coefficiente de compacidad	Kc	-	1,5
Factor de forma	Ff	Km	0,05
Relación de elongación	Re	-	1,3
Relación de circularidad	Rci	-	0,4

Parámetros de Drenaje

Nombre	Siglas	Unidades	Valor
Cota máxima	H Máx	msnm	3.844
Cota mínima	H Mín	msnm	3.320
Pendiente media de la cuenca	Pmc	%	43
Orden de la red hídrica	Or	-	3
Longitud de la red hídrica	Lt	Km	14,7
Densidad de drenaje	Dd	Km ⁻¹	1,9
Densidad hidrográfica	Dh	Km ⁻¹	1,99
Pendiente media del cauce principal	Sm	%	32
Tiempo de Concentración	Tc	H	0,41

Fuente: Autores.

La curva hipsométrica y frecuencia de altitudes (Figura 2) muestra que la quebrada con un perfil en etapa de juventud, en etapa de equilibrio con una curva tipo A (RH=0,32), donde la cuenca entra en una etapa de estabilización respecto a los procesos erosivos.

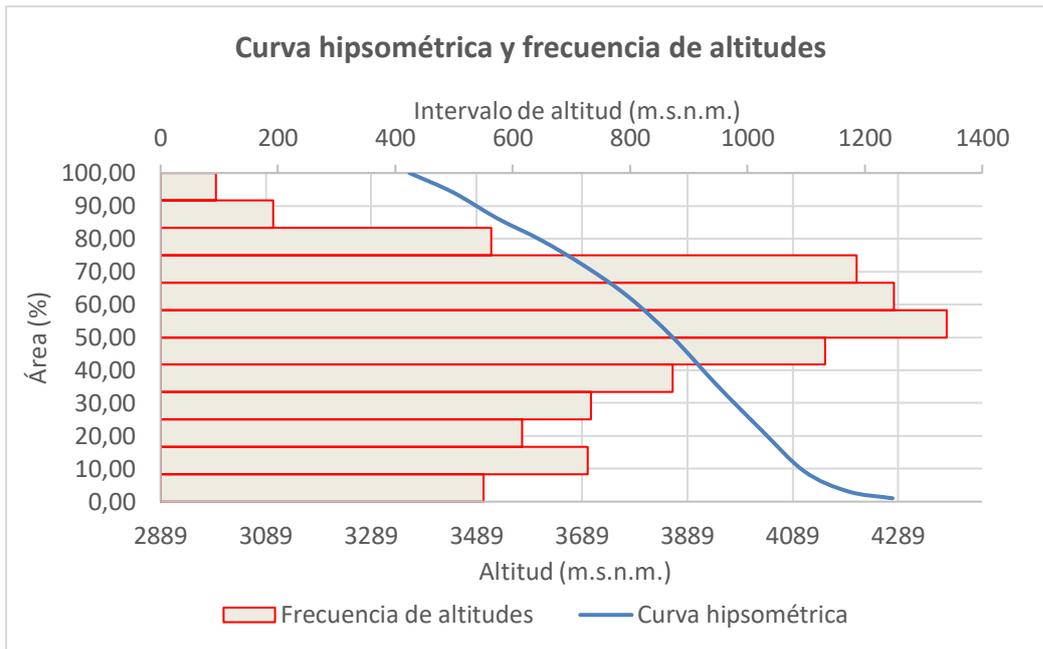
Tabla 9: Relación hipsométrica de la quebrada “Hualcanga”.

Parámetros de Drenaje			
Nombre	Siglas	Unidades	Valor
Relación hipsométrica	Rh	%	0,32

Fuente: Autores.

Este aspecto también se encuentra relacionado de alguna manera con el rango altitudinal ya que va desde los 3.320 hasta los 3.844 msnm, es decir parte de ella es de páramo.

Figura 2: Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente: Autores

4.2. Evaluación de la calidad del agua.

4.2.1. Puntos de muestreo.

Se tomo 4 puntos muestreo en la quebrada, la selección de estos puntos se basó en la variabilidad del uso del suelo y en la influencia de actividades antrópicas en la cuenca.

Tabla 10: Coordenadas de los puntos de muestreo tomados en la quebrada “Hualcanga”.

Muestra	X	Y	Altura (M.S.N.M)	Zona
P1	763844	9835021	3.916	Alta
P2	764103	9835724	3.818	Media
P3	764483	9837048	3.642	Media
P4	764854	9838784	3.442	Baja

Fuente: Autores

Tabla 11: Calificación y clasificación individual del ICA para las muestras de agua.

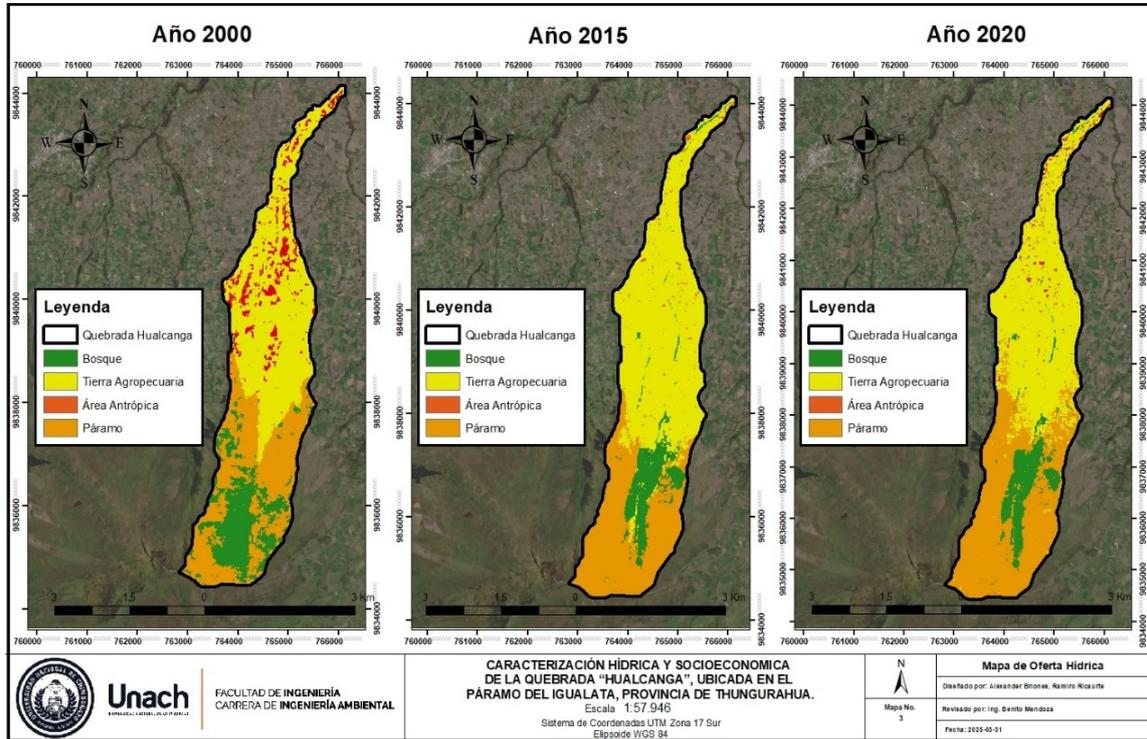
PUNTOS	X	Y	Caudal (l/seg)	DBO (mg/l)	OD %SAT	Coliformes Fecales (col/100ml)	Nitratos (mg/l)	pH	Dif Temp (°C)	Solidos Totales(mg/L)	Fosfatos (mg/l)	Turbidez (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	763844	9835021	0,77	12,6	73,24	1,2	0,43	7,6	0,74	0,28	0,17	42,02	78,7	BUENA
P2	764103	9835724	1,06	9,1	85,39	2	0,86	7,8	2,22	0,25	0,58	16,45	79,8	BUENA
P3	764483	9837048	2,22	9,9	84,89	0,2	0,83	7,8	2,66	0,10	0,27	13,92	82,4	BUENA
P4	764854	9838784	3,40	7,7	90,02	0	0,87	7,8	3,00	0,24	0,23	6,90	85,2	BUENA

Fuente: Autores

Se observa una mejora progresiva en la calidad desde el punto P1 hasta el P4, lo que sugiere un posible proceso de autodepuración natural del cuerpo de agua. El punto P1 presenta la mayor carga contaminante, con alta DBO y turbidez, mientras que P4 muestra los mejores indicadores, con mayor oxigenación y ausencia de coliformes fecales. En general, el agua presenta condiciones adecuadas para su uso.

4.2.3. Oferta Hídrica de la Quebrada Hualcanga

Figura 4: Mapa de oferta hídrica.



Fuente: Autores

Se realizó un análisis del caudal disponible en la quebrada en diferentes periodos:

Tabla 12: Caudal Ofertado unidad hidrográfica Hualcanga.

Año	Caudal Máximo (m ³ /s)	Caudal Ecológico (m ³ /s)	Caudal Autorizado (m ³ /s)	Caudal Ofertado (m ³ /s)
2000	0,28	0,02	0,0077	0,25
2015	0,49	0,04	0,0077	0,43
2020	0,36	0,03	0,0077	0,31

Fuente: Autores

La información muestra que el caudal máximo en la quebrada Hualcanga aumentó de 0,28 en el año 2000 a 0,49 en 2015, para luego disminuir a 0,36 en 2020, lo que indica una variabilidad en la disponibilidad de agua a lo largo del tiempo. Por su parte, el caudal ofertado siguió una tendencia similar al caudal máximo: creció de 0,25 en 2000 a 0,43 en 2015, y luego descendió a 0,31 en 2020. Esto refleja que la cantidad de agua disponible para uso de la población está directamente influenciada por la disponibilidad general del recurso

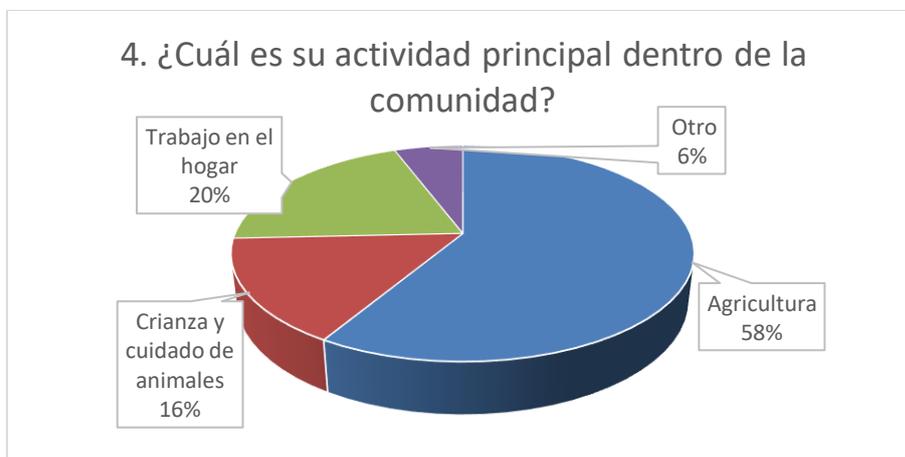
en la cuenca, lo cual podría estar relacionado con factores ambientales o cambios en el uso del suelo.

4.3. Caracterización socioeconómica de la quebrada “Hualcanga”.

Se realizó una encuesta de 18 preguntas a 70 personas de la comunidad Nueva Vida, los cuales dependen directa o indirectamente de la quebrada “Hualcanga” para realizar sus actividades diarias con el fin de conocer su relación con este recurso hídrico, se analizaron las preguntas directamente relacionadas con el recurso hídrico en la zona, como:

- **Pregunta 4: ¿Cuál es su actividad principal dentro de la comunidad?**

Figura 5: Porcentaje de respuestas de la pregunta 4.

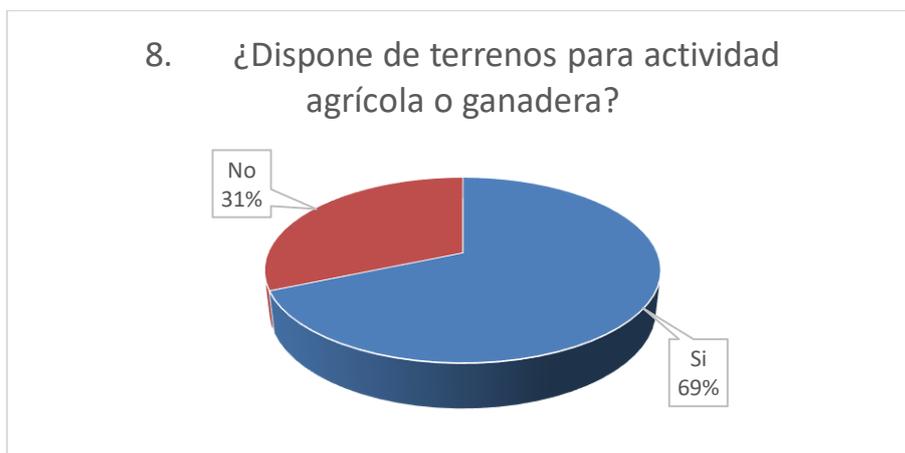


Fuente: Autores.

La agricultura es la actividad principal para el 58% de los encuestados, mientras que el 16% se dedica a la ganadería. El 20% reportó trabajo en el hogar y el 6% restante realiza otras actividades (comercio, oficios). Esto indica que la economía local depende en gran medida de los recursos naturales, especialmente del agua, lo que resalta la importancia de su conservación.

- **Pregunta 8: ¿Dispone de terrenos para actividad agrícola o ganadera?**

Figura 6: Porcentaje de respuestas de la pregunta 8.

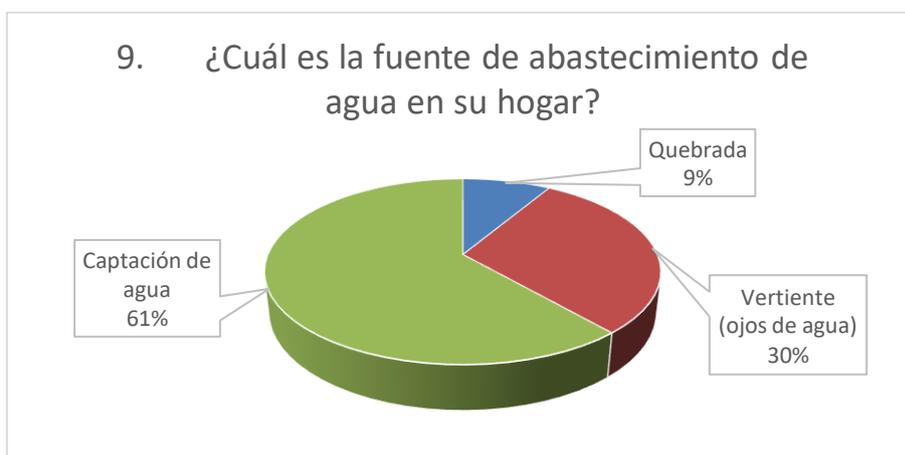


Fuente: Autores.

El 69% de las familias encuestadas tiene terrenos para agricultura o ganadería, mientras que el 31% no. Esto sugiere que, aunque la mayoría tiene acceso a recursos productivos, una parte significativa de la población enfrenta limitaciones para desarrollar actividades agropecuarias, lo que podría afectar su seguridad alimentaria e ingresos.

- **Pregunta 9: ¿Cuál es la fuente de abastecimiento de agua en su hogar?**

Figura 7: Porcentaje de respuestas de la pregunta 10.

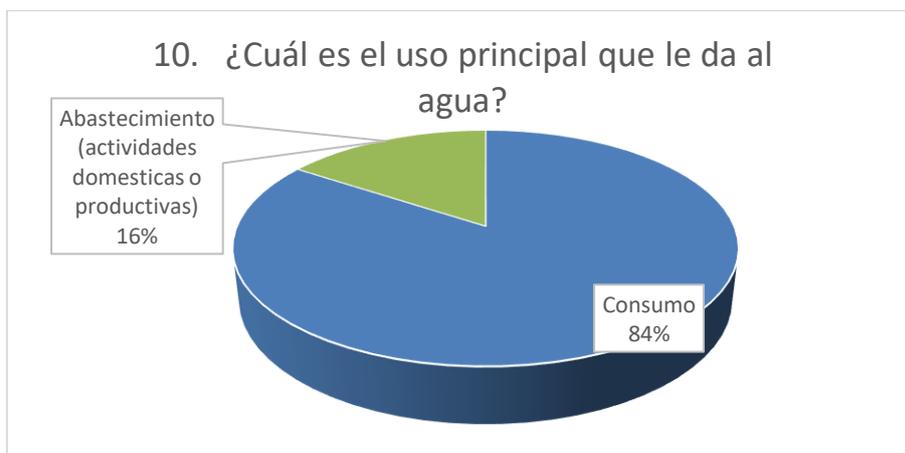


Fuente: Autores.

El 61% de los hogares utiliza captaciones de agua como fuente principal para consumo, riego y actividades domésticas, el 30% usa vertientes, y solo el 9% toma el agua directamente de la quebrada. Aunque la quebrada no es la fuente directa para la mayoría, el acceso al agua depende de sistemas alimentados por la misma cuenca, lo que destaca la importancia de su gestión integral.

- **Pregunta 10: ¿Cuál es el uso principal que le da al agua?**

Figura 8: Porcentaje de respuestas de la pregunta 10.

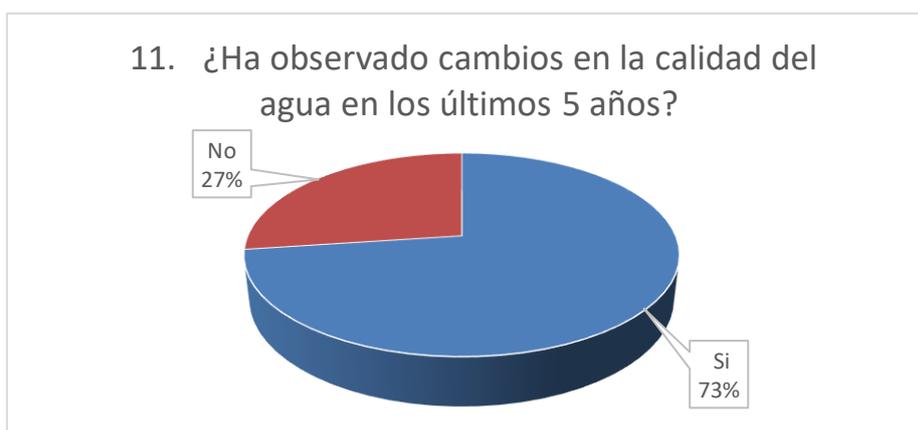


Fuente: Autores.

El 84% de los encuestados indicó que el consumo humano es el uso principal, seguido por el abastecimiento del hogar (16%). Esto sugiere que el acceso al agua para necesidades básicas es la prioridad para la comunidad, posiblemente debido a la disponibilidad limitada del recurso.

- **Pregunta 11: ¿Ha observado cambios en la calidad del agua en los últimos 5 años?**

Figura 9: Porcentaje de respuestas de la pregunta 11.

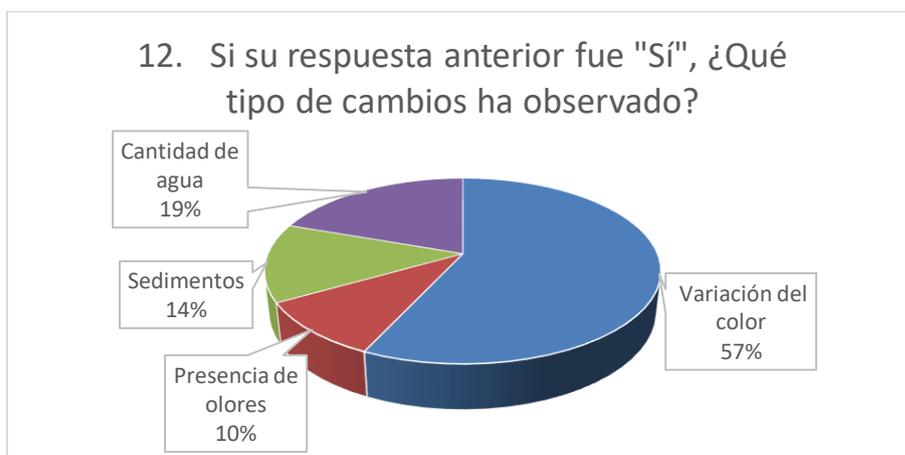


Fuente: Autores.

El 73% de los habitantes manifestó haber notado cambios negativos en la calidad del agua en los últimos cinco años, mientras que el 27% no percibió variaciones. Esta percepción indica una creciente preocupación sobre el estado del recurso hídrico, posiblemente relacionada con la intensificación agrícola y la deforestación.

- **Pregunta 12: ¿Si su respuesta anterior fue "Sí", ¿Qué tipo de cambios ha observado?**

Figura 10: Porcentaje de respuestas de la pregunta 12.

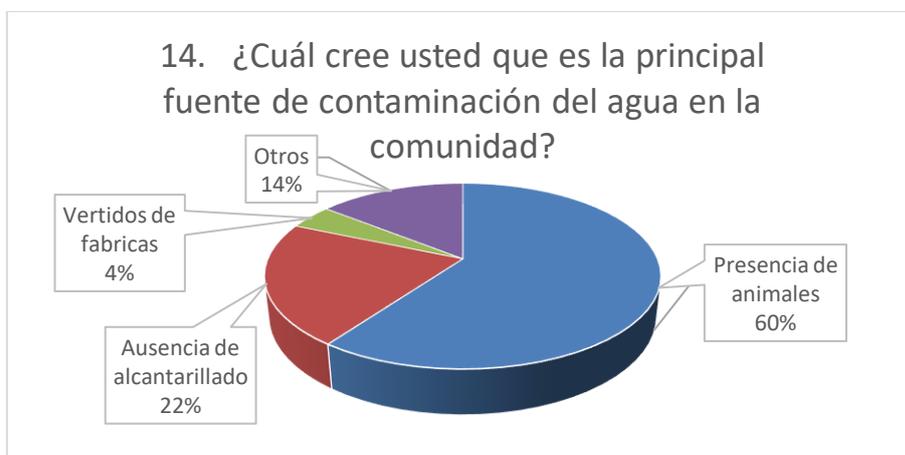


Fuente: Autores.

Entre quienes reportaron cambios, el 57% mencionó variación de color, el 14% detectó residuos sólidos, el 10% percibió alteraciones en el olor y el 19% evidenció una reducción en la cantidad de agua. Estos resultados sugieren que, además de posibles problemas de contaminación, la disponibilidad del agua está disminuyendo, lo que podría generar presión adicional sobre la comunidad y sus actividades productivas.

- **Pregunta 14: ¿Cuál cree usted que es la principal fuente de contaminación del agua en la comunidad?**

Figura 11: Porcentaje de respuestas de la pregunta 14.

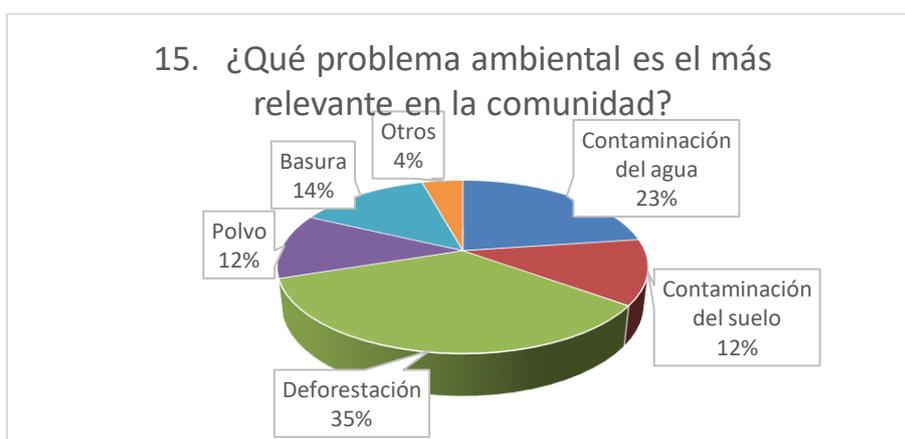


Fuente: Autores.

El 60% de los encuestados identificó la presencia de animales como la principal fuente de contaminación, el 22% señaló la falta de alcantarillado, el 14% atribuyó la contaminación a otros factores y el 4% a vertidos de fábricas. Este diagnóstico comunitario permite identificar los focos prioritarios para la intervención ambiental, destacando la necesidad de abordar la gestión de residuos animales y la expansión de la infraestructura de saneamiento básico.

- **Pregunta 15: ¿Qué problema ambiental es el más relevante en la comunidad?**

Figura 12: Porcentaje de respuestas de la pregunta 15.



Fuente: Autores.

La deforestación es señalada como el principal problema ambiental por el 35% de los encuestados, seguida de la contaminación del agua (23%), la acumulación de basura (14%), la presencia de polvo y la contaminación del suelo (10%), con un 4% que identifica otros problemas. Estos resultados reflejan la percepción colectiva sobre los desafíos ambientales de la zona, resaltando la necesidad de implementar acciones integrales que aborden la deforestación y sus consecuencias, al tiempo que se gestionan los problemas de contaminación del agua y el suelo, para asegurar la sostenibilidad de la quebrada Hualcanga.

4.3.1. Discusión

Los resultados de la encuesta revelan una fuerte conexión entre la comunidad Nueva Vida y la quebrada Hualcanga, siendo esta última un recurso vital para sus actividades económicas y su bienestar. La agricultura y la ganadería, pilares de la economía local, dependen directamente del agua de la quebrada, ya sea a través de captaciones, vertientes o, en menor medida, directamente de la quebrada.

La percepción mayoritaria de un deterioro en la calidad del agua en los últimos cinco años es un hallazgo preocupante. Los cambios observados, como la alteración del color, la presencia de residuos sólidos y la disminución en la cantidad de agua, sugieren la presencia de problemas de contaminación y una posible sobreexplotación del recurso. La comunidad identifica la presencia de animales como la principal fuente de contaminación, lo que podría estar relacionado con prácticas de manejo inadecuadas y la falta de infraestructura sanitaria.

Además de la contaminación del agua, la deforestación emerge como un problema ambiental prioritario para la comunidad. La pérdida de cobertura vegetal puede tener efectos negativos en la calidad y cantidad del agua, aumentando la erosión del suelo y disminuyendo la capacidad de retención hídrica. Esto, a su vez, puede agravar los problemas de contaminación y escasez de agua, generando un círculo vicioso que afecta la sostenibilidad de la quebrada Hualcanga y el bienestar de la comunidad Nueva Vida.

La gestión sostenible de la quebrada Hualcanga requiere un enfoque integral que aborde tanto los problemas de contaminación como la deforestación, promoviendo prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles, mejorando la infraestructura sanitaria y fomentando la conservación de los ecosistemas naturales.

4.4. Análisis FODA

4.4.1. Fortalezas (Factores Internos)

- F1: Conocimiento tradicional de la comunidad sobre el manejo del agua y el territorio.
- F2: Existencia de infraestructura básica para la captación y distribución del agua (tanques, redes).
- F3: Interés y disposición de la comunidad para participar en proyectos de conservación (evidenciado en las encuestas).

4.4.2. Debilidades (Factores Internos)

- D1: Limitaciones en la infraestructura existente que dificultan la distribución equitativa del agua.
- D2: Contaminación del agua por actividades agropecuarias (uso de agroquímicos, presencia de animales) y falta de sistemas de tratamiento.
- D3: Deforestación en zonas de recarga hídrica que afecta la disponibilidad y calidad del agua.
- D4: Falta de capacidades técnicas y recursos económicos para implementar proyectos de conservación a largo plazo.

4.4.3. Oportunidades (Factores Externos)

- O1: Disponibilidad de fondos y programas de apoyo gubernamentales y no gubernamentales para la gestión de recursos hídricos y conservación de páramos.
- O2: Posibilidad de establecer alianzas con instituciones académicas y de investigación para el desarrollo de proyectos y la capacitación de la comunidad.
- O3: Potencial para desarrollar actividades de ecoturismo que generen ingresos y promuevan la conservación del área.
- O4: Implementación de prácticas agroecológicas y sistemas de producción sostenible que reduzcan la contaminación del agua.

4.4.4. Amenazas (Factores Externos)

- A1: Impactos del cambio climático, como la reducción de las precipitaciones y el aumento de la temperatura, que afectan la disponibilidad de agua.
- A2: Expansión de la frontera agrícola y ganadera, que aumenta la presión sobre los recursos naturales y la contaminación del agua.
- A3: Falta de políticas públicas y marcos regulatorios claros que promuevan la gestión sostenible de los recursos hídricos.
- A4: Conflictos por el uso del agua entre diferentes actores (agricultores, ganaderos, comunidades vecinas).

4.5. Matriz FODA

Tabla 13: Resultados de la Matriz FODA.

Factores Externos / Factores Internos	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	FO (Maxi-Maxi): Aprovechar el conocimiento tradicional y la disposición de la comunidad (F1, F3) para acceder a fondos y programas de apoyo (O1) y desarrollar ecoturismo (O3).	DO (Mini-Maxi): Establecer alianzas con instituciones académicas (O2) para capacitar a la comunidad (D4) e implementar prácticas agroecológicas (O4) que reduzcan la contaminación (D2).
Amenazas	FA (Maxi-Mini):	DA (Mini-Mini):

	Utilizar el conocimiento tradicional (F1) para desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático (A1) y promover prácticas sostenibles que eviten la expansión agrícola (A2).	Gestionar los conflictos por el agua (A4) fortaleciendo la infraestructura (D1) y promoviendo políticas públicas claras (A3) que regulen el uso del agua y protejan los recursos naturales de la expansión agrícola (A2).
--	---	---

Fuente: Autores.

4.5.1. Estrategias Principales

- **FO:** Desarrollar un proyecto de ecoturismo comunitario que genere ingresos y promueva la conservación de la quebrada, aprovechando los fondos y programas de apoyo disponibles.
- **DO:** Implementar un programa de capacitación en prácticas agroecológicas y gestión sostenible del agua, en colaboración con instituciones académicas, para reducir la contaminación y mejorar la eficiencia en el uso del agua.
- **FA:** Diseñar e implementar un plan de adaptación al cambio climático basado en el conocimiento tradicional de la comunidad, que incluya medidas para la conservación del agua, la reforestación y el manejo sostenible de los pastizales.
- **DA:** Establecer un acuerdo de gestión del agua entre los diferentes usuarios de la quebrada, con el apoyo de las autoridades locales y la participación de la comunidad, que establezca reglas claras para el uso del agua y la protección de los recursos naturales.

4.5.2 Implementación y Seguimiento

- Elaborar planes de trabajo detallados con metas, actividades, responsables y plazos definidos para cada estrategia.
- Establecer indicadores de seguimiento para evaluar el progreso de las estrategias y realizar ajustes según sea necesario.
- Realizar monitoreos periódicos de la calidad y cantidad del agua, así como del estado de los ecosistemas de la quebrada.
- Promover la participación de la comunidad en todas las etapas del proceso, desde la planificación hasta la evaluación.

- Establecer alianzas estratégicas con instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas para garantizar la sostenibilidad de las iniciativas.

4.5.3 Discusión

El análisis FODA revela que la gestión sostenible de la quebrada Hualcanga enfrenta tanto desafíos como oportunidades. La comunidad posee un valioso conocimiento tradicional y está dispuesta a participar en proyectos de conservación, lo que representa una fortaleza importante. Sin embargo, existen debilidades como la contaminación del agua y la falta de infraestructura adecuada que deben abordarse. Las oportunidades de acceder a fondos y programas de apoyo, así como de establecer alianzas con instituciones académicas, pueden ser aprovechadas para superar estas debilidades y fortalecer la gestión sostenible de la quebrada.

Es fundamental implementar estrategias que permitan adaptarse al cambio climático, promover prácticas agroecológicas, gestionar los conflictos por el agua y establecer acuerdos de uso sostenible de los recursos naturales. La participación de la comunidad y el establecimiento de alianzas estratégicas son clave para garantizar el éxito de estas estrategias y la sostenibilidad de la quebrada Hualcanga a largo plazo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Conclusión

El análisis integral de la quebrada Hualcanga, en el páramo del Igualata, provincia de Tungurahua, con una extensión de 7,6 km² y altitudes entre 3.346 y 4.363 m.s.n.m., permitió comprender la interacción entre las características geomorfológicas, la oferta hídrica, la calidad del agua y el contexto socioeconómico de la comunidad Nueva Vida. La delimitación precisa de la cuenca y el estudio mediante herramientas SIG como ArcGIS facilitaron la evaluación de parámetros morfométricos y la dinámica del recurso hídrico en este ecosistema de alta montaña.

Durante los muestreos realizados en cuatro puntos estratégicos a lo largo de cuatro meses, se identificó una oferta hídrica promedio de 0,33 L/s, suficiente para cubrir las demandas actuales de la comunidad, aunque susceptible a variaciones estacionales y a la presión de actividades agrícolas y ganaderas. La calidad del agua mostró una tendencia a la mejora respecto a años anteriores, situándose en rangos de “media” a “aceptable” según el índice ICA-NSF, aunque aún no cumple plenamente los estándares óptimos para consumo humano. Los principales factores que afectan la calidad son el incremento de la turbidez, sólidos disueltos y nutrientes, asociados al uso intensivo del suelo y la falta de tratamiento de aguas residuales.

La caracterización socioeconómica, basada en encuestas a 70 habitantes, evidenció que el 58% de la población depende de la agricultura, el 16% de la ganadería y el 84% utiliza el agua principalmente para consumo doméstico. El 73% percibe un deterioro en la calidad del agua en los últimos cinco años, lo que subraya la urgencia de fortalecer la gestión y conservación del recurso. El análisis FODA reveló fortalezas como el conocimiento tradicional y la participación comunitaria, oportunidades en la existencia de programas de apoyo, pero también debilidades como la contaminación y la insuficiente infraestructura, y amenazas vinculadas al cambio climático y la expansión agrícola.

En resumen, la quebrada Hualcanga es fundamental para el abastecimiento hídrico y el desarrollo socioeconómico de la comunidad Nueva Vida, pero enfrenta riesgos que requieren acciones integrales y coordinadas para garantizar su sostenibilidad.

5.2. Recomendación

A partir de los resultados de esta investigación, se propone un plan de acción integral para la gestión sostenible de la quebrada Hualcanga, que involucre a la comunidad Nueva Vida, las instituciones gubernamentales y la academia. Se recomienda continuar y fortalecer el programa de monitoreo de la calidad del agua, ampliando el número de puntos de muestreo y la frecuencia de los análisis, con el objetivo de alcanzar una calidad del agua que cumpla con los estándares ambientales establecidos. Asimismo, se sugiere implementar un plan de manejo integral de la cuenca, que incluya medidas para la conservación de los ecosistemas, la reducción de la contaminación del agua, la promoción de prácticas agroecológicas y el uso sostenible de los recursos naturales.

Es fundamental promover la participación de la comunidad Nueva Vida en la planificación, implementación y seguimiento del plan de manejo integral, a través de la creación de un comité de gestión del agua y la realización de talleres de capacitación y sensibilización. Se recomienda establecer alianzas estratégicas con instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y empresas privadas para movilizar recursos técnicos y financieros que permitan implementar las medidas de gestión propuestas.

BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWW, & WPCF. (1989). *Standard Methods* (Díaz de Santos, Ed.; 17th ed.). 1992.
- Armijos-González, R., & Vázquez Fernández, J. (2023). *Páramos donde nace la VIDA*.
<https://www.researchgate.net/publication/372103525>
- ATUK. (2022). *Estudio de Línea Base sobre la Seguridad Hídrica en Ecuador* | ATUK.
<https://atuk.com.ec/blog/linea-base-sobre-la-seguridad-hidrica/>
- Borrero García, C., & Husserl, J. (2020). *Metodología para determinación del índice de calidad del agua a partir de parámetros fáciles de medir en campo*.
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Delninger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). *A water quality index do-we dare?*
- Calvopiña Beltrán, J. A., & Satuquina, J. (2024). Comparación de la Calidad del Agua Subterránea y Superficial Mediante la Presencia de Metales Pesados en la Parroquia Juan Montalvo Cantón Latacunga Provincia Cotopaxi-Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 4374–4392.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13903
- Cárdenas, P. (2020). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUTANANGOZA MEDIANTE NÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y LA APLICACIÓN DEL ICANSF*.
- Cerignoni, F., & Rodrigues, V. (2015). Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales Análisis morfométrico de la microcuenca “C” núcleo Cunha, São Paulo, Brasil. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For*, 41, 355–366.
- Chamba, M., Massa, P., & Fries, A. (2019). *Presión demográfica sobre el agua: un análisis regional para Ecuador*. <https://www.redalyc.org/journal/3477/347766130008/html/>
- CONDESAN. (2021). *Proyecto Neutralidad de la Degradación de la Tierra Ecuador*.
<https://condesan.org/proyecto-neutralidad-de-la-degradacion-de-la-tierra-ecuador/>
- Escobar, J. (2024). *Análisis de valoración económica del recurso hídrico de la quebrada “La Zapata” en la parroquia La Victoria, cantón Santa Rosa*.
- Faustino, J., García, S., Rodas, F., Flores, V., Ayala, C., de Villalobos, A., Hernández, N., Eliseo Rosa, G., Paz, A., Recalde, A., Araica, R., Pérez, D., José Aparicio Julieta Quiroz, J., & Angel Girón Ing Carlos Gómez, J. (2004). *Manual de manejo de cuencas* (Visión mundial El Salvador, Ed.; 2nd ed.).

- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, I., & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *7mo Congreso de Medio Ambiente*, 1–25.
- Horton, R. (1945). *Erosion al development of streams and their drainage basins: hydrographical approach to quantitative morphology* (G. S. of A. Bulletin, Ed.; 56th ed.).
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:98 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. (1998).
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2176:1998 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. (1998).
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. (2002). *METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS FODA*.
- López, W. (2014). *ANÁLISIS DEL MANEJO DE CUENCAS COMO HERRAMIENTA PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES*. <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545055001.pdf>
- Maderey, L. E., & Román, A. J. (2005). *Principios de Hidrogeografía. Estudio del Ciclo Hidrológico*.
- Martín, L., Rivera, J., & Castizo, R. (2018). *CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. www.observatoriolarabida.com
- Mazón, M., Maita, J., & Aguirre, N. (2017). *Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*.
- Méndez, P., Arcos, J., & Cazorla, X. (2020). *Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona*.
- Oliva, R., Rivadeneira, G., & Villagra, A. (2015). *Matriz Foda Integrada*. 0–15. https://www.unpa.edu.ar/sites/default/files/pagina_adjuntos/ITA_FODA_Integrado_vf.pdf
- Rascón, A. (2007). *Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas en América Central*.
- REVISION DEL ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA REVISIÓN Y

ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA 0 INTRODUCCIÓN. (n.d.).

- Solís Sosa, B. (2023). *AGUAS SUBTERRÁNEAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*.
<http://www.iadb.org>
- Strahler, A. (1957). *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. (American G). 38.
- Talancón, H. P., & Tomás, U. S. (2007). Matrix SWOT: An alternative for diagnosing and determining intervention strategies in organizations. *Enseñanza E Investigación En Psicología* , 12(1), 113–130.
- Tipán, D. N. (2018). *ESTUDIO HIDRÁULICO DEL RÍO GUANO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTANCIA ENTRE RÍO-ACUÍFERO Y ZONAS DE INUNDACIÓN*.
- Valdiviezo, I., Lárraga, F., & Ramírez César. (2021). *Contaminación de Acuíferos y sus Efectos en el Agua Subterránea*.
https://www.researchgate.net/publication/371760623_Contaminacion_de_Acuiferos_y_sus_Efectos_en_el_Agua_Subterranea
- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas* (1era. Edición).
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308.
<https://doi.org/10.17843/RPMESP.2018.352.3719>
- World Vision, O. (2014). Dave Toycen Introduction. *Manual de Manejo de Cuencas*, 107.
- Yadira, S., Cruz, H., Fernando González Lovato, C., Bryan, M., Pozo, M., Javier, D., Franco, H., & Autor, *. (2022). *Estrategias de fortalecimiento basado en la matriz FODA. Caso de estudio de emprendimientos en la zona playera del cantón Salitre, Ecuador*.
<https://orcid.org/0000-0003-3150-9670>

ANEXOS

Anexo 1: Calificación y clasificación individual del ICA para las muestras de agua.

PUNTOS	FECHA	DBO (mg/l)	OD %SAT	C. Fecales (col/100ml)	NITRATOS (mg/l)	pH	Temp aire (°C)	Temp agua (°C)	Dif temp (°C)	Solidos Totales (mg/L)	FOSFATOS (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	26/9/2024	9	71,65	0	0,2	7,72	11,68	11	0,68	0,40	0,08	47	80,46	BUENA
P2		8	86,42	1	1,1	7,98	11,68	10,5	1,18	0,27	0,63	12,6	80,38	BUENA
P3		9,5	81,09	0	1,1	7,8	11,68	7,8	3,88	0,13	0,16	12,8	82,65	BUENA
P4		9	92,71	0	1,1	7,81	11,68	8	3,68	0,43	0,13	7,84	85,42	BUENA

PUNTOS	FECHA	DBO (mg/l)	OD %SAT	C. Fecales (col/100ml)	NITRATOS (mg/l)	pH	Temp aire (°C)	Temp agua (°C)	Dif temp (°C)	Solidos Totales (mg/L)	FOSFATOS (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	7/10/2024	12	74,92	3	0,9	7,61	12,01	10,3	1,71	0,27	0,17	67,5	76,16	BUENA
P2		10,5	90,65	0	0,6	7,78	12,01	8,4	3,61	0,37	0,19	24,9	82,52	BUENA
P3		9,5	94,65	0	1	7,81	12,01	9,6	2,41	0,03	0,19	15,6	84,53	BUENA
P4		10	96,22	0	1,1	7,5	12,01	9,3	2,71	0,33	0,2	7,69	85,68	BUENA

PUNTOS	FECHA	DBO (mg/l)	OD %SAT	C. Fecales (col/100ml)	NITRATOS (mg/l)	pH	Temp aire (°C)	Temp agua (°C)	Dif temp (°C)	Solidos Totales (mg/L)	FOSFATOS (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	23/10/2024	20,5	64,63	2	0,08	7,6	12,37	12	0,37	0,27	0,2	26	75,1	BUENA
P2		13	82,66	0	0,1	7,83	12,37	11,4	0,97	0,17	1,05	16,4	76,94	BUENA
P3		7	79,76	0	0,07	7,86	12,37	11,9	0,47	0,07	0,7	17,2	79,98	BUENA
P4		9,5	81,09	0	0,05	8,09	12,37	10,8	1,57	0,17	0,6	6,16	79,87	BUENA

PUNTOS	FECHA	DBO (mg/l)	OD %SAT	C. Fecales (col/100ml)	NITRATOS (mg/l)	pH	Temp aire (°C)	Temp agua (°C)	Dif temp (°C)	Solidos Totales (mg/L)	FOSFATOS (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	6/11/2024	10,5	76,13	0	0,5	7,7	11,69	11,4	0,29	0,20	0,25	27,6	80,97	BUENA
P2		8	83,63	0	1,4	7,88	11,69	9,1	2,59	0,27	0,07	11,9	84,37	BUENA
P3		10	84,84	0	1,2	7,83	11,69	9,1	2,59	0,23	0,16	10,1	83,75	BUENA
P4		8	90,05	0	1	7,98	11,69	8,9	2,79	0,07	0,14	5,93	85,57	BUENA

PUNTOS	FECHA	DBO (mg/l)	OD %SAT	C. Fecales (col/100ml)	NITRATOS (mg/l)	pH	Temp aire (°C)	Temp agua (°C)	Dif temp (°C)	Solidos Totales (mg/L)	FOSFATOS (mg/l)	TURBIDEZ (NTU)	ICA NFS	CALIFICACIÓN
P1	20/11/2024	11	78,91	1	0,5	7,6575	11,68	11	0,68	0,27	0,18	42,025	80,76	BUENA
P2		6	83,63	9	1,1	7,8675	11,68	8,9	2,78	0,20	1	16,45	74,76	BUENA

P3	13,5	84,12	1	0,8	7,825	11,68	7,7	3,98	0,03	0,18	13,925	81,2	BUENA
P4	2	90,05	0	1,1	7,845	11,68	7,4	4,28	0,20	0,09	6,905	89,63	BUENA

Fuente: Autores.

Anexo 2: Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga.

Tabla 14 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 1981-2000.

Años	Caudal Máximo	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal Ofertado
1981	0,323287671	0,032328767	0,0077	0,2833
1982	0,537808219	0,053780822	0,0077	0,4763
1983	0,514246575	0,051424658	0,0077	0,4551
1984	0,462295082	0,046229508	0,0077	0,4084
1985	0,484109589	0,048410959	0,0077	0,4280
1986	0,421643836	0,042164384	0,0077	0,3718
1987	0,525753425	0,052575342	0,0077	0,4655
1988	0,480601093	0,048060109	0,0077	0,4248
1989	0,483013699	0,04830137	0,0077	0,4270
1990	0,449589041	0,044958904	0,0077	0,3969
1991	0,437808219	0,043780822	0,0077	0,3863
1992	0,493989071	0,049398907	0,0077	0,4369
1993	0,554520548	0,055452055	0,0077	0,4914
1994	0,513972603	0,05139726	0,0077	0,4549
1995	0,415890411	0,041589041	0,0077	0,3666
1996	0,445355191	0,044535519	0,0077	0,3931
1997	0,601643836	0,060164384	0,0077	0,5338
1998	0,63260274	0,063260274	0,0077	0,5616
1999	0,540821918	0,054082192	0,0077	0,4790
2000	0,28715847	0,028715847	0,0077	0,2507
Total	0,480305562	0,048030556	0,0077	0,4245

Fuente: Autores

Anexo 3: Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga.

Tabla 15 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 2000-2010

Años	Caudal Máximo	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal Ofertado
2000	0,278688525	0,027868852	0,0077	0,2431
2001	0,337808219	0,033780822	0,0077	0,2963
2002	0,47890411	0,047890411	0,0077	0,4233
2003	0,464931507	0,046493151	0,0077	0,4107
2004	0,475136612	0,047513661	0,0077	0,4199
2005	0,162739726	0,016273973	0,0077	0,1388
2006	0,267945205	0,026794521	0,0077	0,2335
2007	0,279178082	0,027917808	0,0077	0,2436
2008	0,507377049	0,050737705	0,0077	0,4489
2009	0,34109589	0,034109589	0,0077	0,2993
2010	0,354520548	0,035452055	0,0077	0,3114
Total	0,358938679	0,035893868	0,0077	0,3153

Fuente: Autores

Anexo 4: Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga.

Tabla 16 Caudal ofertado unidad hidrográfica Gualcanga, periodo 2010-2020

Años	Caudal Máximo	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal Ofertado
2010	0,340821918	0,034082192	0,0077	0,2990
2011	0,454520548	0,045452055	0,0077	0,4014
2012	0,519945355	0,051994536	0,0077	0,4603
2013	0,499726027	0,049972603	0,0077	0,4421
2014	0,363561644	0,036356164	0,0077	0,3195
2015	0,490136986	0,049013699	0,0077	0,4334
2016	0,467486339	0,046748634	0,0077	0,4130
2017	0,550410959	0,055041096	0,0077	0,4877
2018	0,520547945	0,052054795	0,0077	0,4608
2019	0,466575342	0,046657534	0,0077	0,4122
2020	0,361202186	0,036120219	0,0077	0,3174
Total	0,457721386	0,045772139	0,0077	0,4042

Fuente: Autores

- a) Variación del color b) Presencia de olores c) Sedimentos d) Cantidad de agua

13. ¿Considera importante la calidad del agua para la salud comunitaria?

- a) Si b) No

14. Principal fuente de contaminación del agua en la comunidad:

- a) Presencia de animales b) Ausencia de alcantarillado c) Vertidos de fabricas d) Otros

15. Problema ambiental más relevante en la comunidad

- a) Contaminación del agua c) Deforestación e) Basura
b) Contaminación del suelo d) Polvo f) Otros

16. ¿En el último año se han producido incendios en los páramos cerca de su comunidad?

- a) Si b) No

17. ¿Cuál es la posible causa de esos incendios?

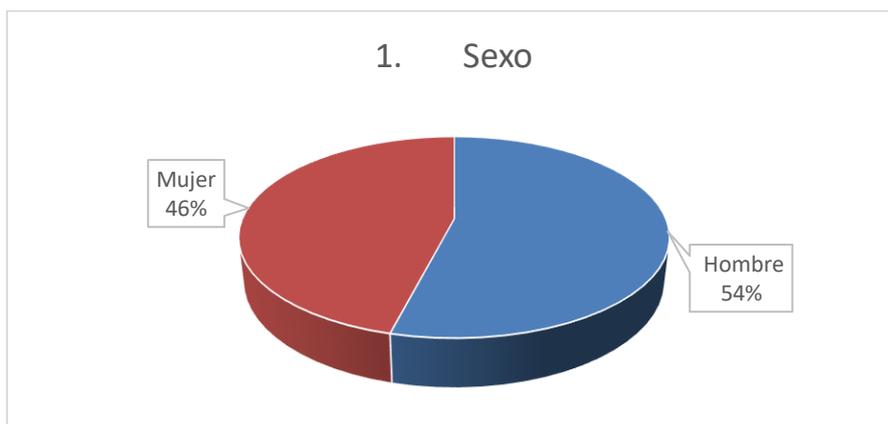
- a) De forma natural b) Causada por el hombre

18. ¿Está dispuesto a participar en iniciativas de conservación del agua?

- a) Si b) No

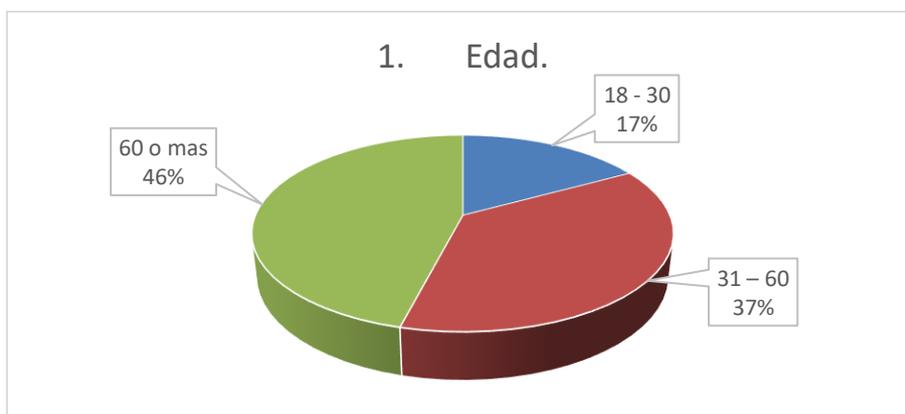
GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 6: Porcentaje de respuestas de la pregunta 1



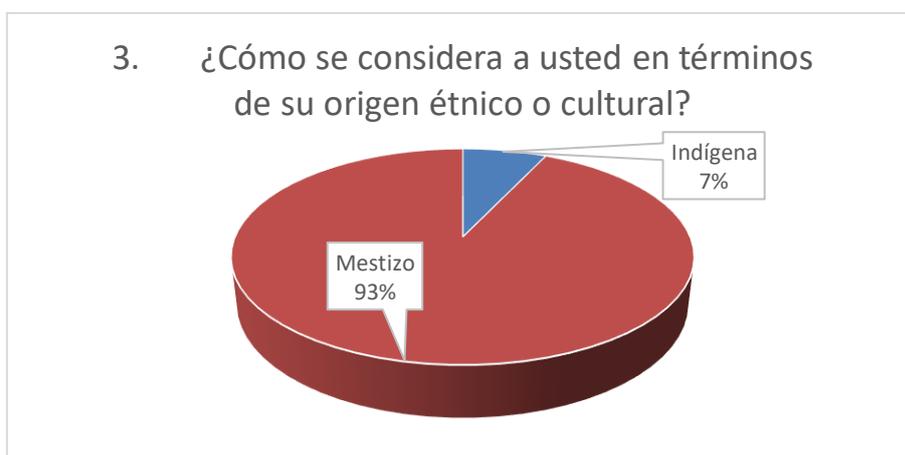
Fuente: Autores.

Anexo 7: Porcentaje de respuestas de la pregunta 2



Fuente: Autores.

Anexo 8: Porcentaje de respuestas de la pregunta 3



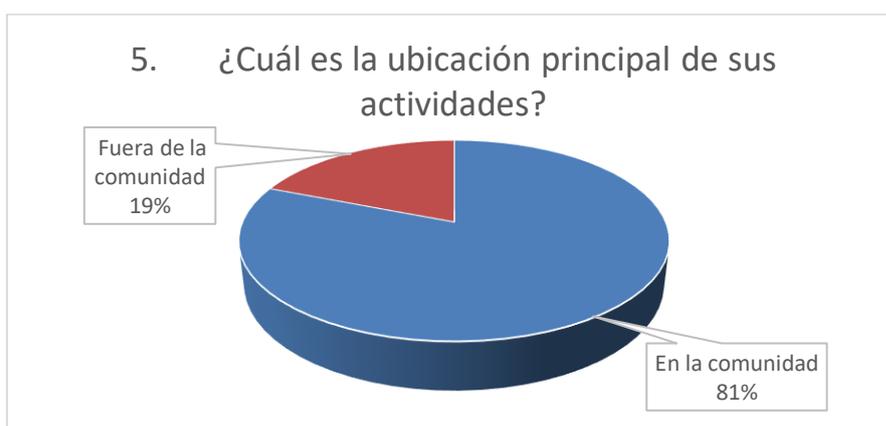
Fuente: Autores.

Anexo 9: Porcentaje de respuestas de la pregunta 4



Fuente: Autores.

Anexo 10: Porcentaje de respuestas de la pregunta 5



Fuente: Autores.

Anexo 11: Porcentaje de respuestas de la pregunta 6



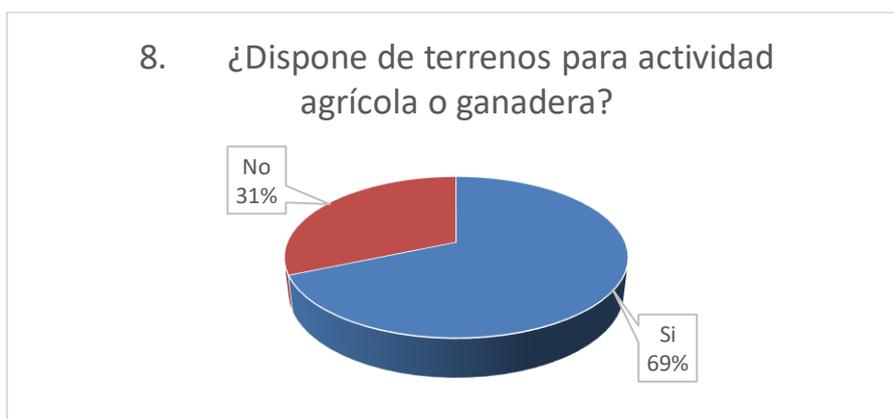
Fuente: Autores.

Anexo 12: Porcentaje de respuestas de la pregunta 7



Fuente: Autores.

Anexo 13: Porcentaje de respuestas de la pregunta 8



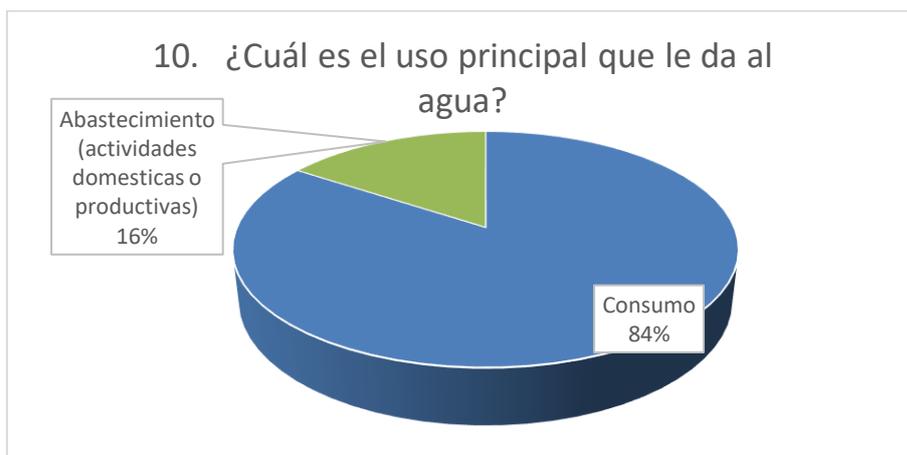
Fuente: Autores.

Anexo 14: Porcentaje de respuestas de la pregunta 9



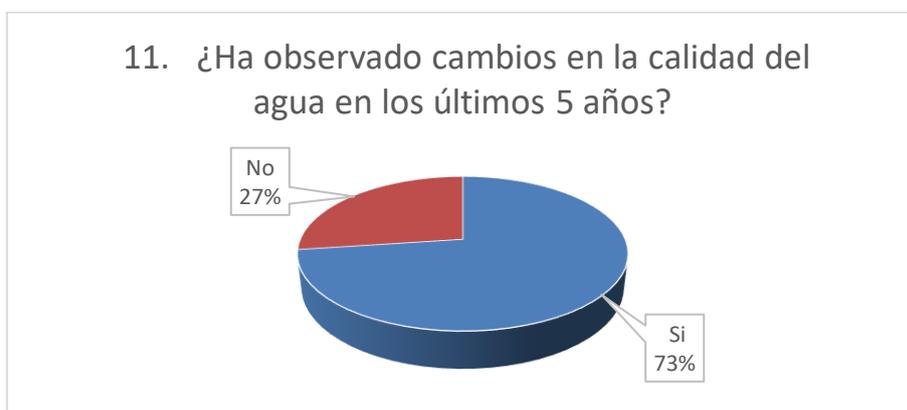
Fuente: Autores.

Anexo 15: Porcentaje de respuestas de la pregunta 10



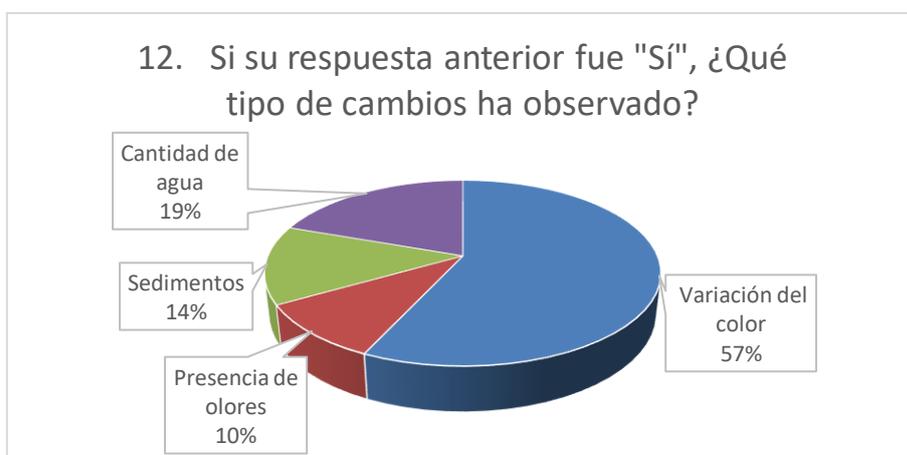
Fuente: Autores.

Anexo 16: Porcentaje de respuestas de la pregunta 11



Fuente: Autores.

Anexo 17: Porcentaje de respuestas de la pregunta 12



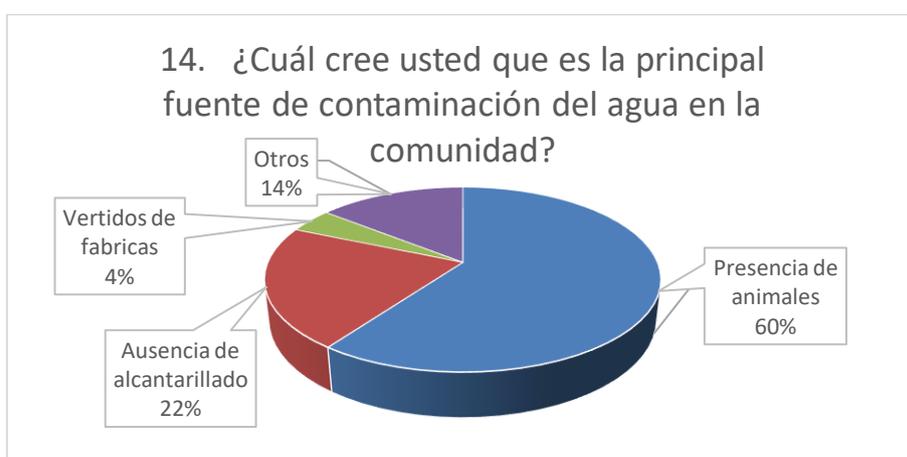
Fuente: Autores.

Anexo 18: Porcentaje de respuestas de la pregunta 13



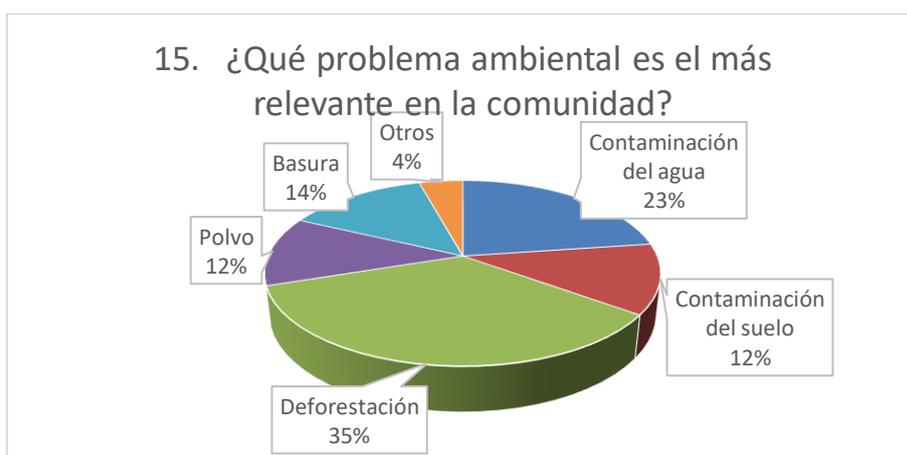
Fuente: Autores.

Anexo 19: Porcentaje de respuestas de la pregunta 14



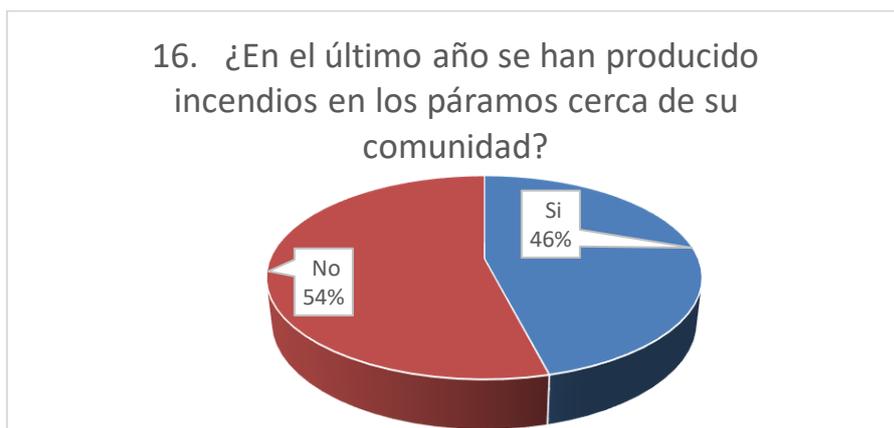
Fuente: Autores.

Anexo 20: Porcentaje de respuestas de la pregunta 15



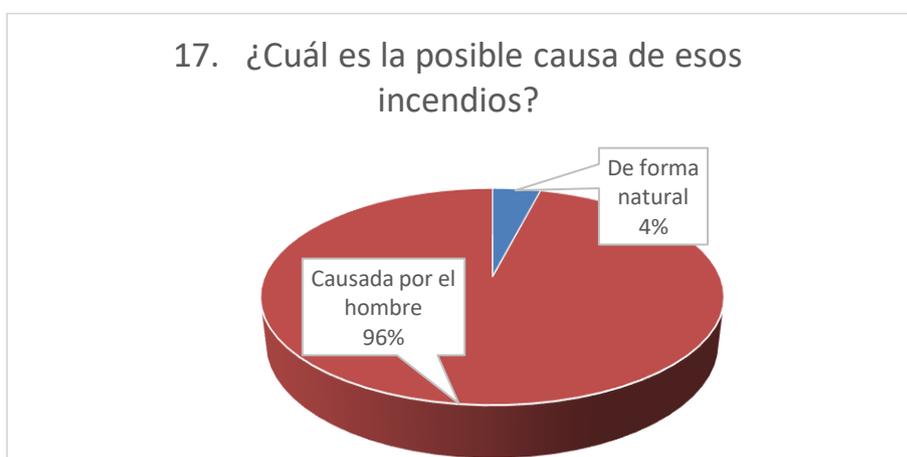
Fuente: Autores.

Anexo 21: Porcentaje de respuestas de la pregunta 16



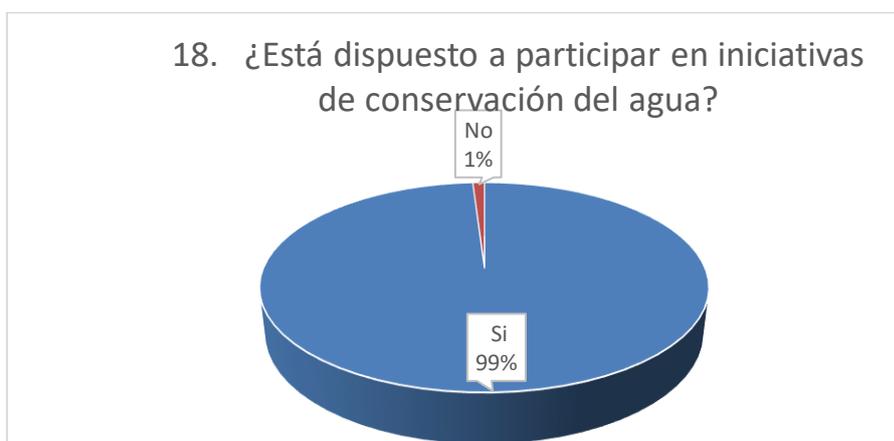
Fuente: Autores.

Anexo 22: Porcentaje de respuestas de la pregunta 17



Fuente: Autores.

Anexo 23: Porcentaje de respuestas de la pregunta 18



Fuente: Autores.

Anexo 24: Reunión con los dirigentes de la comunidad Nueva Vida.



Fuente: Autores.

Anexo 25: Toma de muestras de agua en la quebrada.



Fuente: Autores.

Anexo 26: Análisis de la muestra de agua in situ con el multiparámetro Multiparámetro HANNA HI98194.



Fuente: Autores.

Anexo 27: Análisis en el laboratorio de nitritos y fosfatos.



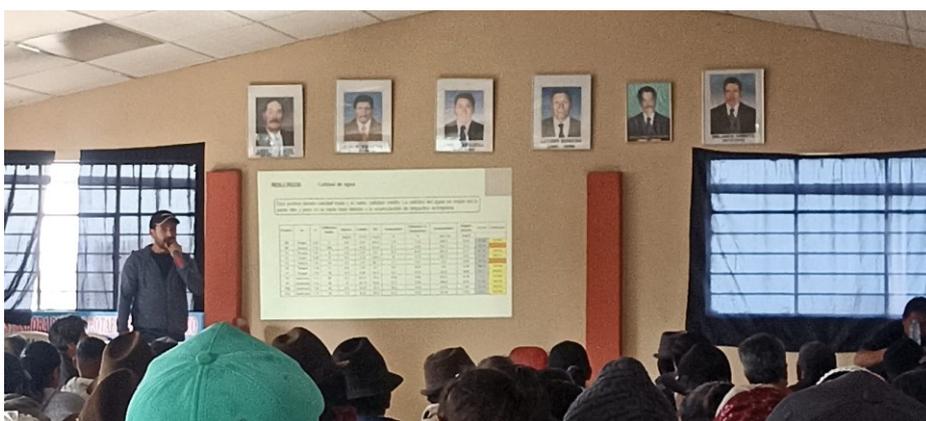
Fuente: Autores.

Anexo 28: Socialización del proyecto con la comunidad.



Fuente: Autores.

Anexo 29: Socialización del proyecto con la comunidad.



Fuente: Autores.