



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE
CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO
HUMANO EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORAS:

Carlosama Angamarca Karla Mishell

Granda Dávila Mishell Amparito

DIRECTOR:

Ing. Gabriel Jácome A. MSc.

Mayo, 2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN

Ibarra, 04 de mayo del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA”**, de autoría de las señoritas Granda Dávila Mishell Amparito y Carlosama Angamarca Karla Mishell estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que las autoras han procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencias realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Gabriel Jácome
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Oscar Rosales
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Santiago Cabrera
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Misión Institucional:
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA:	1004418263	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Karla Mishell Carlosama Angamarca	
DIRECCIÓN:	Ibarra – Imbabura	
EMAIL:	kmcarlosamaa@utn.edu.ec	
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	2 512 167	0997458086

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA:	1004402580	
NOMBRES Y APELLIDOS:	Granda Dávila Mishell Amparito	
DIRECCIÓN:	Ibarra – Imbabura	
EMAIL:	magrandad@utn.edu.ec	
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	S/N	0969443246

DATOS DE LA OBRA		
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA	
AUTORAS:	Carlosama Angamarca Karla Mishell Granda Dávila Mishell Amparito	
FECHA:	04 de mayo del 2022	
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Gabriel Jácome Aguirre MSc.

2. CONSTANCIAS

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de mayo de 2022

.....
Carlosama Angamarca Karla Mishell
CI: 1004418263

.....
Granda Dávila Mishell Amparito
CI: 1004402580

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la salud y vida para continuar con este proceso de investigación y mantenernos en pie hasta el final, gracias a nuestros padres por su apoyo incondicional en todo este arduo trabajo, que con su amor hemos logrado perseverar y alcanzar nuestro sueño de ser ingenieras.

Agradecemos al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua por abrirnos sus puertas a la investigación y permitirnos ayudar a toda la población.

Agradecemos al Ing. Gabriel Jácome quien impartió sus conocimientos, sabiduría y paciencia para lograr culminar este trabajo de investigación.

***Carlosama Angamarca Karla Mishell
Granda Dávila Mishell Amparito***

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres Carlos Carlosama y Carmen Angamarca quien, con todo su amor, me han enseñado a enfrentar cada adversidad e inculcado a ser una mejor persona y poder culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mis queridas amigas Mishell Granda, Belén Cabrera, Nathy Calderón, asimismo a Nathy Angamarca quienes han estado en todo momento siempre con su cariño y apoyo incondicional durante este trabajo de investigación.

Con mucho amor para Zoé Carolina quien es una personita que me llena de felicidad, que con su buena compañía ha logrado sacar lo mejor de mí.

Carlosama Angamarca Karla Mishell

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Cristian Granda y Amparito Dávila quienes me apoyaron en los momentos más difíciles y me ayudaron con los recursos necesarios para estudiar. De igual manera dedico a mis hermanos Jetsvanny Granda y Aleksí Granda por darme fuerzas y ánimos para seguir adelante a pesar de todo.

A Nicolás quien ha sido un apoyo incondicional de principio a fin, que con su paciencia, comprensión y sabiduría ha logrado sacar lo mejor de mí. A mi amiga y compañera de tesis Karla quien ha estado junto a mí en todo el transcurso de este trabajo de investigación, apoyándome y aconsejándome.

Granda Dávila Mishell Amparito

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.4 Preguntas directrices de la investigación	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Revisión de literatura	6
2.1.1 <i>Vertientes hídricas</i>	6
2.1.1.1 Vertientes hídricas superficiales	6
2.1.1.2 Vertientes hídricas subterráneas.....	6
2.1.2 <i>Aprovechamiento de vertientes hídricas</i>	7
2.1.2.1 Consumo humano	7
2.1.2.2 Agricultura	7
2.1.2.3 Ganadería	8
2.1.3 <i>Tipos de contaminación del agua</i>	8
2.1.3.1 Contaminación orgánica del agua	8
2.1.3.2 Contaminación inorgánica del agua	8
2.1.4 <i>Propiedades fisicoquímicas del agua</i>	9
2.1.4.1 Dureza total	9
2.1.4.2 Color.....	9
2.1.4.3 Turbidez	9
2.1.4.4 Sólidos disueltos totales	9
2.1.4.5 Potencial hidrógeno (pH)	10
2.1.4.6 Cloro libre residual.....	10
2.1.5 <i>Propiedades microbiológicas del agua</i>	10
2.1.6 <i>Estado de vertientes hídricas</i>	11

2.1.6.1 Escasez hídrica	11
2.1.6.2 Cantidad del agua	11
2.1.6.3 Calidad del agua	11
2.1.7 Problemas socioambientales	12
2.1.8 Estrategias de conservación, manejo y protección de vertientes de agua....	12
2.2. Marco legal.....	13
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	13
2.2.2 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	14
2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).....	14
2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	15
2.2.5 Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).....	15
2.2.6 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: 2020	16
2.2.7 Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano - Decreto Supremo N°031-2010-S. A.	16
2.2.8 Organización Mundial de la Salud	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	17
3.1 Descripción del área de estudio.....	17
3.1.1 Principales vertientes hídricas.....	18
3.2 Métodos.....	19
3.2.1 Determinación de la escasez hídrica de las vertientes que abastecen de agua para consumo humano a la parroquia de Angochagua.....	19
3.2.1.1 Clima	19
3.2.1.2 Vertientes hídricas.....	19
3.2.1.3 Oferta hídrica	20
3.2.1.4 Demanda hídrica	21
3.2.1.5 Escasez hídrica	21
3.2.1.6 Calidad de agua	22
3.2.1.7 Plantas potabilizadoras	27
3.2.1.8 Cobertura vegetal	27

3.2.2 <i>Identificación de los problemas que afectan el estado de conservación actual de las vertientes de agua</i>	27
3.2.3 <i>Estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes de agua</i>	31
3.3 <i>Materiales y equipos</i>	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1 <i>Determinación de la escasez hídrica</i>	33
4.1.1 <i>Clima</i>	33
4.1.2 <i>Vertientes hídricas</i>	34
4.1.3 <i>Oferta hídrica</i>	39
4.1.3.1 <i>Medición de caudales</i>	39
4.1.4 <i>Demanda hídrica</i>	40
4.1.5 <i>Escasez hídrica</i>	41
4.1.6 <i>Calidad de agua</i>	43
4.1.6.1 <i>Resultados del análisis de las vertientes hídricas punto inicial</i>	43
4.1.6.2 <i>Resultados del análisis del agua potable punto final</i>	51
4.1.7 <i>Plantas potabilizadoras</i>	58
4.1.7.1 <i>Angochagua</i>	58
4.1.7.2 <i>La Rinconada</i>	59
4.1.7.3 <i>Zuleta</i>	60
4.1.7.4 <i>La Magdalena</i>	61
4.1.7.5 <i>Cochas</i>	62
4.1.7.6 <i>Chilco</i>	63
4.1.8 <i>Cobertura vegetal</i>	64
4.1.8.1 <i>Inventario de flora</i>	66
4.2 <i>Identificación de los problemas que afectan el estado de conservación actual de las vertientes de agua</i>	69
4.2.2 <i>Taller de problemas socioambientales y mapa parlante</i>	73
4.2.3 <i>Análisis de las entrevistas realizadas a los operadores de las plantas potabilizadoras</i>	75
4.3 <i>Estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes de agua</i> ..	77
4.3.1 <i>Matriz FODA</i>	77

4.3.2 <i>Plan de acción de la matriz de stakeholders</i>	79
4.3.2.1 Estrategia 1. Programa de conciliación laboral entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras	79
4.3.2.2 Estrategia 2. Programa de buen manejo de vertientes hídricas	83
4.3.2.3 Estrategia 3. Programa de agricultura y ganadería sostenible.....	85
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1 Conclusiones	88
5.2 Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica de la parroquia rural de Angochagua WGS 1984 UTM, Zona 17 Sur	17
Tabla 2. Categorías del Índice de escasez para vertientes hídricas	22
Tabla 3. Parámetros analizados en laboratorio y criterios de calidad de vertientes hídricas para consumo humano	24
Tabla 4. Parámetros analizados en laboratorio y límites máximos permisibles del agua para consumo humano	25
Tabla 5. Clasificación del nivel de riesgo en la salud según el IRCA por muestra	26
Tabla 6. Materiales y equipos que se utilizaron en la investigación	32
Tabla 7. Vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua.....	35
Tabla 8. Caudales de las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua en época lluviosa y época seca.....	39
Tabla 9. Demanda hídrica de las comunidades de la parroquia de Angochagua .	41
Tabla 10. Escasez hídrica de las comunidades de la parroquia de Angochagua..	42
Tabla 11. Resultados del análisis de la calidad del agua de las vertientes hídricas punto inicial en la época lluviosa y época seca.....	44
Tabla 12. Resultados del análisis de la calidad del agua potable punto final en la época lluviosa y época seca.....	53
Tabla 13. Cobertura vegetal de la parroquia de Angochagua	65
Tabla 14. Flora de las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua.....	67
Tabla 15. Matriz de mapeo de los stakeholders	71
Tabla 16. Matriz FODA para la situación actual de las vertientes hídricas para consumo humano	78
Tabla 17. Programa de conciliación laboral entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras	81
Tabla 18. Programa de buen manejo de vertientes hídricas	84
Tabla 19. Programa de agricultura y ganadería sostenible.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la parroquia de Angochagua.....	18
Figura 2. Climograma de la estación EMAPA-I parroquia de Angochagua	33
Figura 3. Ubicación de las vertientes hídricas y plantas potabilizadoras de la parroquia de Angochagua	38
Figura 4. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua en la época lluviosa.....	56
Figura 5. Índice de Riesgo de la calidad del Agua en la época seca.....	57
Figura 6. Medias de los valores de IRCA de las comunidades de la parroquia de Angochagua por época.....	57
Figura 7. Planta potabilizadora de Angochagua	59
Figura 8. Planta potabilizadora de La Rinconada	60
Figura 9. Planta potabilizadora de Zuleta	61
Figura 10. Planta potabilizadora de La Magdalena.....	62
Figura 11. Planta potabilizadora de Cochas.....	63
Figura 12. Planta potabilizadora de Chilco	64
Figura 13. Cobertura vegetal de la parroquia de Angochagua.....	65
Figura 14. Taller sobre problemas socioambientales en el GAD Parroquial de Angochagua.....	73
Figura 15. Mapa parlante de la parroquia de Angochagua	74

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE
CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO
HUMANO EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA

Carlosama Angamarca Karla Mishell

Granda Dávila Mishell Amparito

RESUMEN

Las vertientes hídricas se ven afectadas por actividades antrópicas que realizan las comunidades como sustento para su vida diaria, en ese sentido, el presente estudio permitió conocer la cantidad y calidad del agua que se suministra a cada uno de los hogares de la parroquia de Angochagua. Además, se determinó la escasez hídrica mediante el análisis de oferta y demanda hídrica, se analizó la calidad del agua de las vertientes hídricas y del agua tratada en época lluviosa y seca. Los problemas que afectan el estado de conservación de las vertientes fueron identificados mediante la matriz de *stakeholders* y un taller de socialización, para posteriormente proponer estrategias de manejo, protección y conservación. Como resultados, se determinó que la comunidad La Magdalena tiene mayor índice de escasez hídrica con 83.94% en época seca. Asimismo, se comprobó la presencia de coliformes totales en época lluviosa y seca en las vertientes hídricas, y mediante el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA), se evidenció que el agua tratada de las comunidades de Zuleta, La Rinconada y Chilco no es apta para consumo humano. Con la matriz *stakeholders* se identificaron dos grupos de interés con mayor priorización, que son los representantes de las juntas de agua y las vertientes hídricas, de esta manera, se conocieron siete principales problemas que afectan el estado de conservación de las vertientes. Por lo cual, se propuso estrategias mediante tres programas que garanticen el manejo, protección y conservación de las fuentes de agua.

Palabras clave: Vertientes hídricas, Calidad del agua, Escasez hídrica, Problemas socioambientales, Índice de Riesgo de Calidad de Agua

ABSTRACT

The water sectors are affected by anthropic activities carried out by the communities as a basis for their daily life. The present study allowed to know the quantity and quality of the water that is supplied to each of the households of the parish of Angochagua. In addition, water scarcity was determined through the analysis of water supply and demand, the quality of the water in the water springs and the water treated in the rainy and dry season was analyzed. The problems that affect the conservation status of the slopes were identified through the stakeholders' matrix and a socialization workshop, to propose management, protection, and conservation strategies. As a result, it was determined that the La Magdalena community has a higher rate of water shortage with 83.94% in the dry season. Likewise, the presence of total coliforms in the rainy and dry season in the water slopes was verified, and through the Water Quality Risk Index (IRCA), it was evident that the treated water of the communities of Zuleta, La Rinconada and Chilco is not suitable for human consumption. With the stakeholder's approach, two interest groups with higher priority were identified, which are the representatives of the water boards and water sources. Seven main problems affecting the conservation status of the slopes were identified. Therefore, strategies were proposed through three programs that guarantee the management, protection, and conservation of water sources.

Key words: Water sources, Water quality, Water scarcity, Socio-environmental problems, Water Quality Risk Index

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes

Durante mucho tiempo el agua fue considerada un recurso natural renovable infinito que ha sido aprovechada de manera inadecuada por el ser humano, en los últimos años este recurso hídrico ha presenciado una mayor alteración por impactos antrópicos, convirtiendo al agua en un recurso natural renovable finito (Fernández, 2012). El crecimiento demográfico y desarrollo económico han afectado la cantidad y la calidad de las vertientes hídricas que abastece al ser humano, a su vez ocasiona la pérdida de la cobertura vegetal por la expansión de la frontera agrícola, afectando al ambiente y a la salud humana (Tognelli et al., 2016).

Las vertientes hídricas para las comunidades son importantes para el sostenimiento y ordenamiento territorial, debido a que las organizaciones comunitarias son distribuidas a través de una cuenca hidrográfica, el ser humano a más de realizar actividades domésticas y consumo directo de agua también efectúa actividades productivas y culturales, las mismas que han afectado de forma directa a las vertientes hídricas (Klinger, 2013). Según Global Water Partnership-South America (2000) el territorio ecuatoriano dispone de dos vertientes hídricas que se originan en la Cordillera de los Andes y drenan hacia el Océano Pacífico con un total de 24 cuencas hidrográficas que satisfacen las necesidades de las comunidades.

Bravo et al. (2016) señala que, la contaminación del recurso hídrico ha aumentado drásticamente en Ecuador por los impactos antrópicos que se generan, especialmente en las vertientes hídricas de abastecimiento para consumo humano. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) la población ecuatoriana consume 40% más agua que el promedio de la región, es decir, cada individuo gasta 249 litros de agua, superando los 100 litros recomendados, el consumo desmesurado de agua, la sobreexplotación de recursos naturales y la contaminación

de las vertientes hídricas ponen en peligro al líquido vital disponible para las futuras generaciones (Terneus y Yáñez, 2018).

Guanoquiza y Antúnez (2019) mencionan que, el análisis del agua abarca la calidad, cantidad y la distribución del recurso hídrico, estas han sido opciones específicas para interpretar lo que sucede con el agua en el Ecuador. Sin embargo, uno de los aspectos considerados aún como debilidad es la calidad del agua, debido a que es afectada por actividades y procesos que plantean la ausencia de políticas públicas y acciones estatales claras y efectivas (Guanoquiza y Antúnez, 2019). Gonzaga et al. (2017) la gestión del agua en Ecuador es exclusivamente pública y le corresponde a la autoridad ambiental administrar los servicios ambientales como la purificación, filtración y desintoxicación.

La microcuenca del río Tahuando es una de las más importantes dentro de la provincia de Imbabura, donde está incluida la parroquia rural Angochagua la cual consta de ocho vertientes hídricas que abastecen a seis comunidades como son: Angochagua, La Rinconada, Zuleta, Cochás, El Chilco y Magdalena que se encuentran afectadas por la falta de manejo y control (Sandoval, 2014). Del 100% de las vertientes hídricas que conforman la microcuenca del río Tahuando, el 33.33% abastecen al sector rural y el 50% se encuentran en una zona de vegetación arbustiva y herbácea, por lo que carecen de protección, siendo afectadas por la contaminación de origen animal (Cuasapud, 2017).

En la parroquia La Carolina, se evidenció que las vertientes hídricas no son aptas para consumo humano, debido a que los parámetros físicos, químicos y especialmente los microbiológicos como coliformes totales y *Escherichia coli* no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica INEN 1108, por lo tanto, la falta de protección de las vertientes hídricas afecta la calidad del agua en todo el sistema (Pozo y Benavides, 2015).

1.2 Problema de investigación y justificación

En la parroquia de Angochagua la conservación de las vertientes hídricas se ve afectada por actividades agrícolas y pecuarias que realizan las comunidades como sustento para su vida diaria, los principales problemas de la contaminación del agua son los residuos fecales que genera el ganado vacuno, estos han afectado al ambiente y al ser humano especialmente a la población infantil (Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural de Angochagua [PDOTA], 2020). En la actualidad la cantidad de fertilizantes que utilizan para la agricultura ha sido incrementada, alterando la calidad del agua (Sandoval, 2014).

Por otro lado, el tratamiento de potabilización del agua es inadecuado, debido a que las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras no tienen conocimiento suficiente acerca del uso de cloración para la obtención de agua apta para consumo humano, por tal razón algunas comunidades tienden a hervir el agua previo a su consumo (Sandoval, 2014). La contaminación de vertientes hídricas no se considera como puntual o localizada, ya que cada curso de agua pertenece a una red mucho más amplia desde arroyos hasta ríos, el crecimiento demográfico y el uso descontrolado de recursos naturales provoca un deterioro de las vertientes hídricas a causa de las actividades antrópicas de producción (Logroño, 2015).

El agua es un derecho humano garantizado por la constitución del Ecuador, sin embargo la parroquia de Angochagua presenta limitaciones para satisfacer el servicio de agua potable a toda la población, por lo que ha generado controversias en las distintas comunidades, ya que los habitantes han aumentado y el caudal de las vertientes hídricas ha disminuido, impidiendo el acceso al agua potable equitativo, además, la infraestructura de la red de distribución es inapropiada, permitiendo el acceso a conexiones clandestinas (PDOTA, 2020). El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua no cuenta con un equipo técnico que se encargue del monitoreo de la calidad y cantidad del agua, a su vez no presenta estudios acerca de la evaluación de la escasez hídrica y estado de conservación de las vertientes hídricas de la parroquia (Sandoval, 2014).

El presente estudio pretende conocer la cantidad y calidad del agua para consumo humano en la parroquia de Angochagua, mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico, a su vez determinar los caudales en la época seca y lluviosa. Además, identificar los principales problemas socioambientales que afecta la conservación de las vertientes hídricas, con la finalidad de proponer estrategias que permitan la protección, conservación y manejo adecuado del recurso hídrico. De esta manera, las actuales y futuras generaciones tengan acceso al agua potable limpia y segura.

Asimismo, esta investigación permitirá a los habitantes de las comunidades y el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua, tengan conocimiento sobre la calidad del agua que se suministra a cada uno de sus hogares, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020. Además, la presente investigación se contextualiza en el Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025, respaldando a la Directriz 2: Gestión del territorio para la transición ecológica, lineamiento F. Acciones para mitigar afectaciones al ambiente, F1. Promover la conservación de los caudales hídricos, con particular atención en aquellos sitios en que existe rivalidad entre el uso del agua para consumo humano, producción y generación hidroeléctrica. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2021, p.36).

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la escasez hídrica y el estado de conservación de las vertientes de agua de consumo humano en la parroquia rural de Angochagua para proponer estrategias de manejo, protección y conservación.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la escasez hídrica de las vertientes que abastecen de agua para consumo humano a la parroquia de Angochagua.
- Identificar los problemas que afectan el estado de conservación actual de las vertientes de agua.
- Proponer estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes de agua de la parroquia rural de Angochagua.

1.4 Preguntas directrices de la investigación

¿Cuál es el estado de conservación actual de las vertientes de agua de consumo humano en la parroquia rural de Angochagua?

¿Cuál es la oferta y demanda de las vertientes de agua que abastecen de consumo humano a la parroquia rural de Angochagua?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Vertientes hídricas

Las vertientes hídricas son el principal proveedor de agua para todos los seres vivos y se han convertido en un factor característico dentro de la identidad cultural las cuales han sido alteradas por actividades antrópicas como agricultura, ganadería, acumulación de residuos sólidos, entre otros (Pérez, 2011). Velázquez et al. (2011) señalan que los conflictos socio ambientales que generan impactos al recurso hídrico han causado repercusiones a las comunidades como enfermedades, escasez del agua y efectos adversos sobre el ambiente.

2.1.1.1 Vertientes hídricas superficiales

Las aguas superficiales están expuestas a mayor contaminación por diversos factores antrópicos, debido a que discurren libremente por la superficie terrestre, además, son un eje para el desarrollo del ser humano ya que permite el aprovisionamiento en distintas actividades ambientales, sociales y económicas (Irondo, 2016).

2.1.1.2 Vertientes hídricas subterráneas

Constituye el 30% de agua dulce disponible en el mundo, se encuentran en las profundidades de acuíferos, rocas permeables y sedimentos, sin embargo, la sobrepoblación y el incremento de actividades de agricultura, ganadería, doméstica e industrial han ocasionado una demanda de agua subterránea que aumenta constantemente junto con su contaminación (Damonte et al., 2016).

2.1.2 Aprovechamiento de vertientes hídricas

Las vertientes hídricas proporcionan un amplio espectro de servicios al ecosistema y sociedad, el suministro de agua dulce se diversifica en doméstico, agrícola e industrial y estas dependen mucho de los caudales que se producen y además regulan las cuencas hídricas (Gaspari et al., 2020).

2.1.2.1 Consumo humano

El deterioro de las vertientes hídricas a más de que afecta al ambiente también ha provocado riesgos a la salud humana, por este motivo la calidad de agua para consumo humano es un factor esencial, debido a que el agua potable que llega a la población debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas y nocivas para la salud, por ello es importante tener un adecuado tratamiento del agua para consumo humano y una conservación de las vertientes hídricas (Ríos et al., 2017).

2.1.2.2 Agricultura

El consumo de agua en la agricultura ha incrementado, debido a la mayor producción de alimentos que se requiere para cubrir las necesidades de la población, ocasionando un impacto ambiental negativo en el recurso hídrico, por el uso indiscriminado de productos agroquímicos que se infiltran en el suelo (Arámbula et al., 2017). En Ecuador la agricultura se efectúa en condiciones ineficientes, como el inadecuado manejo del agua de riego, siendo un proceso improvisado y sin planificación dentro de las juntas de agua, provocando la disminución del caudal y contaminación de aguas superficiales (Nieto et al., 2018).

2.1.2.3 Ganadería

El uso de agua en la ganadería aumenta junto con la competencia con otros usuarios y servicios ambientales, provocando la reducción del caudal e incrementando la contaminación del agua, debido a las heces y orina que son depositadas por el ganado en los cuerpos de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018, p.13).

2.1.3 Tipos de contaminación del agua

La contaminación del agua es provocada por la presencia de sustancias indeseables en concentraciones que afecta tanto al ambiente, a la biodiversidad y a la salud humana, siendo las principales las siguientes:

2.1.3.1 Contaminación orgánica del agua

Los contaminantes orgánicos presentes en el agua se componen de microorganismos, patógenos, virus, desechos orgánicos, heces fecales y orina generados por el ser humano y demás seres vivos, todos estos contaminantes son incorporados en el agua, ocasionando su contaminación y pérdida de disponibilidad (Mohan, 2014).

2.1.3.2 Contaminación inorgánica del agua

El agua ha sido deteriorada por contaminantes cada vez más fuertes y difíciles de tratar, debido a su naturaleza química de sustancias que están presentes en desperdicios que caen a las corrientes como los tensoactivos, detergentes y otras sustancias químicas inorgánicas que provienen de las industrias y de actividades domésticas (Mohan, 2014).

2.1.4 Propiedades fisicoquímicas del agua

2.1.4.1 Dureza total

Solís et al. (2018) mencionan que el consumo de agua que contiene concentraciones mayores a 250 mgCaCO₃/l de dureza total, puede ocasionar que los consumidores tengan problemas cardiovasculares, desordenes reproductivos, retraso de crecimiento y otros problemas que afectan su salud (Aguilar y Navarro, 2018).

2.1.4.2 Color

El color puede tener origen natural, específicamente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente y por contaminación debido al contacto del agua con residuos orgánicos e inorgánicos. El análisis de este parámetro es importante para determinar las características del agua y la remoción es esencial para la potabilización (Pérez, 2015).

2.1.4.3 Turbidez

Dibujes (2016) menciona que, el agua tiene turbidez cuando contiene materiales insolubles en suspensión, ocasionando la dificultad del agua para transmitir la luz, la respiración y reproducción de la vida acuática. Montoya et al. (2011) la turbidez se ve asociada con un alto riesgo microbiológico en el agua, por lo cual no se considera apta para consumo humano.

2.1.4.4 Sólidos disueltos totales

Sólidos disueltos totales (TDS) es uno de los principales indicadores de la calidad del agua, es el total de las sales disueltas y se expresa en mg/l, g/m³ o ppm, las sales más frecuentes en el agua son el calcio, magnesio y sodio (García, 2013). Los sólidos disueltos totales demasiado alto o bajo afectan a la salud humana y al

ambiente, según los estándares secundarios de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU gran parte de agua potable contiene entre los 200 o 300 mg/l de TDS, si las cifras están fuera de este rango el agua ya no es apta para consumo humano (Baque et al., 2016).

2.1.4.5 Potencial hidrógeno (pH)

Cuando se provoca cambios en el pH y tiende a ser menor a 6.5 ocasiona problemas en la salud de los seres vivos, el agua ácida degrada la salud humana a lo largo del tiempo, debido a que el agua oxida lentamente el cuerpo y genera alteraciones genéticas en las células, además, causa enfermedades graves en los adultos como la acidosis (Hernández et al., 2018).

2.1.4.6 Cloro libre residual

Se utiliza en el proceso de desinfección para la potabilización del agua y reduce el riesgo de infecciones patógenas. Sin embargo, puede ser una amenaza química para la salud humana, debido a los residuos de desinfección y algunos subproductos peligrosos como los trihalometanos, nitrosamidas, clorofenoles, entre otros (Flores et al., 2015).

2.1.5 Propiedades microbiológicas del agua

Los parámetros microbiológicos como los coliformes totales y coliformes fecales son indicadores de la contaminación del agua, se expresan en unidades de Número Más Probable NMP/100 ml (Khodadadi et al., 2016). Escalona et al. (2020) los indicadores microbiológicos causan enfermedades infecciones, parasitarias y gastrointestinales, debido al consumo de agua insalubre del ecosistema que habitan.

2.1.6 Estado de vertientes hídricas

Actualmente, Ecuador se ha visto afectado por la mala gestión de las vertientes hídricas, se encuentran sumergidas en una presión sobre la demanda de agua debido a las múltiples necesidades que requiere el ser humano, la inadecuada distribución en el espacio con en el tiempo (Secretaría Nacional del Agua [SENAGUA], 2016).

2.1.6.1 Escasez hídrica

La escasez de vertientes hídricas se da por la contaminación, la sequía a causa del cambio climático, el uso inadecuado del agua para consumo humano y actividades de agricultura y ganadería, también provoca enfermedades a la población, hambre, desaparición de especies vegetales y conflictos socioambientales (Wu y Tan, 2012).

2.1.6.2 Cantidad del agua

Actualmente, solo el 0.007% del agua es disponible para consumo humano y esta cantidad se reduce consecuentemente por la contaminación, la sobreexplotación del recurso hídrico y los efectos del cambio climático, por este motivo gran parte de la población en el mundo no tienen acceso al agua potable, (Domínguez et al., 2010). Sin embargo, Ecuador dispone de 22 500 m³/hab/años de agua dulce, lo cual es superior a 1 000 m³/hab/años considerados por la Organización Mundial de la Salud, a pesar de esto el recurso hídrico se ve afectado especialmente en las poblaciones rurales (Soto y Reina, 2012).

2.1.6.3 Calidad del agua

Las vertientes hídricas son afectadas por causas naturales como la geología del terreno, clima y la radiación solar y por causas antrópicas que provocan un alto impacto en la calidad del agua, alterando la salud humana, el desarrollo económico

y la calidad ambiental de los ecosistemas (Jácome et al., 2018). Asimismo, se debe conservar las tierras de la parte alta de las cuencas hidrográficas, donde se capta, almacena y traslada el agua para consumo humano, además, la importancia de la calidad del agua ha generado normas estandarizadas con características y valores específicos, garantizando la salud del consumidor (Samboni et al., 2011).

2.1.7 Problemas socioambientales

Tetreault et al. (2012) mencionan que el agua para consumo humano proveniente de vertientes hídricas siempre ha sido considerado como un elemento de conflicto, por lo tanto, los principales problemas socioambientales que se dan en una comunidad son la contaminación en el límite provincial, la acumulación de residuos y déficit hídrico debido a que el caudal no es suficiente para abastecer a toda la población, especialmente en la época seca (PDOTA, 2020).

2.1.8 Estrategias de conservación, manejo y protección de vertientes de agua

De acuerdo con el PDOTA (2020) el manejo, protección y conservación de las vertientes de agua trabajan conjuntamente, con la finalidad de poseer agua disponible en cantidad y calidad para las futuras generaciones, además de generar distintas oportunidades económicas y sociales en una comunidad. Por este motivo, las estrategias de conservación, manejo y protección de vertientes hídricas indican un conjunto de prácticas dentro de una comunidad, que permitan el uso y aprovechamiento sostenible del agua, además de reducir o eliminar su posible contaminación (Daza et al., 2012).

Daza et al. (2012) indican que las estrategias para la conservación de las vertientes hídricas requieren emplear prácticas de control de erosión hídrica, participación de entidades externas para el cumplimiento de los requisitos técnicos y la participación de instancias públicas en la zona. Las medidas que se deben tomar en cuenta para lograr la protección de vertientes hídricas son: la protección de remanentes de bosques, páramos y matorrales, la recuperación de áreas de interés

hídrico, establecimiento de plantaciones agrosilvopastoriles, manejo de regeneración natural y de plantaciones, apoyo al manejo de áreas naturales, fomento de la comunicación continua, la educación ambiental e investigación, monitoreo y evaluación (Yaguache, 2017).

Para garantizar la conservación de agua es importante tomar en cuenta la parte alta de la microcuenca al identificar y delimitar áreas de recarga donde se infiltra el agua, proteger las zonas de recarga, evitar el cambio de uso de suelo y emplear prácticas agroforestales, en cuanto a la cuenca media y baja es necesario implementar mecanismos de conservación de suelo y agua, evitar descargas de agua residuales, uso racional y eficiente agua y sistemas de riego sostenibles (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador [MARN], 2014).

2.2. Marco legal

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

El presente estudio debe regirse en base a la normativa, tal como lo manifiesta la Constitución de la República del Ecuador del 2008 y como se cita en el Título II Derechos, Capítulo II Derechos del Buen vivir, Sección I Agua y alimentación, Art. 12 se refiere a que el reconocimiento del derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. En el Título II Derechos, Capítulo II Derechos del Buen vivir, Sección II Ambiente sano, Art. 14 y Art 15 hace referencia al derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Además, el estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas que no contaminan y son de bajo impacto.

Asimismo, para este estudio se cita en el Título VI Régimen de desarrollo, Capítulo I Principios generales, Art. 276 se menciona el régimen de desarrollo que se enfoca en recuperar y conservar la naturaleza, mantener un ambiente sano y sustentable, que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del

subsuelo y del patrimonio natural. Por lo tanto, en el Título VII Régimen del buen vivir, Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales, Sección VI Agua, Art. 411 hace referencia que el estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos, asociados al ciclo hidrológico. Además, se regulará toda actividad y cantidad que pueda afectar la cantidad y calidad del agua y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga de agua.

2.2.2 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

De igual importancia el presente estudio debe regirse al Reglamento al Código Orgánico del Ambiente del 2019, que regulará los derechos, deberes y garantías ambientales presentes en la Constitución, como se cita en el Título II Sistema Único de Manejo Ambiental, Capítulo V Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos, Art. 190 y Art. 191 se refiere a la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas, cualquier actividad que cause riesgos o impactos al ambiente en el territorio nacional deberá velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos. Además, la Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire, agua y suelo.

2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

También importante en el presente tema de investigación se cita en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización del 2018, Título V Descentralización y sistema nacional de competencias, Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales, Art.132 se refiere al ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas, que de acuerdo a la Constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados regionales, comprende la ejecución de políticas, normativa regional, planificación hídrica con

participación de la ciudadanía, especialmente de las juntas de agua potable y de regantes, así como también la ejecución subsidiaria y recurrente con el gobierno autónomo descentralizado de programas y proyectos en coordinación con la autoridad única del agua.

2.2.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

El trabajo de investigación considera relevante citar a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del 2014, en el Título II Recursos Hídricos, Capítulo I Definición, Infraestructura y Clasificación de los Recursos Hídricos, Art. 12 donde menciona protección, recuperación y conservación de fuentes y el Art. 13 se refiere a las formas de conservación y de protección de fuentes de agua. Además, el Capítulo II Institucionalidad y Gestión de los Recursos Hídricos, Sección Sexta, Gestión Comunitaria del Agua, Art. 46 Servicio comunitario de agua potable y el Art. 54 Gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento y riego y finalmente El Capítulo VI Garantías Preventivas, sección primera, Art. 78 Áreas de protección hídrica.

2.2.5 Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

También hay que tomar en cuenta que, en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente del 2015, Título III Del Sistema Único de Manejo Ambiental, señala en el Capítulo VIII Calidad de los componentes bióticos y abióticos, Sección III Calidad de Componente Abiótico, donde el Art. 209 se refiere a la evaluación y control de la calidad del agua. El Capítulo IX Producción limpia, consumo sustentable y buenas prácticas ambientales, Art. 233, Art. 234 y Art. 235 menciona que la producción limpia es la aplicación continua de estrategias y prácticas ambientales preventivas, reparadoras e integradas en los procesos, productos y servicios para reducir los riesgos a las personas y a la naturaleza. Además, las buenas prácticas ambientales son un compendio de actividades, acciones y procesos que facilitan, complementan y mejoran las condiciones bajo las

cuales se desarrollan cualquier obra o proyecto, reducen la contaminación y menciona el uso eficiente de recursos.

2.2.6 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108: 2020

Es importante mencionar dentro del presente estudio, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 sexta revisión, porque da a conocer los límites máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se van a analizar y corroborar si el agua es apta para consumo humano, para evitar enfermedades y garantizar la inocuidad de los alimentos. Además, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020 se refiere a los literales 3.1 Agua para consumo humano, 3.2 Sistema de abastecimiento, 3.4 límite permitido.

2.2.7 Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano - Decreto Supremo N°031-2010-S. A.

En el presente Reglamento Peruano Decreto Supremo N°031-2010-S.A. se establecen las disposiciones generales relacionadas con la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con el propósito de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, proteger y promover la salud y bienestar de la población. Además, se detallan los límites máximos permisibles de los parámetros organolépticos y microbiológicos que se van a analizar y corroborar si las vertientes hídricas se encuentran en buen estado para abastecer a la población.

2.2.8 Organización Mundial de la Salud

Es importante citar esta organización, debido a que establece la guía para la calidad de agua potable Primer Apéndice, Tercera Edición, Volumen 1 donde explica los requisitos necesarios para garantizar la inocuidad del agua, procedimientos mínimos, valores de referencia específicos y la manera en que debe aplicarse, para proteger la salud de la población (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio corresponde a la parroquia rural de Angochagua, al Norte se localiza la parroquia La Esperanza, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, al Sur parroquia Olmedo, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, al Este la parroquia San Pablo del Lago y González Suárez, cantón Otavalo, provincia de Imbabura y al Oeste parroquia Mariano Acosta, cantón Pimampiro, provincia de Imbabura (Jácome et al., 2020). A continuación, se detallan los puntos de la ubicación geográfica de la parroquia de Angochagua, como indica la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación geográfica de la parroquia rural de Angochagua WGS 1984 UTM, Zona 17 Sur

Punto	Coordenadas		Altitud m.s.n.m.
	X	Y	
Norte	823822	10031855	2480
Sur	817447	10017574	3990
Este	830367	10020203	3804
Oeste	818350	10024201	3366

De acuerdo con Sandoval (2014) la parroquia cuenta con aproximadamente 4 mil habitantes, está conformada por las comunidades de La Magdalena, La Rinconada, Angochagua, Chilco, Zuleta y Cochas, como indica la Figura 1, posee una gran variedad de atractivos y entornos naturales en sus seis comunidades.

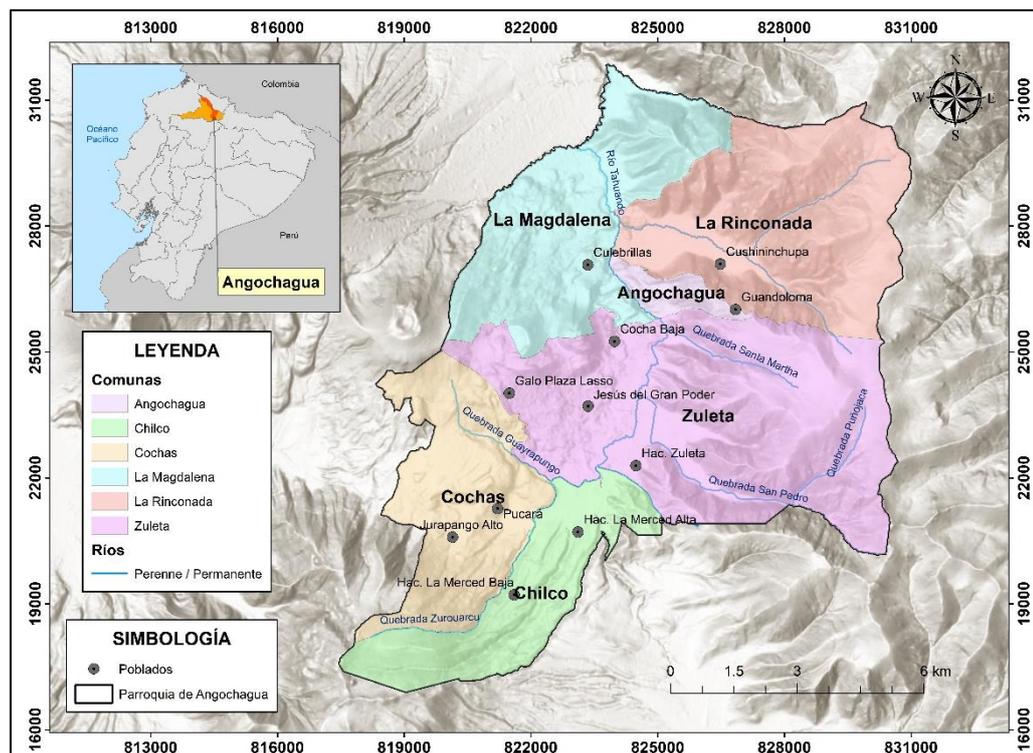


Figura 1. Ubicación de la parroquia de Angochagua

La parroquia de Angochagua se encuentra en la cuenca del río Mira que cuenta con 10 microcuencas de las cuales la principal es el río Tahuando que cubre una superficie de 7122.66 hectáreas que representa el 64.79% del territorio parroquial, la quebrada La Rinconada es otra microcuenca importante de la parroquia con una superficie de 242.12 hectáreas que representa el 22.06% del territorio parroquial (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua [GADPRA], 2015, pag.5).

3.1.1 Principales vertientes hídricas

Conforme al PDOT Angochagua (2020) los ecosistemas de la parroquia de Angochagua, al estar relacionados con los páramos tienen la función principal de proveer y regular el flujo hidrológico, por lo tanto, su importancia ecosistémica con la manutención del recurso agua. En la parroquia existen 61 vertientes hídricas para varios usos, la mayoría corresponde al uso de riego y las principales vertientes de abastecimiento de agua para consumo humano son: Chupacorral de la comunidad de Chilco presentó un caudal de 1.5 l/s, a su vez Turupamba 1 de la comunidad de

Cochas tuvo un caudal de 1.3 l/s, Arrayán presentó 2 l/s en la comunidad de Zuleta, también Ingotola presentó un caudal de 0.50 l/s, Pakcha con 0.80 l/s en la comunidad de Angochagua, a su vez Chaluapukio con un caudal de 1.25 l/s en la comunidad de Rinconada, en Santa Martha 1 presentó un caudal de 4 l/s y en Santa Martha 2 un caudal de 10 l/s en la comunidad de La Magdalena, estos datos corresponden a promedios mensuales de acuerdo al plan de ordenamiento territorial de Angochagua de 2014 (Sandoval, 2014). Según el PDOT Angochagua, 2020 el caudal disponible de agua para consumo humano es de 21.8 l/s, que abastece a 1 081 familias en toda la parroquia.

3.2 Métodos

Los métodos que se utilizaron durante la investigación se rigieron por las características propias del estudio, problema, objetivos y las preguntas directrices a las que se dieron respuesta.

3.2.1 Determinación de la escasez hídrica de las vertientes que abastecen de agua para consumo humano a la parroquia de Angochagua

3.2.1.1 Clima

Se realizó un climograma con datos de precipitación y temperatura de la estación EMAPA-I Angochagua del año 2015 en los meses de enero a diciembre, en donde se determinó la época seca y la época lluviosa en las que se midieron los caudales de cada vertiente, durante 6 meses y así se conoció la oferta de agua (Andrades, 2017).

3.2.1.2 Vertientes hídricas

En las primeras cinco salidas de campo durante la época lluviosa, se identificó y georreferenció las vertientes hídricas mediante una observación directa y el uso de un navegador GPS (proyección UTM DATUM WGS84 Zona 17), con

lo cual se realizó un mapa de ubicación de vertientes de agua usando el software ArcGIS 10.8.

3.2.1.3 Oferta hídrica

Se obtuvo mediante la medición de caudales de todas las vertientes hídricas, con la aplicación del método volumétrico y el método área-velocidad.

Medición de caudales. La medición de caudales se llevó a cabo durante un tiempo de seis meses, de la siguiente manera: en la época lluviosa se realizaron quince salidas de campo a las ocho vertientes hídricas de la parroquia rural de Angochagua durante las últimas semanas del mes de febrero, marzo y abril.

Para la medición de caudales de cada vertiente hídrica se utilizaron los siguientes métodos:

Método área-velocidad. León (2017) menciona que para el cálculo del caudal en este método se aplica la siguiente fórmula:

$$Q (l/s) = (A * v) * 1000$$

Q = Caudal en l/s

A = Área de la sección en m²

v = Velocidad del flujo en m/s

Para este método se aplicó la fórmula mencionada y se utilizó el micromolinetete *Global Water*, para determinar la velocidad del agua y el área de la sección de flujo, esta medición se realizó en dos puntos con una distancia de 10 metros, y así se determinó el caudal de las vertientes hídricas superficiales.

Método volumétrico. Guevara (2015) señala que este método consiste en utilizar una cubeta de 20 litros, un cronómetro y una libreta para medir el caudal de

las vertientes hídricas subterráneas, se empleó en lugares adecuados que permitieron colocar y llenar la cubeta. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q (l/s) = V (l)/t (s)$$

V = Volumen de agua capturado en litros

t = Tiempo de llenado del balde en segundos.

3.2.1.4 Demanda hídrica

La Secretaría Nacional del Agua (2012) indica que para determinar la demanda hídrica se debe tomar en cuenta la tasa de crecimiento en un período de 2010 a 2025 y la dotación de agua para el sector rural es de 90 l/hab/día. Cuasapud (2017), las fórmulas que se aplicaron para determinar la demanda hídrica son las siguientes:

$$Pf = Pa (1 + r)^n$$

Pf = Población futura 2025

Pa = Población actual 2021

r = Tasa de crecimiento %

n = Número de años

$$Q (l/s) = D (l/hab/día) \times Pa$$

D = Dotación de agua

Pa = Población actual

3.2.1.5 Escasez hídrica

Guevara (2015) menciona que el índice de escasez es la relación porcentual entre la demanda de agua y la oferta hídrica neta para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$Ie = \frac{Dh}{Oh} * 100$$

Ie = Índice de escasez (%)

Dh = Demanda hídrica (m³/s)

Oh = Oferta hídrica superficial neta (m³/s)

Jaramillo et al. (2011) indican que, para determinar la escasez hídrica de un área, se deben categorizar los resultados obtenidos; en alto, medio, moderado y bajo y así señalar si tiene o no disponibilidad hídrica, como indica la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías del Índice de escasez para vertientes hídricas

Categoría del índice de escasez	Porcentaje del índice de escasez	Medidas de cumplimiento
Alto	>40%	Régimen Permanente no existe disponibilidad hídrica, agotamiento extremo. Alta legalidad en el uso. Acción por emprender: Declaratoria de agotamiento y ordenamiento.
Medio	20 – 40%	Régimen Permanente, nivel crítico, disponibilidad hídrica agotamiento alto. Alta legalidad en el uso. Acción por emprender: Ordenar y reglamentar.
Moderado	10 – 20%	Régimen Permanente, cerca de nivel crítico disponibilidad hídrica agotamiento medio. Alta legalidad en el uso. emprender reglamentación.
Bajo	<10%	Régimen Permanente aceptable disponibilidad hídrica, agotamiento moderado. Alta legalidad en el uso. Acción por emprender: educación, control y monitoreo.

Fuente: Jaramillo et al., 2011.

3.2.1.6 Calidad de agua

Se obtuvieron resultados de todas las vertientes hídricas (punto inicial) y del agua tratada (punto final), mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Análisis en el punto inicial. En la última semana de abril durante la época lluviosa, se tomaron muestras de agua en cada vertiente hídrica, los parámetros

fisicoquímicos que se analizaron fueron: pH, turbiedad, sólidos disueltos totales y dureza total, para el análisis se utilizó una botella de plástico de un litro, con su respectiva etiqueta en donde indicaba el código, el lugar, el nombre de la vertiente, el día y la hora; el método de muestreo fue puntual, la botella de un litro fue lavada con la misma agua de la vertiente hídrica y al tomar la muestra, se llenó la botella completamente (Briñez et al., 2012).

Los parámetros microbiológicos analizados fueron: coliformes totales y *E. coli*, para el análisis se utilizó un frasco esterilizado de 100 ml, el método de muestreo fue puntual y al tomar la muestra se dejó un espacio para homogeneizar. Posteriormente, todas las muestras fueron selladas con papel *kraft* y transportadas en un *cooler* con gel refrigerante hacia el laboratorio de Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I) para su respectivo análisis (Briñez et al., 2012).

Para determinar si los parámetros de las vertientes hídricas analizados se encuentran dentro de los criterios de calidad según Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA, 2015), Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- Decreto Supremo N°031-2010-S.A. (2010) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006) se generó una tabla de comparación e interpretación donde el color gris indica que los parámetros están dentro de la normativa y el color café indica que los parámetros están fuera de la normativa, como indica la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros analizados en laboratorio y criterios de calidad de vertientes hídricas para consumo humano

TULSMA			Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- Decreto Supremo N°031-2010-S.A.			OMS			Cumplimiento	
Parámetro	Unidad	Criterios de calidad	Parámetro	Unidad	Criterios de calidad	Parámetro	Unidad	Criterios de calidad	Dentro	Fuera
Turbiedad	NTU	100	Turbiedad	NTU	-	Turbiedad	NTU	5		
Dureza Total	mgCaCO ₃ /l	-	Dureza Total	mgCaCO ₃ /l	500	Dureza Total	mgCaCO ₃ /l	500		
pH	upH	6 - 9	pH	upH	-	pH	upH	6.5 – 9.2		
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	-	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	-		
Coliformes Totales	UFC/100 ml	-	Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	Coliformes Totales	UFC/100 ml	0		
<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	1000	<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	NMP/100ml	<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	NMP/100ml		
		NMP/100ml			-			-		

Fuente: TULSMA, 2015; Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- Decreto Supremo N°031-2010-S.A., 2010 y Organización Mundial de la Salud, 2006

Análisis del punto final. Se utilizaron los datos del documento de análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad de agua para consumo humano del periodo 2019 – 2020 en la parroquia de Angochagua, realizado por parte de EMAPA-I en donde se detalla el límite máximo permisible de cada parámetro, como indica la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros analizados en laboratorio y límites máximos permisibles del agua para consumo humano

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible
Color aparente	Pt-Co	15
pH	upH	6.5 - 8
Turbiedad	NTU	5
Coliformes Totales	UFC/100 ml	<1
<i>E.Coli</i>	UFC/100ml	<1
Cloro libre residual	mg/l	0.3 -1.5

Fuente: INEN 1108, 2020

Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para consolidar el método estadístico a utilizar (ANOVA o Kruskal Wallis), fue necesario realizar un análisis de normalidad de los datos de todos los parámetros, mediante Shapiro Wilks con un nivel de confianza del 95%, con el fin de observar si los datos son paramétricos o no paramétricos, utilizando el software estadístico *Infostat* (Morales et al., 2019).

El Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, mediante el Decreto 1575 del 2007 estableció un sistema para la protección y control de la calidad de agua cruda o tratada y en el Art.- 12 de este decreto, definen al Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el incumplimiento de características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MPS], 2007).

Dueñas et al. (2018) indican que, para el IRCA se debe emplear la siguiente ecuación:

$$IRCA (\%) = \left(\frac{\sum Irca_m}{N_{m_i}} \right) * 100$$

Donde,

$\sum Irca_m$ = puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables.

N_{m_i} = puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas.

Este índice tiene el objetivo de asegurar y preservar la calidad de agua cruda y tratada. Además, presenta una proporción de puntajes con nivel de riesgo y notificación a la autoridad sanitaria, como indica la Tabla 5, a su vez se analizó si los parámetros analizados cumplen con los límites máximos permisibles de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020.

Tabla 5. Clasificación del nivel de riesgo en la salud según el IRCA por muestra

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	Notificación a la autoridad sanitaria
80.1 - 100	Inviabile sanitariamente	Informar a la persona prestadora, GAD Parroquial, alcalde, Gobernador, Contraloría General y Procuraduría General.
35.1 - 80	Alto	Informar a la persona prestadora, GAD Parroquial, alcalde y Gobernador.
14.1 - 35	Medio	Informar a la persona prestadora y GAD Parroquial.
5.1 - 14	Bajo	Informar a la persona prestadora y GAD Parroquial.
0 - 5	Sin riesgo	Continuar el control y vigilancia.

Nota: El color rojo indica que el agua se encuentra inviable sanitariamente, el color naranja indica que el agua se encuentra en riesgo alto, el color amarillo indica que el agua se encuentra en riesgo medio, el color verde oscuro indica que se encuentra en riesgo bajo y el color verde claro indica que el agua se encuentra sin riesgo.

Fuente: Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007.

Para comprobar si existieron diferencias significativas mediante los resultados del IRCA en las dos épocas y demostrar cuál presentó mayor contaminación, se determinó el método estadístico a utilizar (*T de student* o U de Mann Whitney), en

donde se verificó si los datos son paramétricos o no paramétricos, analizando la curtosis y asimetría mediante el uso de *Microsoft Excel* (Baque et al., 2016).

3.2.1.7 Plantas potabilizadoras

Durante las seis visitas al área de estudio, se identificó y georreferenció las plantas potabilizadoras de agua que dispone la parroquia, mediante una observación directa y el uso del GPS, con lo cual se realizó un mapa de ubicación de las plantas potabilizadoras de agua usando el software *ArcGis* 10.8. Posteriormente, se conoció el tipo de tratamiento para determinar la cantidad de remoción de contaminantes, el almacenamiento para saber cuánto tiempo permanece el agua dentro del sistema y la distribución a los usuarios, con el fin de determinar la calidad y cantidad de agua para las múltiples necesidades de consumo humano (Baque et al., 2016).

3.2.1.8 Cobertura vegetal

En las primeras cinco salidas de campo durante la época lluviosa, se caracterizó la cobertura vegetal y uso del suelo, en donde se recorrió por las principales vertientes hídricas de la parroquia, generando puntos de georreferenciación con el uso del navegador GPS, se tomaron fotografías y por último se realizó un mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo a través del software *ArcGis* 10.4, a su vez, se identificó la flora presente en el lugar mediante un inventario de especies el cual consta de nombres comunes y nombres científicos (Mattey et al., 2017).

3.2.2 Identificación de los problemas que afectan el estado de conservación actual de las vertientes de agua

Se aplicó la matriz de los *stakeholders* la cual fue adaptada a la evaluación de escasez hídrica y estado de conservación de las vertientes de agua de consumo humano en la parroquia de Angochagua, donde se conocieron los riesgos, actores, iniciativas (posibles acciones), responsables, canal de comunicación y periodicidad

de tiempo; la escala que se utilizó es del 1 al 4, en donde 1 tiene mínimo impacto, 2 mediano impacto, 3 alto impacto y 4 muy alto impacto, el que tiene mayor puntaje fue al que se tomó medidas inmediatas y se identificaron los conflictos socioambientales presentes en la parroquia (Bernal y Rivas, 2012).

La matriz de *stakeholders* se aplicó para identificar las partes interesadas en la toma de decisiones, tanto internas como externas, con base en los problemas del territorio, en este caso los miembros del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua y los presidentes de las juntas de agua de cada comunidad son las partes corporativas que fueron partícipes en la identificación de oportunidades y amenazas para la organización (Dao y Tran, 2017).

A continuación, se realizó un taller en el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua, donde se conoció el estado de conservación de las vertientes hídricas, mediante la interacción directa con la población y así se obtuvieron resultados verídicos en el desarrollo de la presente investigación, según Quezada et al. (2001) el taller se estructura en tres momentos:

Diseño (concepto del taller, objetivos, contenidos y metodología)

Al diseñar un taller se comienza con plantear siete preguntas claves que encaminan a la conceptualización como: ¿Para qué? se refiere a los objetivos y contexto de la capacitación, ¿Quiénes? se trata del grupo meta y las personas capacitadoras, ¿Qué? se basa en los contenidos que se tratan en el taller, ¿Cómo? se refiere a los métodos y técnicas a utilizar, ¿Con qué? se trata de los medios de apoyo como los materiales o herramientas, ¿Cuándo? quiere decir las fechas, el tiempo disponible y la duración del taller y ¿Dónde? se trata del lugar más adecuado para realizar talleres (Quezada et al., 2001).

Planificación (pasos del taller, actividades, materiales, responsabilidades)

Al tiempo de ejecución del presente proyecto, El Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP, 2020) estableció que debido a la situación actual del

COVID-19, el sector laboral debía acogerse a las siguientes medidas de bioseguridad:

- Antes de que los participantes lleguen al área de reunión, las tesistas limpiaron y desinfectaron el lugar.
- Todos usaron la mascarilla de manera obligatoria.
- Antes de ingresar al lugar en donde se realizó el taller, los participantes se lavaron las manos y se colocaron alcohol o gel antiséptico.
- El lugar contó con un dispensador de jabón, alcohol y gel antiséptico.
- Se mantuvo un distanciamiento de 1.5 metros, se ubicaron las sillas en orden y separadas entre sí.
- Se contó con una capacidad máxima de diez personas.
- No se permitió el ingreso de personas de la tercera edad.
- Al salir del lugar en donde se realizó el taller, los participantes se lavaron las manos y se colocaron alcohol o gel antiséptico nuevamente.
- Al finalizar el taller se desinfectó el lugar.

Todas las medidas de bioseguridad presentadas se cumplieron durante el desarrollo del taller. El lugar fue amplio y con una capacidad máxima de diez personas las cuales fueron conformadas por la presidenta y el técnico ambiental del GAD Parroquial Rural de Angochagua, los seis representantes de las juntas de agua de cada comunidad y las dos tesistas.

Según Quezada et al. (2001) el plan consta de tres pasos fundamentales para la facilitación de un taller:

- **Fase inicial.** Bienvenida y presentación, agenda, objetivos y expectativas.

Se realizó una bienvenida por parte del técnico ambiental encargado de Angochagua a los miembros de las juntas de agua, a su vez una breve presentación de las estudiantes tesistas, mencionando a la institución que pertenecen y el tema

de tesis que se realizó en la parroquia junto con el plan de trabajo, los objetivos y expectativas por cumplir.

- **Fase central.** Explicación de los contenidos, receso, dinámica y trabajar en la temática.

Se explicaron las actividades que se realizaron en la parroquia durante el desarrollo de la tesis, como son: el análisis de la calidad de agua de cada vertiente y el punto final de consumo, el taller se realizó directamente con los miembros de la junta de agua en el mes de agosto, se dieron a conocer las soluciones para la conservación de las vertientes. El receso tuvo una duración de 15 minutos, posteriormente se realizó una dinámica para interactuar con la población, mediante un mapa parlante sobre los problemas socioambientales de las vertientes hídricas realizado por las estudiantes tesistas.

- **Fase final.** Conclusiones y recomendaciones

Finalmente se realizaron conclusiones y recomendaciones, en donde se identificaron los problemas socioambientales con la participación de los presidentes y operadores de cada junta de agua de la parroquia de Angochagua.

c) Mapas parlantes y entrevistas

Un mapa parlante es un instrumento técnico metodológico rural participativo que consiste en la identificación de problemas, planificación de acciones y evaluación de avances que permite conocer como es la comunidad en el pasado, presente y futuro, se realizó un mapa parlante en un proceso participativo: convocatoria y socialización, dibujo del mapa y verificación en campo (Zamalloa, 2017).

López y Deslauriers (2011) mencionan que, la entrevista es una técnica para obtener información útil para el desarrollo de una investigación, a través de una conversación formal y planeada entre una o más personas entrevistadoras y una o más personas entrevistadas. Para el desarrollo de la entrevista, hay que verificar un espacio para dialogar, se usaron equipos audiovisuales para el registro de información y se utilizó una videogradora, el entrevistador tuvo un guion de la entrevista que consta de las preguntas realizadas, para este estudio se aplicó la entrevista abierta y semiestructurada con el fin de obtener datos más profundos en temas específicos (Jácome, 2015).

Para iniciar la entrevista se realizó una pregunta amplia de inicio, una vez que la conversación se fue desarrollando se profundizó en el tema y es en donde se realizaron cinco preguntas abiertas para que los entrevistados puedan dialogar sobre los problemas que afectan a las vertientes hídricas presentes en la parroquia (Pantoja y Placencia, 2017).

3.2.3 Estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes de agua

Ponce (2007) señala que el método FODA es un instrumento de planificación estratégica que consiste en identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, con el fin de presentar un panorama de la situación actual de las vertientes hídricas para consumo humano.

A continuación, se diseñaron tres estrategias para el manejo, protección y conservación de las vertientes hídricas, mediante el plan de acción de la matriz de los *stakeholders* ya identificados, en donde se planteó un objetivo general y tres objetivos específicos, a su vez se estableció el tipo de proyecto, las actividades que se van a realizar, presupuesto y responsable (Bernal y Rivas, 2012).

3.3 Materiales y equipos

El listado de materiales y equipos que se utilizaron se clasifican en fase de campo, fase de laboratorio y fase de oficina como indica la Tabla 6.

Tabla 6. Materiales y equipos que se utilizaron en la investigación

Materiales	Equipos	Software
Fase de campo		
Etiquetas	Cámara digital	
Cooler	Vehículo	
Gel refrigerante	Multiparámetro HI9829 HANNA	
Frascos de vidrio de borosilicato	Analizador de cloro residual	
Guantes de caucho o quirúrgicos	Grabador de voz	
Libreta de campo	Proyector	
Envases de polietileno	GPS	
Mapas parlantes		
Marcadores		
Flotador		
Flexómetro de 50 m		
Cronómetro		
Regleta graduada		
Cubeta		
Escobas		
Trapeadores		
Amonio		
Dispensador de jabón		
Jabón líquido Palmolive		
Dispensador alcohol		
Alcohol antiséptico Dr. Clean		
Dispensador de gel antiséptico		
Gel antiséptico Sani		
Rociador desinfectante		
Bandeja desinfectante		
Micromolinete		
Fase de laboratorio		
Guantes quirúrgicos	Equipos para análisis de parámetros fisicoquímicos	
Reactivos		
Fase de oficina		
Laptop DELL		Excel, Infostat
Imagen satelital		ArcGis

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de la escasez hídrica

4.1.1 Clima

Mediante el climograma se determinó que los meses de febrero, marzo y abril corresponden a la época lluviosa, ya que presentaron una precipitación de 120 mm a 140 mm y una temperatura de 11 °C, en cuanto a los meses de junio, julio y agosto corresponden a la época seca, estos dos primeros meses junio y julio presentaron una precipitación de 40 mm y una temperatura de 12 °C y el mes de agosto presentó una precipitación de 30 mm y una temperatura de 12 °C, estos datos se cumplieron debido a que es un diagrama ombrotérmico multianual, como indica la Figura 2.

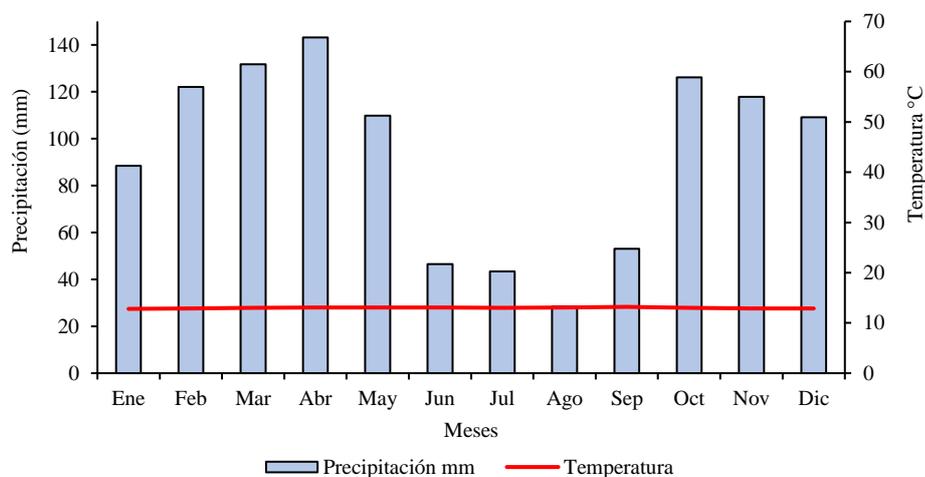


Figura 2. Climograma de la estación EMAPA-I parroquia de Angochagua

Pabón et al. (2012) han determinado que existen tres meses ecológicamente secos, que van desde junio hasta mediados de agosto y tres meses de lluvia que van desde marzo hasta mayo. Ecuador se caracteriza por no tener estaciones, pero presenta una época seca y otra húmeda que se repiten durante el año, la presencia de estas dos épocas es variable y está de acuerdo con condiciones atmosféricas,

geográficas y orográficas. Además, influye el régimen climatológico de la zona, la presencia de microclimas y eventos climatológicos como el Niño y la Niña (Fajardo y Ontaneda, 2020).

4.1.2 Vertientes hídricas

Las ocho vertientes hídricas para consumo humano presentes en la parroquia de Angochagua se conforman de seis subterráneas, que corresponden a las comunidades: Angochagua, La Magdalena, La Rinconada y Zuleta y dos superficiales, que corresponden a las comunidades: Cochas y Chilco, como indica la Tabla 7.

Tabla 7. Vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua

Comunidad	Vertiente hídrica	Código	Tipo de vertiente hídrica	Coordenadas		Fotografía
				X	Y	
Angochagua	Ingatola	V1	Subterránea	826129	10026207	
	Pakcha	V2	Subterránea	826163	10026032	

La Rinconada

Chaluapukio

V3

Subterránea

827768

10026631



Santa Martha 1

V4

Subterránea

826427

10025069



La Magdalena

Santa Martha 2

V5

Subterránea

826439

10025055



Zuleta Arrayán V6 Subterránea 828351 10024749



Cochas Turupamba 1 V7 Superficial 819058 10018418



Chilco Chupacorral V8 Superficial 819406 10017465



Las vertientes hídricas subterráneas se ubican de la siguiente manera: La comunidad de La Magdalena tiene dos vertientes hídricas Santa Martha 1 y Santa Martha 2, al igual que la comunidad de Angochagua que cuenta con dos vertientes denominadas Ingotola y Pakcha, la comunidad de La Rinconada tiene una vertiente denominada Chaluapukio, de igual manera la comunidad Zuleta tiene una vertiente denominada Arrayán, como indica la Figura 3.

Las vertientes superficiales se ubican de la siguiente manera: La comunidad de Cochas tiene una vertiente denominada Turupamba 1 y la comunidad de Chilco tiene una vertiente denominada Chupacorral, como indica la Figura 3.

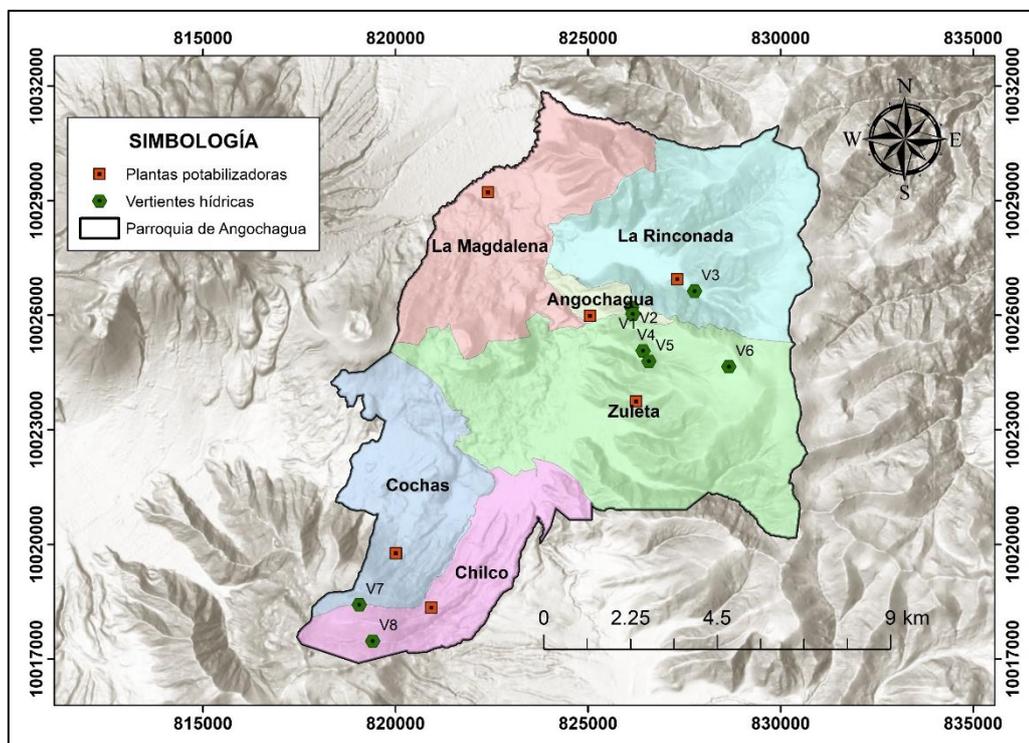


Figura 3. Ubicación de las vertientes hídricas y plantas potabilizadoras de la parroquia de Angochagua

4.1.3 Oferta hídrica

4.1.3.1 Medición de caudales

Se obtuvo como resultado que la comunidad de La Rinconada es la única que presentó una mínima diferencia en los caudales durante la época lluviosa y época seca, debido a que su caudal generalmente es alto, como indica la Tabla 8. En cuanto a las dos vertientes hídricas superficiales se observó que en la comunidad de Cochas el caudal fue extremadamente escaso durante la época seca, como indica la Tabla 8. Velóz y Carbonel (2018) mencionan que el caudal del río Chibunga ubicado en la provincia de Chimborazo, se reduce drásticamente en época seca, por lo que ocasiona varias complicaciones sociales y ambientales. La oferta hídrica es afectada por la calidad de agua, producto de actividades humanas, escurrimiento de bosque, escurrimiento de agua en zonas de producción agrícola - ganadera y depende de la intensidad de la lluvia en la parte alta de la subcuenca (Díaz y Alarcón, 2018).

Tabla 8. Caudales de las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua en época lluviosa y época seca

Meses	Comunidad	Vertiente hídrica	Caudal Época lluviosa (l/s)
Febrero	Angochagua	Ingatola	0.71
		Pakcha	0.83
	La Rinconada	Chaluapukio	4.62
	La Magdalena	Santa Martha 1	0.88
		Santa Martha 2	1.82
	Zuleta	Arrayán	0.68
	Cochas	Turupamba 1	52.50
	Chilco	Chupacorral	64.75
Marzo	Angochagua	Ingatola	1.76
		Pakcha	1.05
	La Rinconada	Chaluapukio	3.53
	La Magdalena	Santa Martha 1	1.09
		Santa Martha 2	1.11
	Zuleta	Arrayán	0.65
	Cochas	Turupamba 1	41.25
	Chilco	Chupacorral	64.75

	Angochagua	Ingatola	0.56
		Pakcha	1.46
	La Rinconada	Chaluapukio	4.00
Abril	La Magdalena	Santa Martha 1	0.88
		Santa Martha 2	1.13
	Zuleta	Arrayán	0.61
	Cochas	Turupamba 1	45
	Chilco	Chupacorral	48.56
Meses	Comunidad	Vertiente hídrica	Caudal Época seca (l/s)
	Angochagua	Ingatola	0.60
		Pakcha	0.82
	La Rinconada	Chaluapukio	4.29
Junio	La Magdalena	Santa Martha 1	0.85
		Santa Martha 2	1.07
	Zuleta	Arrayán	0.60
	Cochas	Turupamba 1	41.25
	Chilco	Chupacorral	48.56
	Angochagua	Ingatola	0.58
		Pakcha	0.81
	La Rinconada	Chaluapukio	3.33
Julio	La Magdalena	Santa Martha 1	0.88
		Santa Martha 2	1.05
	Zuleta	Arrayán	0.58
	Cochas	Turupamba 1	33.75
	Chilco	Chupacorral	32.38
	Angochagua	Ingatola	0.56
		Pakcha	0.81
	La Rinconada	Chaluapukio	1.58
Agosto	La Magdalena	Santa Martha 1	0.86
		Santa Martha 2	0.98
	Zuleta	Arrayán	0.57
	Cochas	Turupamba 1	7.50
	Chilco	Chupacorral	32.38

4.1.4 Demanda hídrica

Se determinó que la comunidad de La Magdalena tiene una mayor demanda con un valor de 0.72 l/s, debido al alto número de habitantes, mientras que en la comunidad de Zuleta (Arrayán), presenta una demanda muy baja con un valor de 0.03 l/s a causa del menor número de habitantes, como indica la Tabla 9. La gestión

de los recursos hídricos en sitios rurales depende en la gran mayoría de la participación de las comunidades, en la administración y en el uso del recurso, los hogares de las zonas rurales no cuentan con sistemas adecuados de abastecimiento (Delgado et al., 2017). Según López et al. (2016) la demanda hídrica debe ser evaluada en su totalidad y se deben tomar en cuenta los usos posibles para analizar su regulación, de lo contrario, sería incompleta la planificación del recurso hídrico.

Tabla 9. Demanda hídrica de las comunidades de la parroquia de Angochagua

Comunidad	Población actual	Población futura	Demanda (l/s)
Angochagua	212	288	0.22
La Rinconada	446	606	0.46
Zuleta	27	37	0.03
La Magdalena	693	942	0.72
Cochas	536	729	0.56
Chilco	365	496	0.38

4.1.5 Escasez hídrica

En la época lluviosa la comunidad de La Magdalena tiene un mayor porcentaje en el índice de escasez con un valor de 75.99% proveniente de la vertiente hídrica de Santa Martha 1 y con un valor de 53.47% proveniente de la vertiente hídrica de Santa Martha 2, indicando una categoría alta, el cual establece que no existe un régimen permanente de disponibilidad hídrica, agotamiento extremo y se recomienda hacer una declaratoria de agotamiento y ordenamiento.

La escasez hídrica es uno de los principales problemas socio-ecológicos del siglo XXI, debido a que el aumento de la población generará mayor presión sobre los recursos naturales, especialmente en el recurso hídrico y se estima que la población incrementará en un 50% para el año 2025 (Bravo, 2018). De igual forma, para este mismo año Martínez y Villalejo (2018) mencionan que dos tercios de la población mundial padecerán problemas de agua con escasez grave o moderada.

En la época seca la comunidad de La Magdalena tiene un mayor porcentaje en el índice de escasez con un valor de 83.94 % proveniente de la vertiente hídrica de Santa Martha 1 y con un valor de 70.08 % proveniente de la vertiente hídrica de Santa Martha 2, indicando una categoría alta. Asimismo, la comunidad Cochas presenta un valor de 55.83% en el índice de escasez hídrica, por lo que se encuentra en la categoría alta, el cual establece que no existe un régimen permanente de disponibilidad hídrica, agotamiento extremo y se recomienda hacer una declaratoria de agotamiento y ordenamiento, como indica la Tabla 10.

El índice de escasez del río Quindío en Colombia es de 89.8% indicando una categoría alta, debido a que presenta espacios pequeños con una elevada concentración de habitantes y se estima que para el año 2025 el 41% de la población no contará con agua para consumo humano (León et al., 2011). Cevallos (2019) el incremento de la presión global, el consumismo y el cambio climático han ocasionado que los sistemas hídricos se encuentren expuestos a mayor estrés, y en muchos casos se han conducido a la insostenibilidad.

En la última visita a la vertiente hídrica de Turupamba 1 perteneciente a la comunidad de Cochas, se pudo evidenciar que se encontraba en mal estado y la corriente de agua era nula, por lo que varios insectos se concentraron en la superficie, como en el caso de Tahamíes y Zenufaná de Corantioquia, en donde la situación del entorno del agua se enfoca en la disminución de la calidad, por el aumento de las cargas contaminantes que se vierten a las corrientes de manera directa o se acumulan sobre el suelo (Jaramillo et al., 2011).

Tabla 10. Escasez hídrica de las comunidades de la parroquia de Angochagua

Comunidad	Vertientes hídricas	Caudales (m ³ /s)		Índice de escasez hídrica (%)	
		Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
Angochagua	Ingatola	0.2186	0.3807	21.86	38.07
	Pakcha	0.1989	0.2726	19.89	27.26
La Rinconada	Chaluapukio	0.1147	0.1513	11.47	15.13
	Santa Martha 1	0.7599	0.8394	75.99	83.94

La Magdalena	Santa Martha 2	0.5347	0.7008	53.47	70.08
Zuleta	Arrayán	0.433	0.485	4.33	4.85
Cochas	Turupamba 1	0.1861	0.5583	18.61	55.83
Chilco	Chupacorral	0.1267	0.3802	12.67	38.02

Nota: El índice de escasez de las vertientes hídricas indica que la categoría es alta cuando es >40%, categoría cuando es entre 20% – 40%, categoría moderada cuando es entre 10% - 20% y categoría baja cuando es < 10%.

4.1.6 Calidad de agua

4.1.6.1 Resultados del análisis de las vertientes hídricas punto inicial

A continuación, se detallan los resultados del análisis de la calidad de agua de las vertientes hídricas en la época lluviosa y época seca, tal como indica la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados del análisis de la calidad del agua de las vertientes hídricas punto inicial en la época lluviosa y época seca

Comunidad	Vertientes hídricas	Parámetros analizados	Criterios de calidad			Resultados	
			TULSMA	RCA para consumo humano- Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.	OMS	Época lluviosa	Época seca
Angochagua	Ingatola	Dureza total	-	500	500	61.59	47.90
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.07	6.99
		Turbiedad	100	-	5	0	0
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	67	68
		Totales					
		Coliformes Totales	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	74	60
		<i>E.Coli</i>	1000 NMP/100ml	-	-	<1	<1
	Pakcha	Dureza total	-	500	500	73.14	43.91
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.52	7.24
		Turbiedad	100	-	5	1	1
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	71	73
		Totales					

		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	69	38	
		Totales						
			1000					
		<i>E.Coli</i>	-	-	-	<1	<1	
			NMP/100ml					
La Rinconada	Chaluapukio	Dureza total	-	500	500	111.64	119.75	
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.12	7.11	
		Turbiedad	100	-	5	1	1	
		Sólidos						
		Disueltos	-	1000	-	139	150	
		Totales						
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	626	481	
		Totales						
					1000			
				<i>E.Coli</i>	-	-	1	13
			NMP/100ml					
Zuleta	Arrayán	Dureza total	-	500	500	30.80	51.89	
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	5.68	5.61	
		Turbiedad	100	-	5	0	2	
		Sólidos						
		Disueltos	-	1000	-	30	34	
		Totales						
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	20	5	
		Totales						

		<i>E.Coli</i>	1000 NMP/100ml	-	-	4	<1
Cochas	Turupamba 1	Dureza total	-	500	500	53.89	71.85
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.20	7.02
		Turbiedad	100	-	5	2	2
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	41	54
		Totales					
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	199	268
		Totales					
		<i>E.Coli</i>	1000 NMP/100ml	-	-	<1	4
Chilco	Chupacorral	Dureza total	-	500	500	46.2	79.83
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.34	7.50
		Turbiedad	100	-	5	5	1
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	40	56
		Totales					
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	288	392
		Totales					
		<i>E.Coli</i>	1000 NMP/100ml	-	-	8	2

La Magdalena	Santa Martha 1	Dureza total	-	500	500	80.84	79.83
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.89	7.96
		Turbiedad	100	-	5	2	1
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	96	100
		Totales					
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	256	222
		Totales					
			1000				
		<i>E.Coli</i>	NMP/100ml	-	-	<1	5
	Santa Martha 2	Dureza total	-	500	500	34.65	39.92
		pH	6 - 9	-	6.5 - 9.2	7.60	7.88
		Turbiedad	100	-	5	7	5
		Sólidos					
		Disueltos	-	1000	-	51	53
		Totales					
		Coliformes	-	0 NMP/100ml	0 NMP/100ml	464	382
		Totales					
			1000				
		<i>E.Coli</i>	NMP/100ml	-	-	<1	6

Nota: El color gris indica que los parámetros se encuentran dentro de los criterios de calidad del TULSMA, Reglamento Peruano y OMS, mientras que el color café indica que los parámetros se encuentran fuera de los criterios de calidad del TUSLMA, Reglamento Peruano y OMS.

Para determinar la calidad de agua para consumo humano en las vertientes hídricas, se comparó con los criterios de calidad del TULSMA establecidos en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. y de la OMS, Izurieta et al. (2017) indican que las normas de calidad de agua adoptadas en varios países tienen como directriz a la OMS, sin embargo, a cada país se deben evaluar los riesgos locales y garantizar la calidad del agua. A continuación, se detallan los siguientes resultados:

Comunidad Angochagua. Conforme al TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS, los resultados de los parámetros obtenidos para la vertiente hídrica subterránea Ingatola se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales que presenta 74 NMP/100ml en época lluviosa y 60 NMP/100ml en época seca. Asimismo, en la vertiente hídrica subterránea Pakcha los parámetros establecidos se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales que presenta 69 NMP/100ml en época lluviosa y 38 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml.

De igual manera en el río Chibunga ubicado en la provincia de Chimborazo, presentó coliformes totales de 200 NMP/100ml, por lo que sobrepasa los límites máximos permisibles del TULSMA en época lluviosa y en época seca, debido a la presencia de actividades agrícolas y pecuarias muy próximas al río (Velóz y Carbonel, 2018). En las microcuencas de Cusco y Apurímac, Lima - Perú, según la OMS y el Reglamento Peruano, el agua de consumo humano no debe presentar coliformes 0 colonias, 0 NMP/100 ml (Eco fluidos Ingenieros S.A., 2012). La presencia de coliformes totales, se debe a la falta de mantenimiento de los tanques de captación, además de mingas de limpieza en los alrededores de las vertientes.

Comunidad La Rinconada. De acuerdo al TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS, los parámetros de la vertiente hídrica subterránea Chaluapukio se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales que presento 626 NMP/100ml en época lluviosa y 481 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml. En el rio Córdoba durante el primero periodo lluvioso se obtuvieron valores entre 855 – 4750 NMP/100ml y en el segundo periodo lluvioso 845 – 4560 NMP/100ml, durante el primer periodo seco se obtuvieron valores entre 3895 – 5035 NMP/100ml y en el segundo periodo seco se obtuvo entre 4028 – 8398 NMP/100ml (Fontalvo y Tamaris, 2018). La presencia de coliformes totales, se debe a las prácticas agropecuarias cerca de las vertientes hídricas, la falta de mantenimiento de los tanques de captación, mingas de limpieza en los alrededores de las vertientes y las tuberías se encuentran expuestas a cualquier tipo de contaminación.

Comunidad Zuleta. Según el TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS los parámetros establecidos de la vertiente hídrica subterránea Arrayán se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro física pH que presenta 5.68 upH en la época lluviosa y 5.61 upH en la época seca, siendo valores inferiores a lo que establece la normativa, indicando que es un agua corrosiva, por otro lado según Velóz y Carbonel (2018) el río Chibunga si cumple con los límites máximos permisibles del TULSMA, en la época lluviosa y época seca, debido a que presenta un pH neutro de 7.9.

El parámetro microbiológico coliformes totales presenta 20 NMP/100ml en época lluviosa y 5 NMP/100ml en época seca, excediendo el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml. En la subcuenca media del río Puyo-Ecuador, los resultados de la calidad de agua indicaron valores de pH y coliformes totales, que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana, con una mayor concentración de contaminantes en áreas rurales (Saltos

et al., 2017). La presencia de coliformes totales, se debe a la falta de mantenimiento en las tuberías y tanques de captación.

Comunidad Cochas. Conforme al TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS los parámetros establecidos de la vertiente hídrica superficial Turupamba 1 se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales presenta 199 NMP/100ml en época lluviosa y 268 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml.

Velóz y Carbonel (2018) señalan que, el río Chambo ubicado en la provincia de Chimborazo, presenta coliformes totales con un valor de 30 000 NMP/100ml en la época lluviosa y época seca, indicando una pésima calidad de agua. Según Chán y Peña (2015) mencionan que la presencia de contaminantes químicos no compromete a la calidad de agua para consumo humano, mientras que los microbiológicos son una amenaza. La existencia de coliformes totales, se debe a la falta de mingas de limpieza en sus alrededores y la vertiente se encuentra expuesta a cualquier tipo de contaminación.

Comunidad Chilco. Acorde al TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS los parámetros establecidos de la vertiente hídrica superficial Chupacorral se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales presenta 288 NMP/100ml en época lluviosa y 392 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml.

De igual manera, según Hernández et al. (2021) en la quebrada Jui afluente del río Sinú-Colombia, las concentraciones de coliformes totales superan 8 veces el valor obtenido en época seca. Asimismo, en Perú el agua que abastece al centro poblado de Pachipiriana, no cumple con las condiciones microbiológicas de acuerdo con el Reglamento Peruano, debido a que todas las muestras presentan un NMP elevado de coliformes fecales, totales y *E.coli* lo que indica que el agua está

contaminada (Mejía et al., 2021). La presencia de coliformes totales se debe a la falta de mingas de limpieza en sus alrededores y, además la vertiente se encuentra expuesta a cualquier tipo de contaminación.

Comunidad La Magdalena. Según el TULSMA, el Reglamento Peruano y la OMS los parámetros establecidos de la vertiente hídrica subterránea Santa Martha 1 se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales presenta 256 NMP/100ml en época lluviosa y 222 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml. Asimismo, vertiente hídrica subterránea Santa Martha 2 los parámetros establecidos se encuentran dentro de los criterios de calidad, tanto en la época lluviosa como en la época seca, a excepción del parámetro microbiológico coliformes totales que presenta 464 NMP/100ml en época lluviosa y 382 NMP/100ml en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible que es 0 NMP/100ml.

El mismo caso se reflejó en el río Manzanares, Santa Marta – Colombia, la calidad de las vertientes hídricas que no han sido sometidas a un tratamiento de potabilización no cumplen con las condiciones de coliformes totales por la legislación nacional vigente, las estimaciones de los coliformes totales es uno de los principales factores que afecta el recurso hídrico (Romero et al., 2011). La presencia de coliformes totales se debe a la falta de mingas de limpieza en sus alrededores, a la falta de mantenimiento de los tanques de captación, ya que se encuentran oxidados y en mal estado.

4.1.6.2 Resultados del análisis del agua potable punto final

Mediante la prueba de normalidad Shapiro Wilks, se obtuvo un p valor de 0.0001 demostrando que los datos no son paramétricos, por lo que se realizó el análisis estadístico de Kruskal Wallis.

La prueba estadística de Kruskal Wallis determinó que la época seca presentó diferencia significativa entre los parámetros con p valor de 0.004, por lo

que influyen en la calidad de agua en dicha época, sobre todo el parámetro microbiológico coliformes totales, presentando una media más alta que todos los parámetros analizados. La época lluviosa no presentó diferencias significativas al obtener un p valor de 0.07, por lo que se infiere que en esa época no existe mayor contaminación en el punto final.

Asimismo, se determinó la calidad del agua en época lluviosa y seca de las comunidades rurales del Archipiélago de Marajó, mediante el estadístico Kruskal Wallis, en donde se identificó la presencia de coliformes totales y *E.coli*, por lo que el agua presentó altos niveles de contaminación en ambas épocas, hecho que limitaría el uso de este recurso para el consumo humano (Simões et al., 2020).

Mediante este análisis estadístico, las comunidades que presentaron diferencias poco significativas entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos son Cochas y Zuleta con un p valor de 0.07, lo que indica que estas comunidades están propensas a mayor contaminación en cualquier época, debido a la elevada presencia de coliformes totales. Mientras que las comunidades de Angochagua y La Magdalena presentaron un p valor de 0.24, Chilco un p valor de 0.37 y La Rinconada un p valor de 0.13, por lo que indica que no hay diferencia significativa en la calidad del agua entre estas comunidades.

En el caso del río Chicamocha en Boyacá, se aplicó el estadístico de Kruskal Wallis, en donde se determinó que al menos un lugar de muestreo es estadísticamente diferente a otro, para los siguientes parámetros microbiológicos: *Enterococcus faecium* con un p valor <1 y los ooquistes de *Entamoeba histolytica* con un p valor <1. Mientras que *E. Coli* obtuvo un p valor de 0.026, indicando que no existen diferencias significativas entre las zonas (Vargas et al., 2019).

A continuación, se detallan los resultados del análisis de la calidad de agua potable en la época lluviosa y época seca, donde los valores elevados indican que el agua es inviable sanitaria y valores bajos señalan que no hay riesgo de contaminación, como indica la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados del análisis de la calidad del agua potable punto final en la época lluviosa y época seca

Comunidad	Parámetros analizados	Resultados			IRCA %	
		INEN 1108:2020 Agua para consumo humano	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
Angochagua	Color aparente (Pt-Co)	15	0	0	0	0
	pH (upH)	6.5 – 8	7.70	7.68		
	Turbiedad (NTU)	5	0.75	0.33		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	Cloro libre residual (mg/l)	0.3 -1.5	0.7	0.4		
La Rinconada	Color aparente (Pt-Co)	15	0	5	92.81	96.03
	pH (upH)	6.5 - 8	7.32	7.33		
	Turbiedad (NTU)	5	1.43	3.15		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	99	373		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	14	1		
	Cloro libre residual (mg/l)	0.3 -1.5	0.0	0.0		
Zuleta	Color aparente (Pt-Co)	15	0	0	91.34	93.04
	pH (upH)	6.5 - 8	7.35	7.11		
	Turbiedad (NTU)	5	0.42	1.05		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	82	109		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	Cloro libre residual (mg/l)	0.3 -1.5	0.0	0.0		
Cochas	Color aparente (Pt-Co)	15	35	5	76.12	14.52
	pH (upH)	6.5 - 8	7.68	7.93		
	Turbiedad (NTU)	5	2.00	1.79		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	Cloro libre residual (mg/l)	<1	0	<1		
	Color aparente (Pt-Co)	0.3 -1.5	1.3	2.5		

Chilco	Color aparente (Pt-Co)	15	50	5	87.85	99.30
	pH (upH)	6.5 - 8	7.75	8.09		
	Turbiedad (NTU)	5	5.96	1.71		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	0	947		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	0	3		
	Cloro libre residual (mg/l)	0.3 -1.5	0.1	0.0		
Madgalena	Color aparente (Pt-Co)	15	0	0	0	0
	pH (upH)	6.5 - 8	7.76	7.57		
	Turbiedad (NTU)	5	0.86	0.41		
	Coliformes Totales (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	<i>E.Coli</i> (UFC/100ml)	<1	0	<1		
	Cloro libre residual (mg/l)	0.3 -1.5	0.6	0.4		

Nota: El color rojo indica que el agua se encuentra inviable sanitariamente, el color naranja indica que el agua se encuentra en riesgo alto, el color amarillo indica que el agua se encuentra en riesgo medio y el color verde indica que el agua se encuentra sin riesgo.

Con el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua, en la época lluviosa y en la época seca se observó que las comunidades de Angochagua y La Magdalena no presentaron un nivel de riesgo con un valor de 0%, por lo que se debe notificar a la autoridad sanitaria para continuar con el control y vigilancia. Asimismo, Grijalba et al. (2019) determinaron que en el departamento de Arauca el 80% del agua distribuida no presentó riesgo y el 16.61% de agua distribuida en el departamento del Amazonas tampoco presentó riesgo.

La comunidad de La Rinconada presenta un valor de 92.81% en época lluviosa y un valor de 96.03% en época seca, Zuleta con un valor de 91.34% en época lluviosa y un valor de 93.04% en época seca y Chilco con un valor de 87.85% en época lluviosa y un valor de 99.3% en época seca indicando un nivel de riesgo invariable sanitariamente, representado con el color rojo, por lo que la notificación a la autoridad sanitaria es de manera inmediata es informar a la persona prestadora, GAD Parroquial, alcalde, Gobernador, Contraloría General y Procuraduría General como indican las Figuras 4 y 5.

Al igual que en los 11 municipios del departamento de Boyacá, donde se consolidó el IRCA rural como invariables sanitariamente, debido a la falta de gestión por parte de administraciones municipales, falta de interés y de capacitación (Rojas y Colmenares, 2021). Asimismo, Grijalba et al. (2019) en el departamento del Amazonas, determinaron que el 0.17% del agua distribuida es invariable sanitariamente.

La comunidad de Cochas presentó un valor de 76.12% en la época lluviosa indicando un nivel de riesgo alto, representado con el color naranja, por lo que la notificación a la autoridad sanitaria es de manera inmediata, informar a la persona prestadora, GAD Parroquial, alcalde y Gobernador, como indica la Figura 4. Asimismo, Grijalba et al. (2019) en el departamento del Amazonas, determinaron que el 30.48% del agua distribuida presentó un nivel de riesgo alto.

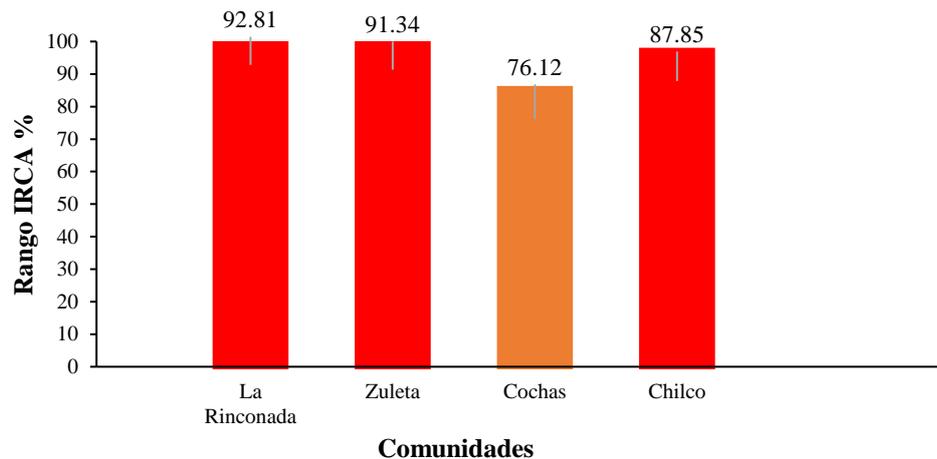


Figura 4. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua en la época lluviosa

Nota: El color rojo indica que el agua es inviable sanitariamente y el color naranja indica que el agua tiene un nivel de riesgo alto.

En la época seca la comunidad de Cochas presentó un valor de 14.52% indicando un nivel de riesgo medio, representado con el color amarillo, por lo que la notificación a la autoridad sanitaria es de manera inmediata, informar a la persona prestadora y GAD Parroquial, como indica la Figura 5. De igual manera, Grijalba et al. (2019) en el departamento del Amazonas, determinaron que el 37.50% del agua distribuida presentó un nivel de riesgo medio. Mientras que, en el departamento de Cundinamarca Colombia, los IRCA con un valor de 56.9% indican un riesgo bajo, medio y alto, lo que significa que la mayor parte de la población consume agua con niveles de riesgo para su salud (García et al., 2018).

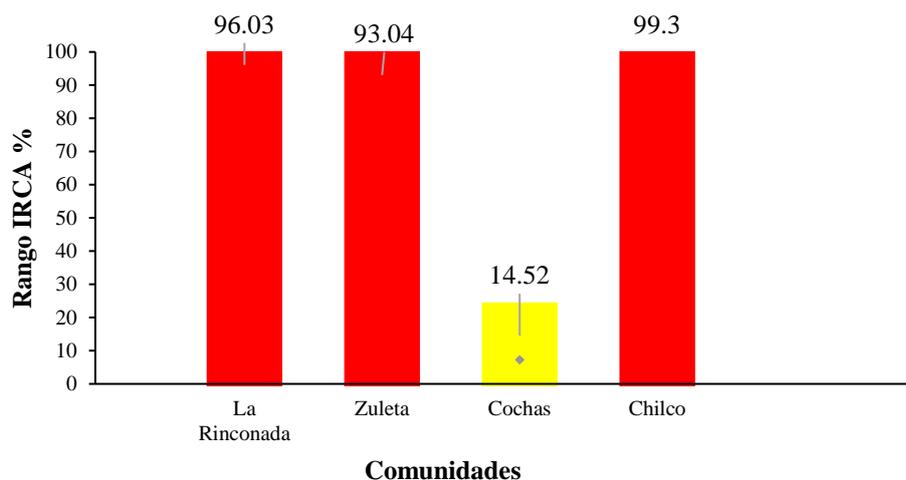


Figura 5. Índice de Riesgo de la calidad del Agua en la época seca

Nota: El color rojo indica que el agua es inviable sanitariamente y el color amarillo indica que el agua tiene un nivel de riesgo medio.

Considerando que la curtosis fue menor a 3 y la asimetría estuvo cerca del 0, los datos presentaron una tendencia paramétrica, por lo tanto, se aplicó el método *T de student*, en donde se obtuvo un p valor de 0.27 el cual indicó que no tiene diferencia significativa en la época lluviosa y en la época seca, sin embargo, el grado de confiabilidad presentó un 73%, demostrando que existe una mínima diferencia entre las dos épocas. La época lluviosa presentó una media de 58.02% y la época seca una media de 50.48%, por lo que se encuentran dentro del rango del IRCA de 35.1% – 80%, indicando un nivel de riesgo alto representado con el color naranja, como indica la Figura 6.

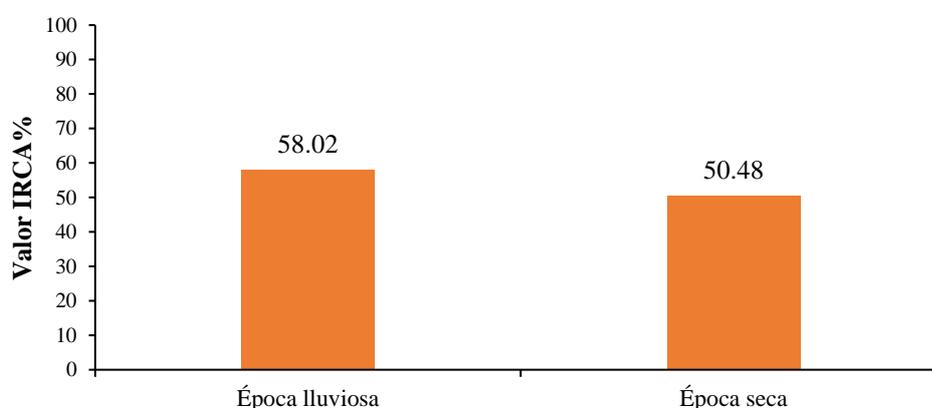


Figura 6. Medias de los valores de IRCA de las comunidades de la parroquia de Angochagua por época

Nota: El color naranja indica que el agua tiene un nivel de riesgo alto.

Por otro lado, en el cantón Quevedo se determinó que la mayoría de los parámetros de la calidad del agua de consumo humano, presentaron diferencias significativas con un p valor de 0.05 entre la época lluviosa y seca (Baque et al., 2016). Chan y Peña (2014) indican que, en la cuenca alta Sis Ican Guatemala se aplicó *T de student* con un nivel de confianza del 95%, demostrando que las colonias de coliformes totales son menores en los puntos de muestreo ubicados en las partes altas que en la desembocadura, este análisis se realizó por medio del programa *GenStat Discovery edition 4*, para determinar el nivel de contaminación de agua para consumo humano.

4.1.7 Plantas potabilizadoras

Las plantas potabilizadoras de cada comunidad, los cuales se encargan de distribuir el agua potable a los habitantes de la parroquia de Angochagua. A continuación, se detallan las plantas potabilizadoras de cada comunidad:

4.1.7.1 Angochagua

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, según Sánchez (2008) menciona que, si el cloro residual se encuentra en exceso, puede resultar tóxico para el consumidor. El agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 91 usuarios, cubriendo el 100% de la zona. La red de distribución tiene una vulnerabilidad media, porque el mantenimiento es poco o nada frecuente, además, la tubería está expuesta presentando fugas (GADPRA, 2020).

El mismo caso se dio en el sector Puyhúan provincia de Huancavelica, por la incorrecta dosificación de cloro, ya que la cantidad de cloro residual mínima es 0.4 mg/l y máxima 0.5 mg/l obteniendo un valor de 0.39 mg/l, por lo que no cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano de Perú, además, el tiempo de retención y de contacto no es adecuado, por la falta de

personal técnico para el mantenimiento y vigilancia de la calidad del agua (Pérez y Ramos, 2018).

Por otro lado, se propuso un prototipo de sistema de tratamiento de agua para zonas rurales colombianas, que consta de cuatro compartimientos donde se clarifica el agua con piedra de alumbre de filtración, utiliza materiales granulares y reduce coliformes totales y fecales al 99.9%, turbiedad el 98% y color el 83%, este tipo de tratamiento cataloga el agua como apta para consumo humano (Torres et al., 2017).



Figura 7. Planta potabilizadora de Angochagua

4.1.7.2 La Rinconada

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, el agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 141 usuarios, cubriendo el 95% de la zona mientras que el 5% no tiene acceso al agua potable, por lo cual tienen sus propios pozos de agua. La red de distribución es buena y tiene mantenimiento frecuente, pero el agua no es aprovechada en su totalidad (GADPRA, 2020).

Asimismo, en la parroquia Cangahua cantón Cayambe, se potabiliza el agua a diario por cloración para garantizar la calidad, luego se distribuye por gravedad y

se monitorea la calidad de agua por el operador del sistema cada semana, además, el GAD municipal de esta localidad, establece que el agua de consumo humano cumple con la norma INEN 1108 (Acosta et al., 2019).



Figura 8. Planta potabilizadora de La Rinconada

4.1.7.3 Zuleta

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, el agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 25 usuarios cubriendo el 90% de la zona, ya que únicamente 10 usuarios son permanentes. La red de distribución tiene una vulnerabilidad media, porque el estado de la tubería y la caja de válvulas es regular por lo que hay presencia de fugas y el mantenimiento es poco frecuente (GADPRA, 2020).

Un estudio realizado en Ancash - Perú demostró que la desinfección es importante en los sistemas de abastecimiento, pero es crítica en zonas rurales, por lo que se compara la eficiencia de los sistemas de cloración por difusión y goteo, obteniendo como resultado que el sistema más eficiente es la cloración por goteo, debido a que logra eliminar hasta el 99% de coliformes totales y fecales (León, 2019).

Mientras que, en las comunidades rurales de Colombia, se utilizan filtros de arena y cerámica con plata coloidal, en donde se evidencia que el uso de estos filtros en la potabilización del agua presenta una buena aceptación, debido a que el agua es segura (Córdoba et al., 2016). Además, según Aguirre et al. (2018) mencionan una alternativa sustentable mediante el uso de la especie vegetal *Zea mays* (maíz), debido a que se corroboró que reduce el 94.4% de coliformes totales.



Figura 9. Planta potabilizadora de Zuleta

4.1.7.4 La Magdalena

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, según Huerta y Benavides (2018) en la provincia de Lambayeque el agua clorada provoca anemia y diarrea aguda a niños de 6 a menos de 36 meses de edad, debido a que no se eliminan todos los microorganismos presentes. Según Ramírez y Jaramillo (2015) el uso de extracto de especies de plantas y semillas son seguros para la salud humana en el proceso de potabilización, debido a que poseen propiedades coagulantes y propiedades antimicrobianas, demostrando que esta es una alternativa amigable con el ambiente y económica para la población.

El agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 245 usuarios cubriendo el 100% de la zona. La

red de distribución tiene una vulnerabilidad media, porque el estado de la tubería y la caja de válvulas es regular por lo que hay presencia de fugas y el mantenimiento es poco frecuente (GADPRA, 2020).



Figura 10. Planta potabilizadora de La Magdalena

4.1.7.5 Cochas

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, según Huerta y Benavides (2018) el cloro residual genera trihalometanos ocasionando un riesgo de cáncer de vejiga urinaria. El agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 235 usuarios cubriendo el 100% de la zona. La red de distribución tiene una vulnerabilidad media, porque el estado de la tubería y la caja de válvulas es regular por lo que hay presencia de fugas y el mantenimiento es poco frecuente (GADPRA, 2020).

Mientras que, en Piura – Perú se diseñó un prototipo compacto potabilizador de agua superficial, con nueve filtros de diferentes tamaños, para eliminar los patógenos que pueden afectar la calidad del agua, convirtiendo el agua de ríos, lagunas y canales en agua potable, además, debido a su diseño pequeño permite mayor flexibilidad y transporte, obteniendo beneficios económicos, medioambientales y sobre todo salubres para la población rural (Benites, 2019).



Figura 11. Planta potabilizadora de Cochas

4.1.7.6 Chilco

La planta potabilizadora cuenta con un tipo de tratamiento de cloración, lo cual no remueve los contaminantes en su totalidad, según Huerta y Benavides (2018) los subproductos de la cloración tienen propiedades mutágenas y cancerígenas, ocasionando cáncer de diversos tipos y efectos adversos en neonatos de madres expuestas. El agua tratada se encuentra almacenada durante menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego es distribuida a 74 usuarios cubriendo el 90% de la zona, ya que existen algunas viviendas sin contar con el servicio del agua potable. La red de distribución tiene una vulnerabilidad media, porque el estado de la tubería y la caja de válvulas es regular por lo que hay presencia de fugas y el mantenimiento es poco frecuente (GADPRA, 2020).

Mientras tanto, en el Callejón de Haylas - Ancash de Perú, se implementó una nueva tecnología de sistema de potabilización que consiste en el uso de zeolita y carbón activado (Antracita) o arena de sílice, el cual se implementó en el ingreso del agua al reservorio de almacenamiento, este tipo de tecnología puede asegurar la calidad del agua en zonas rurales (Huamán et al., 2019). Además, existe otra alternativa para los procesos de coagulación y floculación en la remoción de partículas suspendidas y coloidales como es el uso de los almidones y celulosa, cuya

ventaja es que los polímeros naturales y sus derivados son biodegradables (Ramírez y Jaramillo, 2015).



Figura 12. Planta potabilizadora de Chilco

4.1.8 Cobertura vegetal

La parroquia se caracteriza por poseer 7 clases de cobertura vegetal como son las plantaciones forestales con 4.54%, los páramos que representan el 30.78%, el bosque nativo con 11.91%, tierra agropecuaria que abarca la mayor parte de la parroquia con 49.64%, la vegetación arbustiva que representa el 2.37%, la zona natural abarca 0.02% y el área poblada con 0.73%, como se detalla en la Tabla 13. La superficie de la tierra, el uso del suelo y cambios en la cobertura vegetal, tienen serias implicaciones en el equilibrio de los ecosistemas, estos se encuentran agrupados en dos grandes categorías: conversión y modificación, donde el ser humano es el actor principal, que acelera la presión sobre los recursos naturales y afecta a los servicios y funciones del ecosistema en general (Quichimbo et al., 2015).

Tabla 13. Cobertura vegetal de la parroquia de Angochagua

Cobertura vegetal	Área (ha)	Área (%)
Plantación forestal	533.62	4.54
Páramo	3621.65	30.78
Bosque nativo	1402.15	11.91
Tierra agropecuaria	5840.06	49.64
Vegetación arbustiva	279.41	2.37
Natural	2.16	0.02
Zona antrópica	86.13	0.73

La cobertura vegetal más representativa en el área de estudio es la tierra agropecuaria con un 49.64%, esta atraviesa únicamente la vertiente hídrica de La Rinconada, mientras que las vertientes hídricas de La Magdalena y Angochagua presentan el tipo de cobertura bosque nativo y, por último, las vertientes hídricas de Zuleta, Cochas y Chilco presentan el tipo de cobertura páramo, como se detalla en la Figura 13. Mientras que, en los páramos del volcán Casahuala las actividades agrícolas han incrementado, llegando a ocupar un 3718.77 ha, es decir, el 20.7% del territorio convirtiéndose en uno de los principales problemas de degradación de la cobertura vegetal (Calero, 2017).

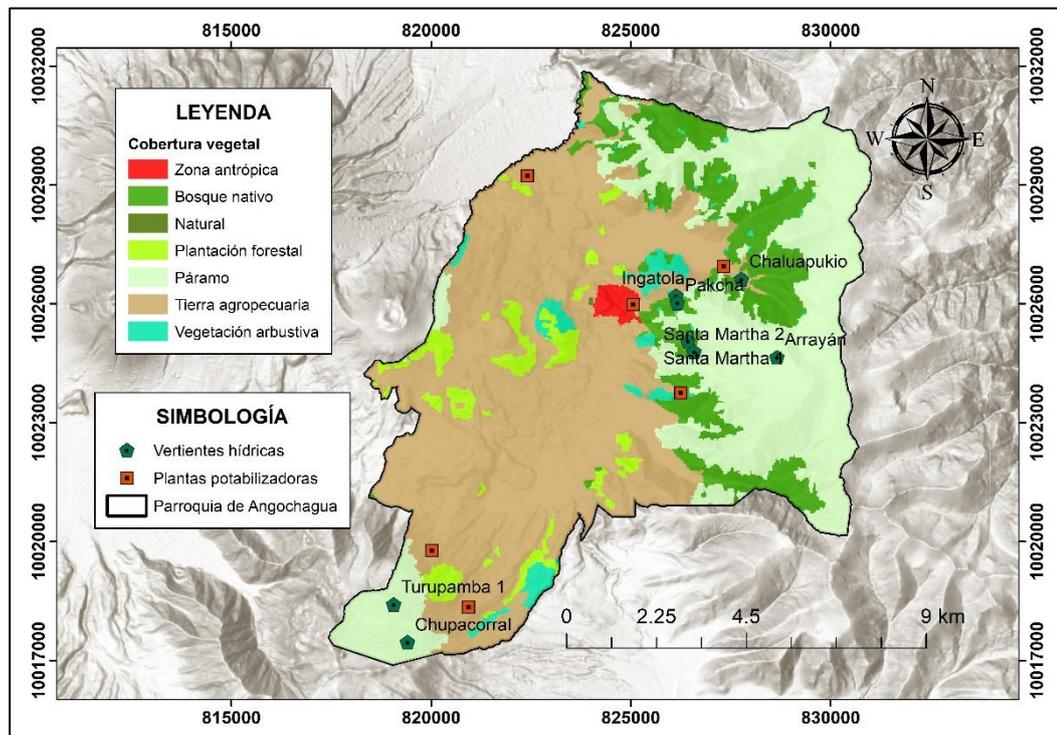


Figura 13. Cobertura vegetal de la parroquia de Angochagua

4.1.8.1 Inventario de flora

El inventario de flora permitió conocer la composición florística, identificación taxonómica y la distribución de las especies dentro del área de estudio. Cedrus (2021) indica que, un inventario de flora permite evaluar de manera directa el impacto que una investigación puede tener sobre la flora de un lugar. Los inventarios florísticos son esenciales para conocer la flora presente y se utilizan para investigaciones más complejas como el Índice de Valor de Importancia que define cuáles especies contribuyen en la estructura de un ecosistema y otros índices de biodiversidad (Zamorano, 2014).

Se identificó que la composición florística está compuesta por hierbas, arbustos y helechos, además, se evidenció que la mayoría son especies introducidas, como indica la Tabla 14, Fuentes et al. (2010) las especies introducidas producen cambios en los ecosistemas a niveles de composición, estructura y procesos.

Las únicas especies nativas que se identificaron se encuentran en las vertientes hídricas de Pakcha *Bomarea multiflora*, en Chaluapukio *Calceolaria crenata*, en Turupamba 1 *Cortaderia nitida* y en Chupacorral *Plantago australis*, como indica la Tabla 14. El mismo caso se reflejó en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa en la provincia de Valparaíso en Chile, en donde existe una alta proporción de plantas exóticas con un valor de 34% y las plantas nativas apenas representan un 23%, indicando que las plantas exóticas predominan el área al igual que el presente estudio (Teillier et al., 2010).

Tabla 14. Flora de las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua

Comunidad	Vertiente hídrica	Nombre Científico	Nombre Común	Nativa/Introducida
Angochagua	Ingatola	<i>Galinsoga parviflora</i>	Guascas	Introducida
		<i>Fagopyrum esculentum</i>	Trigo sarraceno	Introducida
		<i>Cystopteris fragilis</i>	Helecho perejil	Introducida
		<i>Erigeron canadensis</i>	hierba de caballo	Introducida
		<i>Hydrocotyle americana</i>	Redondita	Introducida
	Pakcha	<i>Marchantia polymorpha</i>	Empeine	Introducida
		<i>Rubus idaeus</i>	Frambueso	Introducida
		<i>Bomarea multiflora</i>	Aya manzana	Nativa
		<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho aguila	Introducida
		<i>Pinguicula vulgaris</i>	Grasilla	Introducida
La Rinconada	Chaluapukio	<i>Solanum nigrum</i>	Hierba mora	Introducida
		<i>Nasturtium officinale</i>	Berro de agua	Introducida
		<i>Calceolaria crenata</i>	Zapatitos	Nativa
		<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto oவில்lo	Introducida
		<i>Salvia coerulea</i>	Salvia	Introducida
		<i>Dioscorea bulbifera</i>	Papa cimarrona	Introducida
		<i>Geranium pusillum</i>	Geranio silvestre	Introducida
La Magdalena	Santa Martha 1	<i>Helianthus divaricatus</i>	Girasol áspero	Introducida
		<i>Equisetum arvense</i>	Caballo chupa	Introducida
	Santa Martha 2	<i>Dryopteris erythrosora</i>	Helecho otoñal	Introducida
		<i>Geranium pusillum</i>	Geranio silvestre	Introducida
		<i>Equisetum arvense</i>	Caballo chupa	Introducida
		<i>Dioscorea bulbifera</i>	Papa cimarrona	Introducida

		<i>Geranium molle</i>	Geranio de los caminos	Introducida
		<i>Dryopteris erythrosora</i>	Helecho otoñal	Introducida
		<i>Lycopodium lagopus</i>	Licopodio	Introducida
		<i>Calluna vulgaris</i>	Bresina	Introducida
Zuleta	Arrayán	<i>Equisetum arvense</i>	Caballo chupa	Introducida
		<i>Tibouchina semidecandra</i>	Arbol de gloria	Introducida
		<i>Hypericum perforatum</i>	hipérico	Introducida
		<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo negro	Introducida
Cochas	Turupamba 1	<i>Cortaderia nitida</i>	Carrizo	Nativa
		<i>Crepis capillaris</i>	Barba de halcón	Introducida
		<i>Verbascum lychnitis</i>	Candilera	Introducida
		<i>Cerastium arvense</i>	Orejas de ratón	Introducida
		<i>Juncus effusus</i>	Junco	Introducida
Chilco	Chupacorral	<i>Plantago australis</i>	Llantén de páramo	Nativa
		<i>Crepis capillaris</i>	Barba de halcón	Introducida
		<i>Nolina texana</i>	Palmilla texana	Introducida

Fuente: Aguilar., et al, 2009

4.2 Identificación de los problemas que afectan el estado de conservación actual de las vertientes de agua

A continuación, se detalla la matriz de *stakeholders* adaptada a la evaluación de escasez hídrica y estado de conservación de las vertientes de agua de consumo humano en la parroquia de Angochagua, en donde se identificaron las partes internas y externas, mediante una escala del 1 al 4, en donde 1 tiene bajo impacto, 2 medio impacto, 3 alto impacto y 4 muy alto impacto, como indica la Tabla 15. Para alcanzar ciertos objetivos es necesario establecer una cooperación con las autoridades regionales y locales competentes, los agentes económicos y sociales, organismos que representan a la sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, es por eso la importancia de una correcta gestión de *stakeholders* para la motivación y alineamiento en el desarrollo rural (Pedrosa y López, 2012).

Se pudo evidenciar que existen dos grupos de interés con mayor priorización, el primero es de tipo interno y corresponde a las juntas de agua, en la matriz de actores se identificó un alto impacto (I) con un valor de 3, probabilidad de que el evento ocurra (PB) con un valor de 4 y priorización (PR) con un valor de 12, como iniciativas se establecieron un programa de conciliación, programa de capacitación y taller para solucionar problemas socioambientales, mediante canales de comunicación como invitaciones, reuniones, mails y entrevistas, con una periodicidad de tiempo mensual y cuyo responsable es la directiva parroquial como se detalla en la Tabla 15. Asimismo, en La Carolina – Imbabura, se identificó la inexistencia de las juntas de agua como el primer grupo de priorización alta, por lo que se implementó la conformación de juntas de agua para que regule y controle el manejo del recurso hídrico (Pozo y Benavides, 2015).

El segundo grupo de interés es de tipo externo y corresponde a las vertientes hídricas, su principal riesgo es la contaminación y sobreexplotación de la tierras, en el mapeo de actores se identificó que tiene un muy alto impacto con un valor de 4, probabilidad de que el evento ocurra con un valor de 3 y priorización con un valor

de 12, como iniciativas se establecieron un programa de buen manejo de vertientes hídricas, taller de conservación de vertientes hídricas y programa de ganadería y agricultura sostenible, mediante canales de comunicación como invitaciones, reuniones, mails y entrevistas, con una periodicidad de tiempo trimestral y cuyo responsable es el GAD Parroquial, como se detalla en la Tabla 15. En Bolivia como parte del programa “Agua para pequeñas comunidades” formuló el mapa de *stakeholders* para la gestión comunitaria del agua, esta metodología no comparte la clasificación entre actores primarias y secundarios, debido a que es una calificación muy subjetiva y depende de la percepción del intérprete (Bernal y Rivas, 2012).

Tabla 15. Matriz de mapeo de los *stakeholders*

Matriz de los <i>stakeholders</i>										
Tipo	Grupo de Interés	Temas de Interés		Riesgos	Mapeo de Actores			Posibles acciones	Responsable	Canales de Comunicación
		Para el grupo de interés	Para la investigación		I	PB	PR			
Interno	Juntas de agua	Formación, beneficios, retribución y conciliación.	Cumplimiento, objetivos, productividad y capacitación.	Cambio de directiva, desacuerdo entre la organización.	3	4	12	Programa de conciliación Programa de capacitación Talleres para solucionar problemas socioambientales	Directiva parroquial	Invitaciones, reuniones, mails y entrevistas.
Interno	Operadores y guardabosques	Formación y aprendizaje continuo. Salud y seguridad laboral. Condiciones laborales adecuadas. Retribución y beneficios. Conciliación laboral	Capacitación, fidelidad, cumplimiento, objetivos, productividad, buenas prácticas ambientales.	Rotación, desigualdad de oportunidades para las minorías, salarios injustos y despidos.	3	3	9	Programa de capacitación Programa de buenas prácticas ambientales Taller de seguridad laboral	GAD Parroquial	Invitaciones, reuniones, mail, evaluaciones del personal

Externo	Vertientes hídricas	Contribución a combatir el Cambio Climático	Reducir y remediar la contaminación de las vertientes hídricas. Ganadería y agricultura sostenible	Contaminación de vertientes hídricas y explotación de la tierra.	4	3	12	Programa de buen manejo de vertientes hídricas / Taller de conservación de vertientes hídricas. Programa de ganadería y agricultura sostenible	GAD Parroquial	Invitaciones, reuniones, mails y entrevistas.
Externo	Comunidades	Contribución al acceso de agua potable limpia y segura para las seis comunidades de la parroquia de Angochagua	Capacitaciones para conservación de vertientes hídricas.	Conflicto con la comunidad	3	2	6	Programa de conservación de vertientes hídricas con el aporte de las comunidades. Talleres sobre el cuidado de agua potable.	GAD Parroquial	Mails y reunión con la comunidad
Externo	GAD Parroquial Rural Angochagua	Generar confianza y seguridad. Buenas prácticas de gobierno.	Cumplimiento de normas ambientales. Reforzar las exigencias frente a la claridad y veracidad.	Incumplimiento de la normativa.	3	2	6	Plan de manejo ambiental. Registros de cumplimiento legal.	Alcaldía de Ibarra y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica	Mails, reunión con el gobierno y registros de verificación de cumplimiento.

Nota: En el mapeo de actores la (I) representa un alto impacto, (PB) probabilidad de que el evento ocurra y (PR) priorización .

4.2.2 Taller de problemas socioambientales y mapa parlante

Se realizó el taller denominado “problemas socioambientales”, llevado a cabo el día 05 de agosto de 2021, con la participación de la presidenta del GAD Parroquial, el técnico ambiental, los presidentes de las juntas de agua, los operadores y guardabosques de cada comunidad, donde se dio a conocer la investigación que se está realizando en las vertientes hídricas de cada comunidad.

Se estructuró el mapa parlante de la siguiente manera: gráfico de la parroquia de Angochagua, sus comunidades y ubicación de las vertientes hídricas en donde se identificaron varios problemas socioambientales, con el apoyo de los participantes. Monroy (2017) indica que, el mapa parlante es una técnica de fácil manejo, que se enfoca en la colectivización del saber comunitario, permite el flujo de información intergeneracional y horizontal de transcendencia educativa.



Figura 14. Taller sobre problemas socioambientales en el GAD Parroquial de Angochagua

En las vertientes hídricas superficiales, no existe un control de seguridad para limitar el acceso hacia el páramo de Cochas y Chilco, poniendo en riesgo su estado natural a causa de factores como la expansión agrícola y ganadería. Asimismo, en la cuenca del río Tunjuelo de Bogotá, los principales problemas socioambientales identificados son la expansión de la frontera agrícola hacia el páramo de Sumapaz y el crecimiento urbano en zonas rurales, ocasionando contaminación de cuerpos de agua (Castaño y Urrego, 2015).

Las visitas mensuales de los guardabosques a estas vertientes hídricas no se realizan periódicamente y los habitantes manifestaron que, para poder consumir el agua, se debe primero hervir y así no presentar problemas en la salud. De igual forma, en la población rural de Timbío, Cauca – Colombia se han presentado problemas en las vertientes hídricas, afectando a la calidad de agua para consumo humano, especialmente por la infección de *Helicobacter pylori*, entre otras enfermedades infecciosas emergentes, este estudio reconoce la complejidad de los conflictos ambientales y su impacto a la salud humana (Acosta et al., 2015).

4.2.3 Análisis de las entrevistas realizadas a los operadores de las plantas potabilizadores

Se estructuró una entrevista de seis preguntas, enfocada a los operadores de los sistemas de abastecimiento de agua potable de cada comunidad, donde se evidenció que existe una variación en la cantidad de agua para consumo humano, esto se debe a que siempre va a disminuir el caudal de época lluviosa a época seca, a excepción de la comunidad de La Rinconada que por lo general presenta un buen caudal.

Además, manifestaron que la principal razón de la disminución de la cantidad de agua es a causa de las tuberías, ocasionando fugas de agua y evitando que se aproveche en su totalidad. Hasta ahora, las zonas urbanas tienen el privilegio de abasto, creación y mantenimiento de infraestructura del agua potable, el Estado ha buscado la participación de las zonas rurales en la construcción, operación y

administración de plantas de potabilización, pero muchos de estos procesos han fracasado (Gil et al., 2014).

Existe desconocimiento en la cantidad exacta de agua que ingresa y sale de la planta potabilizadora, ya que los operadores únicamente se encargan de potabilizar el agua. Además, manifestaron que el agua no es correctamente tratada, debido a que se aplica un tipo de tratamiento de cloración sin remover completamente los contaminantes, por lo que ha afectado a la población, especialmente a niños y personas de la tercera edad con problemas gastrointestinales. Los operadores de Cochas y Chilco manifestaron que en su comunidad si se recomienda hervir el agua antes de consumir. Existen diferentes tipos de tratamiento de potabilización de agua, como las semillas de la especie vegetal *Moringa oleífera*, para evitar el uso de sustancias químicas, ya que presentan una eficiencia del 90% en la remoción de la turbidez y hasta el 100% en la remoción de coliformes fecales (Rodríguez et al., 2018).

En cuanto al almacenamiento del agua permanece en el tanque menos de 15 horas hasta que se vacíe y luego se distribuye desde la planta potabilizadora hacia el usuario, pero en la comunidad de Angochagua la red de distribución tiene una mala ubicación, ya que en las pendientes el agua no asciende ocasionando dificultades de acceso al agua potable al consumidor. Por otro lado, en dos localidades de México, se diseñó una red de distribución adecuada para garantizar las demandas de agua con las presiones mínimas y máximas permisibles, asegurando que no se deteriore la operación de la red (Sandoval et al., 2013). Se debería mejorar o reestructurar la red de distribución para beneficio de todos los usuarios.

4.3 Estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes de agua

4.3.1 Matriz FODA

Mediante el análisis FODA se identificaron ocho aspectos internos, de los cuales son cuatro fortalezas y cuatro debilidades. Asimismo, se identificaron ocho aspectos externos, de los cuales son cuatro oportunidades y cuatro amenazas que acontece a las vertientes hídricas para consumo humano en la parroquia de Angochagua, como indica la Tabla 16.

Tabla 16. Matriz FODA para la situación actual de las vertientes hídricas para consumo humano

<p>Fortalezas</p> <p>F1. Dar a conocer a la parroquia el estado actual de conservación de las vertientes hídricas para consumo humano.</p> <p>F2. El GADPRA cuenta con el equipo necesario para las mediciones de caudales.</p> <p>F3. El GADPRA permite el uso de sus instalaciones para el desarrollo de talleres, junto con la participación de la parroquia.</p> <p>F4. Los guardabosques están en constantes capacitaciones para la protección de los páramos.</p>	<p>Oportunidades</p> <p>O1. El GADPRA da apertura y brinda apoyo logístico a tesistas para realizar trabajos de investigación.</p> <p>O2. La comunidad de Zuleta y la Rinconada tienen un acceso restringido a las vertientes hídricas.</p> <p>O3. El GADPRA realiza actividades que favorecen a las comunidades y a la naturaleza, en homenaje al Día de del agua, del medio ambiente, de la Tierra, entre otros.</p> <p>O4. La población de la parroquia de Angochagua se encuentra abierta al diálogo de los temas ambientales.</p>
<p>Debilidades</p> <p>D1. Visitas irregulares a las vertientes hídricas por parte de los guardabosques del GADPRA.</p> <p>D2. Falta de aprovechamiento del agua para consumo humano.</p> <p>D3. Las plantas potabilizadoras no se encuentran en constantes monitoreos.</p> <p>D4. Inadecuada red de distribución en todas las comunidades de la parroquia.</p>	<p>Amenazas</p> <p>A1. El agua potable no es tratada correctamente.</p> <p>A2. Desconocimiento sobre la potabilización por parte de los operadores.</p> <p>A3. Falta de mantenimiento de las vertientes hídricas subterráneas.</p> <p>A4. No hay restricciones para el acceso a las vertientes hídricas.</p>

4.3.2 Plan de acción de la matriz de stakeholders

A continuación, se plantearon tres estrategias de manejo, protección y conservación de las vertientes hídricas, con un enfoque a los grupos de mayor priorización identificados en la matriz de los *stakeholders*.

4.3.2.1 Estrategia 1. Programa de conciliación laboral entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras

La falta de organización dentro de las juntas de agua de cada comunidad ha generado problemas en la gestión del recurso hídrico para consumo humano, el mismo caso, según Toapanta (2017) las juntas de agua del cantón Ambato, necesitan mejorar las gestiones administrativas y ejecutar mecanismos de organización, planificación y coordinación en situaciones que se requiera tomar decisiones.

Mediante el proceso de conciliación se logrará que las juntas de agua y los operadores puedan resolver adecuadamente los conflictos agrícolas y pecuarios, cercanos a las vertientes hídricas, con la intervención de la presidenta del GAD parroquial para garantizar un acuerdo justo. Por otro lado, en Colombia la conciliación en el ámbito rural es inoperante, debido a que un 88% de las ofertas de conciliación se concentra en grandes ciudades, el 5% en ciudades intermedias y el 7% en área rural y rural dispersa, estos mecanismos de conciliación no siempre tienen buena acogida (Bedoya, 2020).

Esta estrategia tiene como responsables al GAD parroquial y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, está dirigida a las juntas de agua y operadores de plantas potabilizadoras de cada comunidad, con el propósito de lograr una conciliación entre estos grupos de interés, para evitar conflictos que alteren la cantidad y calidad del agua, como indica la Tabla 17.

Objetivo general

Contribuir a la convivencia entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras, con el fin de garantizar agua limpia y segura para las comunidades de la parroquia de Angochagua.

Objetivos específicos

- Realizar talleres que brinden conocimiento acerca de las responsabilidades y obligaciones de las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras.
- Identificar los problemas en la gestión financiera dentro de cada comunidad de la parroquia de Angochagua, para mejorar los procesos de captación y potabilización del agua.
- Fomentar buenas prácticas ambientales a las juntas de agua y operadores de plantas potabilizadoras para conservar las vertientes hídricas.

Tabla 17. Programa de conciliación laboral entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras

Programa	Proyectos	Actividades	Presupuesto	Responsable
Programa de conciliación laboral	Proyecto de igualdad laboral	<ul style="list-style-type: none"> Fomentar la igualdad de oportunidades mediante un conversatorio con los miembros de las juntas de agua y operadores. Realizar un taller para conocer la compatibilidad de intereses, obligaciones y necesidades. Implementar políticas públicas para regular y controlar la gestión del recurso hídrico con la participación de las juntas de agua y operadores. 	\$ 1 000	GAD parroquial
	Proyecto de participación rural	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un taller de responsabilidades y obligaciones que deben cumplir las juntas de agua y los operadores. Entrevistar al ente encargado de la gestión financiera de cada comunidad, para fortalecer sus debilidades. Realizar una guía de buenas prácticas ambientales y socializar a la comunidad con el apoyo del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 	\$ 2 500	GAD parroquial, y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

-
- Realizar una salida de campo a las vertientes hídricas para que los representantes de las juntas de agua de cada comunidad conozcan el panorama actual.
 - Colaborar con la presidenta del GAD parroquial para alcanzar una conciliación entre las dos partes interesadas.
-

4.3.2.2 Estrategia 2. Programa de buen manejo de vertientes hídricas

En las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua no hay un manejo constante por parte de los guardabosques y operadores de cada comunidad, el mismo caso ocurre en la vertiente hídrica Santa Martha del cantón Antonio Ante, en donde no se da un buen manejo del recurso hídrico y existen intervenciones sin protección física para su cuidado, ocasionando pérdida de la cobertura vegetal y, además, a lo largo de toda la vertiente se evidencia gran cantidad de basura (Chávez, 2015).

Mediante el buen manejo de las vertientes hídricas, se garantizará el buen uso y aprovechamiento del agua, además de eliminar las posibilidades de contaminación del recurso hídrico, según Pérez (2011) muchas comunidades ven como cada año la disponibilidad y el acceso al agua, se hace cada vez más difícil, por eso es necesario manejar, proteger y conservar las vertientes de agua.

Esta estrategia tiene como responsable al GAD parroquial, está dirigida a todas las comunidades, con el propósito de lograr una mejor gestión de las vertientes de agua para consumo humano, como indica la Tabla 18.

Objetivo general

Promover el buen manejo de vertientes hídricas para garantizar el uso y aprovechamiento del agua de las comunidades de la parroquia de Angochagua.

Objetivos específicos

- Realizar prácticas con la comunidad en el área de captación de las vertientes hídricas.
- Realizar monitoreos y controles en las vertientes hídricas.
- Proponer una guía de buen manejo de vertientes hídricas para que se aplique frecuentemente.

Tabla 18. Programa de buen manejo de vertientes hídricas

Programa	Proyectos	Actividades	Presupuesto	Responsable
Programa de buen manejo de vertientes hídricas	Proyecto de reforestación nativa	<ul style="list-style-type: none"> Realizar plantaciones de vegetación nativa en los alrededores de las vertientes de agua, con las siguientes especies vegetales: <i>Bomarea multiflora</i>, <i>Calceolaria crenata</i>, <i>Cortaderia nitida</i> y <i>Plantago australis</i>. Promover la regeneración del entorno natural, mediante un conversatorio con la comunidad. Implementar un vivero únicamente con especies nativas. Realizar un taller para dar a conocer la importancia de las especies nativas para la conservación de las vertientes hídricas. 	\$ 10 000	GAD Parroquial
	Proyecto de monitoreo y control de agua para consumo humano	<ul style="list-style-type: none"> Realizar mediciones frecuentes de las vertientes de agua para conocer su caudal. Reparar las fugas de las tuberías. No utilizar el agua de consumo humano para riego. Realizar análisis semestral de la calidad del agua de las vertientes hídricas y del agua tratada. Realizar visitas mensuales a los sistemas de captación. 	\$5 000	GAD Parroquial

4.3.2.3 Estrategia 3. Programa de agricultura y ganadería sostenible

El uso inadecuado de agroquímicos en la parroquia de Angochagua ocasiona el deterioro acelerado del suelo agrícola y contaminación del agua, Muñoz et al. (2016) el sistema tradicional campesino es aparentemente insostenible, mientras que las granjas de producción con enfoque integral presentan mejores oportunidades de desarrollo en el tiempo.

Mediante este programa se logrará que los sistemas agrícolas y pecuarios tengan un ámbito sostenible, para contribuir a la conservación de las vertientes hídricas, Muñoz et al. (2016) las prácticas agroecológicas son más amigables con el ambiente, resguardan la soberanía alimentaria y mejoran la calidad de vida de los campesinos.

Esta estrategia tiene como responsables al GAD parroquial y al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, está dirigida a todas las comunidades, con el propósito de lograr un buen manejo de la agricultura y ganadería, para conservar el suelo y las vertientes hídricas, como indica la Tabla 19.

Objetivo general

Fomentar la agricultura y ganadería sostenible en las vertientes hídricas de la parroquia de Angochagua, para prevenir la contaminación del agua.

Objetivos específicos

- Determinar prácticas sostenibles para lograr la agricultura y ganadería sostenible en las comunidades de la parroquia de Angochagua.
- Realizar un taller de socialización sobre las prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles.
- Monitorear las prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles en el área de estudio.

Tabla 19. Programa de agricultura y ganadería sostenible

Programa	Proyectos	Actividades	Presupuesto	Responsable
Programa de agricultura y ganadería sostenible	Proyecto de soberanía y seguridad alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la rotación de cultivos, que consiste en plantar diferentes tipos de especies vegetales durante distintos ciclos en un mismo terreno, con el fin de mejorar la salud de los suelos, optimizar nutrientes, combatir plagas y disminuir riesgos económicos. 	\$2 000	GAD parroquial
		<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un taller para dar a conocer que la soberanía alimentaria mejora la capacidad de recuperación de los ecosistemas y contribuye a la conservación. 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Diversificar los cultivos, es la técnica del policultivo que consiste en cosechar múltiples especies vegetales en un mismo ciclo y terreno, como cereales y leguminosas. 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar fertilizantes orgánicos, como cáscaras de huevos, estiércol de bovino, paja de maíz y humus de lombriz. 		

Proyecto de protección de los recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar cercas vivas con la especie vegetal <i>Alnus glutinosa</i> (aliso), para limitar el acceso de personas y animales, además, sirven como cortina rompevientos y se utilizan para mejorar el suelo. • Implementar prácticas silvopastoriles, que consiste en combinar ganado, pastos, árboles o arbustos. Permite mayor conservación del suelo, mejor rendimiento y duración del pasto, alimento nutricional y sombra para el ganado. • Realizar rotación de potreros, se basa en alternar el uso con el descanso, promueve la producción de semillas y la resiembra natural, producción constante del forraje, control de parásitos internos y externos, facilita el control de maleza y se obtiene la máxima producción animal por hectárea. • Realizar mingas de limpieza mensuales alrededor de las vertientes hídricas. 	\$2 000	GAD parroquial
---	--	---------	----------------

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se evidenció que en la comunidad de la Magdalena la vertiente hídrica Santa Martha 1 tiene mayor porcentaje en el índice de escasez con un valor de 75.99% en la época lluviosa y 83.94% en la época seca, el cual establece un agotamiento extremo. La calidad de agua en las vertientes hídricas no cumple con los criterios de calidad del TULSMA, Reglamento Peruano y OMS, debido a que exceden los límites máximos permisibles de coliformes totales para las dos épocas. Mientras que, la calidad del agua tratada, según el IRCA, demostró que la comunidad de la Rinconada, Zuleta y Chilco tienen un nivel de riesgo inviable sanitariamente en ambas épocas, es decir, que el agua es inadecuada para el usuario, evidenciando que el estado de conservación actual de las vertientes hídricas es crítico.

El mapeo de los *stakeholders* demostró que existen dos grupos de interés con mayor priorización que son las juntas de agua y las vertientes hídricas. Además, se conocieron los principales problemas socioambientales como la falta de aprovechamiento del agua por desviaciones a canales de riego y conexiones clandestinas, la expansión agrícola y ganadera afectando a las vertientes hídricas y el acceso al agua potable. También se determinó que se realiza un tipo de tratamiento por cloración deficiente en todas las plantas potabilizadoras, sin remover totalmente los contaminantes, por tal motivo el usuario tiende a hervir el agua previo al consumo.

Con el análisis FODA se conoció el panorama actual de la parroquia de Angochagua y junto con la matriz del plan de acción de los *stakeholders*, se planteó una estrategia para la correcta administración de las juntas de agua, mediante el programa de conciliación entre las juntas de agua y operadores de las plantas potabilizadoras. Además, se plantearon dos estrategias para el manejo, protección

y conservación de las vertientes hídricas mediante los programas de buen manejo de vertientes hídricas y agricultura/ganadería sostenible.

5.2 Recomendaciones

Realizar visitas frecuentes a las vertientes hídricas por parte de los guardabosques y operadores del agua para verificar si se encuentran en buen estado los tanques de captación y realizar mantenimientos. Por otro lado, se deberían realizar mingas de limpieza alrededor de cada vertiente hídrica para evitar que se acumulen residuos orgánicos e inorgánicos. También optar por otros tipos de tratamiento de potabilización más eficientes y amigables con el ambiente. Y, por último, reforestar con plantas nativas cada vertiente de todas las comunidades.

Se debería reestructurar la distribución del agua potable en la comunidad de Angochagua, debido a las pendientes, para que todos los habitantes tengan acceso al recurso hídrico. Además, se debería tener un mayor control en las conexiones clandestinas con la implementación de sanciones por parte del GAD parroquial. Así mismo, se deberían aplicar sanciones a las personas que ingresen a las vertientes hídricas sin permiso de las autoridades.

Aplicar cada uno de los programas establecidos a corto plazo para garantizar la conservación de las vertientes hídricas y mejorar la administración de las juntas de agua. Solicitar apoyo económico a la Alcaldía de Ibarra para la implementación de estos programas.

REFERENCIAS

- Acosta, C., Benavides, J. y Sierra, C. (2015). Análisis cualitativo de la calidad del agua y la infección por *Helicobacter pylori* en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca – Colombia). *Salud colectiva*, 11(4), 575 – 590.
- Acosta, M., Basani, M. y Solis, H. (2019). Prácticas y saberes en la gestión comunitaria del agua para consumo humano y saneamiento en las zonas rurales del Ecuador. Recuperado de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Pr%C3%A1cticas_y_saberes_en_la_gesti%C3%B3n_comunitaria_del_agua_para_consumo_humano_y_saneamiento_en_las_zonas_rurales_de_Ecuador_es.pdf
- Andrades, M. (2017). Aplicación de índices y clasificaciones en climatología. Recuperado de: D:/Descargas/Dialnet-TrabajoPracticoDeClimatologia-699751%20(1).pdf
- Aguirre, S., Piraneque, M. y Cruz, R. (2018). Sustancias naturales: alternativas para el tratamiento del agua del río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 29(3), 59 – 70.
- Aguilar, O. y Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancho del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*. (tesis pregrado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú.
- Aguilar, Z., P. Hidalgo y C. Ulloa. 2009. *Plantas Útiles de los Páramos de Zuleta, Ecuador*. Proyecto de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Alpacas en los Páramos de Zuleta. PPA-EcoCiencia. Quito.
- Álvarez, J., Panta, J., Ayala, C. y Acosta, E. (2010). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información tecnológica*, 19(6), 21-32.
- Arámbula, M., García, M. y Ávila, F. (2017). *El agua para la Agricultura de las Américas*. México: CODEX.
- Argandoña, L. y García, M. (2013). *Determinación de sólidos totales suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante*

- período de marzo a septiembre 2013.* (tesis pregrado). Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- Aznar, A. (2014). *Determinación de parámetros fisicoquímicos de calidad de aguas.* 2(23).
- Baque, R., Ochoa, L., González, B., Díaz, E. y Arévalo, C. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Ciencia unemi*, 9(20), 109-117.
- Bedoya, J. (2020). *Conciliación, una vía clave para solucionar los conflictos de tierra en Colombia.* El País. Recuperado el 21 de octubre del 2020 de <https://elpais.com/economia/2020-10-22/conciliacion-una-via-clave-para-solucionar-los-conflictos-de-tierra-en-colombia.html>
- Benites, Y. (2019). *Diseño de un prototipo compacto potabilizador de agua superficial con independencia energética.* (tesis pregrado). Universidad del Piura, Perú.
- Benítez, M., Ramírez, M., Rosales, M., Vílchez, D., Coromoto, L., Ferrer, K. y Ávila, A. (2016). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(4), 107-113.
- Bernal, A. y Rivas, L. (2012). Modelos para la identificación de stakeholders y su aplicación a los pequeños abastecimientos comunitarios de agua. *Revista LEBRET*, (4), 251-273.
- Bravo, C., Bello, Í., y López, Y. (2016). Contaminación de agua cruda de río y potabilizada de consumo doméstico en Manta - Ecuador. *Dominio de Las Ciencias*, 2(3), 171–186. <https://doi.org/10.23857/dc.v2i3.128>
- Bravo, L. (2018). *Impactos de la escasez hídrica sobre las prácticas cotidianas de uso de agua de las mujeres mapuches en la comuna de san juan de la costa.* (tesis pregrado). Universidad de Chile, Chile.
- Briñez, K., Guarnizo, J. y Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Rev. Fav. Nac. Salud Pública*, 30(2), 175-182.
- Calero, P. (2017). *Aplicación del modelo USLE para la determinación de la pérdida de suelo por procesos erosivos en los páramos de la zona noroccidental del*

- volcán Casahuala, provincia de Tungurahua, Ecuador.* (tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Castro, Y., Zúñiga, A., Mora, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en marcha*. 31 (1), 35 – 46. doi: 10.18845/tm.v31i1.3495
- Castaño, M. y Urrego, L. (2015). Problemáticas socioambientales en la cuenca del río Tunjuelo: una posibilidad en la enseñanza y el aprendizaje de la geografía. *Giramundo, Río de Janeiro*, 2(4), 95 - 108.
- Chan, M y Peña, W. (2014). Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Iacán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*. 7(1), 19-23.
- Chávez, A. (2015). *Diagnóstico biofísico socioeconómico de la vertiente Santa Marta cantón Antonio Ante.* (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Cedrus Medio Ambiente. (2021). Inventario de flora: Qué es y para que sirve. Servicios de investigación y consultoría ambiental. España.
- Cevallos, C. (2019). *Evaluación de la huella hídrica azul de la ciudad de Riobamba, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.* (tesis posgrado). Universidad Politécnica de Cataluña, Ecuador.
- COOTAD, Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2018). Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de octubre de 2010.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Reformas en Registro Oficial-Suplemento de 13 de julio de 2011.
- Córdoba, J., Acosta, R., Pacheco, J. y Ramirez, C. (2016). Recopilación de experiencias en la potabilización del agua por medio del uso de filtros. *Revista Inventun*, 11(20), 53 - 60.
- Cristina González Muñoz, M., & Alberto Palacio Baena, J. (2011). Nutrientes y carbono orgánico disuelto en el agua natural para un proceso de potabilización

- y su relación con el nivel del embalse afluente. 9, 27–37.
- Cuasapud, N. (2017). *Manejo y protección de fuentes de agua para consumo humano, en la microcuenca del Tahuando, en el cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Damonte Valencia, G., Gonzales Negreiros, I., & Lahud Vega, J. (2016). La Construcción del Poder Hídrico: Agroexportadores y Escasez de Agua Subterránea en el valle de Ica y Villacurí. *Anthropologica*, 34(37), 87-114. <https://doi.org/10.18800/anthropologica.201602.004>
- Dao, T. y Tran, T. (2017). Stakeholders approach on corporate governance and performance of Vietnamese manufacturim firms. *Journal of Governance and Regulation*, 6(2), 61-73.
- Daza, M., Reyes, A., Cerón, W. y Fajardo, M. (2012). Índice de sostenibilidad del recurso hídrico agrícola para la definición de estrategias sostenibles competitivas en la Microcuenca Centella Dagua-Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*, 15(2), 47-58.
- Delgado, F., Trujillo, J y Torres, M. (2017). Gestión del agua en comunidades rurales; caso de estudio cuenca del río Guayuriba, meta-Colombia. *Revista Luna Azul*, (45), 59 - 70.
- Delgado, V., Arumí, J. y Reicher, O. (2017). Problemas que plantea la regulación de las áreas de protección de los derechos de aprovechamiento de las aguas subterráneas en Chile, cuando sirven a captaciones de agua potable. *Revista de derecho (Coquimbo)*, 24(2),143 - 180. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-97532017000200143>
- Díaz, L y Alarcon, J. (2018). *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare*. (tesis pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Dibujes, D. (2016). *Evaluación de funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón San Miguel de Urcuquí, para garantizar la calidad del agua de acuerdo a la normativa ambiental*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

- Domínguez, E., Rivera, H., Vanegas, R. y Moreno, P. (2010). Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 32(123), 195-212.
- Dueñas, C., Dorado, L., Espinoza, P. y Suescún, S. (2018). Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 36(3). DOI:10.17533/uda.rfnsp.v36n3a10
- Eco fluidos Ingenieros S.A. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación de uso doméstico y agroquímico en Apurímac y Cuzco. FIODM. Lima - Perú.
- Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado Ibarra. (2019). análisis de la calidad de agua período 2019-2020 en la parroquia de Angochagua. Ibarra - Ecuador.
- Escalona, E., Silveira, S. y Lorente, Y. (2020). Coliformes termotolerantes en pozos, causas y tratamiento con radiación ultravioleta. Consejo Popular Yara, 2020 (Original). Redel. *Revista Granmense De Desarrollo Local*, 4, 1141-1153
- Escobar, L., Chávez, G. y Roncal, M. (2020). Efficiency of the vegetal tissue of *Armatocereus rauhii* subsp. *Balsasensis* (F. Ritter) Ostolaza and *Espositoa mirabilis* F. Ritter (Cactaceae) in the removal of total suspended solids in the water for human consumption of the district of Balzas - Amazonas. *Arnaldoa*, 27(1), 157-167.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Ganadería Y Manejo Sustentable Del Agua*. <https://www.publitec.com/wp-content/uploads/GANADERIA-Y-MANEJO-SUSTENTABLE.pdf>
- Fajardo, C. y Ontaneda, G. (2020). Determinación del índice de transición que influye en la definición de la época seca y húmeda en la zona de la ciudad de conocimiento Yachay. *AMBIENTS*, 2(4), 52 - 67.

- Farinango, G. (2014). *Criterios de optimización en la operación en sistemas de tratamiento de aguas residuales, Huaycopungo Norte*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador
- Fernández, C. (2012). El agua, un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
- Flores, S., Peceros, M., Tapia, M., Tejada, T., Yugra, M., Paredes, J. y Villanueva, J. (2015). Evaluación preliminar de los niveles de cloro residual (CL₂) y contaminación por cloramina en agua potable de la ciudad de Arequipa - 2015. *VERÍITAS*, 16(1), 51 - 55.
- Fuentes, A., Pauchard, A., Marticorena, A. y Sánchez, P. (2010). Relación entre la invasión de *Acacia dealbata* Link (Fabaceae: Mimosoideae) y la riqueza de especies vegetales en el centro-sur de Chile. *Revista Gayana. Bot*, 67(2), 188 - 197.
- Fuentes, R., Ramos, J., Jiménez, M. y Esparza, M. (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 253-264.
- Galvín, R. M. (2010). Características Físicas, Químicas Y Biológicas De Las Aguas. *Emacs*, 1(c), 37.
- Fontalvo, F y Tamaris, C. (2018). Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Madgalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica*, 13(2), 101-111.
- GAPRA, Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial Rural de Angochagua. (2015). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia Rural Angochagua*.
- GAPRA, Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial Rural de Angochagua. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia Rural Angochagua*.
- García, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *Pv Albeitar*, 11(48), 1-4.
- García, C., Garcia, J., Rodriguez, J., Pacheco, R y Garcia, M. (2018). Limitaciones del IRCA como estimador de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Salud Publica*. 20(2), 204-207.
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., & Montealegre Medina, F. A. (2020). Manejo de cuencas hidrográficas. *Manejo de Cuencas Hidrográficas*.

<https://doi.org/10.35537/10915/87641>

- Gil, M., Reyes, H., Marquéz, L. y Cardona, A. (2014). Disponibilidad y uso eficiente de agua en zonas rurales. *Investigación y ciencia*, 22(63), 67 - 73.
- Global Water Partnership-South America. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del Sur De la Visión a la Acción-Informe nacional sobre la gestión de agua en Ecuador*. Quito, Ecuador: CEPAL.
- Gonzaga, S., Castro, N. y López, G. (2017). El abasto del agua potable y la salud comunitaria. Machala, Ecuador. Estudio de caso. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), 218 - 223.
- Grijalba, V., Trigueros, D. y Urbano, J. (2019). El IRCA y las inversiones en saneamiento básico en la región de la Amazonia y Orinoquia. Retos en la información de ingenieros en la era digital, Pontificia Universidad Javeriana: Cali, Colombia.
- Guanoquiza, L. y Antúnez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(9), 2410 - 7980.
- Guevara, D. (2015). Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: caso de estudio microcuenca del Río Upín. *Ekp*, 13(3), 1576-1580.
- Henry, A. y González, C. (2010). Influencia de la temperatura del agua en la distribución de estados inmaduros de Simuliidae (Diptera, Insecta) en el Río Lluta Arica, Chile. *IDESIA*, 26(3), 45-49.
- Hernández, Y., Gracia, C. y Rojas, J. (2018). Identificación de las posibles causas de contaminación en el sistema de distribución de agua potable, por tuberías en el barrio Belén de la ciudad de Ibagué. (tesis pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia.
- Hernandez, A., Pinedo, J., Paternina, R y Marrugo, J. (2021). Evaluacion de calidad de agua en la quebrada Jui afluente del rio Sinun, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & divulgacion cientifica*. 24(1): 1678. <http://doi.org/10.31.910/rudca.v24.n1.2021.1678>.
- Herrera, K.(2017). Identificación hidrológica de zonas de recarga de las fuentes de

- abastecimiento de agua en la comuna, La Esperanza, provincia del Carchi. (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Huerta, J. y Benavides, Y. (2018). Evaluación de los sistemas de acceso a agua clorada y sus efectos en la salud infantil del Distrito de Mochumí-Lambayeque, 2018. *Revista Gobierno y Gestión Pública*, 5(2), DOI: <https://doi.org/10.24265/iggp.2018.v5n2.07>
- Huamán, M., Depaz, K., Araujo, N. y Flores, J. Tecnología de potabilización de agua en zonas rurales como medida de adaptación al cambio climático en el Callejón de Huaylas, Ancash - Perú. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(1), 40 - 46.
- IGM, Instituto Geográfico Militar. (2016). Catálogos de cartografía básica oficial. Recuperado de: <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/>
- INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014). Norma técnica ecuatoriana. Agua potable requisitos. Recuperado de: <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
- INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108 (2020). Norma técnica ecuatoriana. Agua para consumo humano requisitos. Quito- Ecuador.
- Irondo, M. (2016). Aguas Superficiales y Subterráneas de la Provincia de Santa Fe (Segunda Edición). *Scientific, National, April 2012*.
- Izuerieta, R., Campaña, A., Calles, J., Estévez, E. Ochoa, T. (2017). Calidad del agua en las Américas, Riesgos y Oportunidades. Obtenido de: <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
- Jácome, G., Valarezo, C. & Yoo, C (2018). Assessment of water quality monitoring for the optimal sensor placement in lake Yahuarcocha using pattern recognition techniques and geographical information systems. *Environ Monit Assess* 190, 259 . <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6639-x>
- Jácome, G. (2015). *Propuesta de gestión de los conflictos socioambientales generados por el agua de consumo humano dentro de la microcuenca de la Laguna de Yahuarcocha* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Jácome, G., Mejía, J., Guerra, N., Romero, A., Piedmag, N., Padilla, C., Tanaí, I. y Pupiales, N. (2020). Los volcanes de Imbabura y su tiempo geológico.

- Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Jaramillo, C., Molina, F. y Betancur, T. (2011). Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planos de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de Corantioquia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), 33 - 46.
- Jaya, F. E. (2017). *Estudio De Los Sólidos Suspendidos En El Agua Del Rio Tabacay Y Su Vinculación Con La Cobertura Vegetal Y Usos Del Suelo En La Microcuenca*. 103. (tesis pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Khodadadi, M., Mahvi, A., Ghaneian, M., Ehrampoush, H., Dorri, H. y Rafati, L. (2016). The role of desalination in removal of the chemical, physical and biological parameters of drinking water (a case study of Birjand City, Iran). *Desalination and Water Treatment*, 57(53), 25331–25336. <https://doi.org/10.1080/19443994.2016.1150887>
- Klinger, W. (2013). Análisis físico-químico y ecológico de las fuentes abastecedoras de agua para comunidades indígenas de Osbezcac en la cuenca del Río Saija, Timbiqui-Cauca. *Analisis Pendapatan Dan Tingkat Kesejahteraan Rumah Tangga Petani*, 53(9), 1689–1699.
- León, K.(2017). *Elaboración y calibración de una canaleta Parshall para medir diferentes caudales de flujo que permita validar las ecuaciones de aforos*. (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- León, P., Monsalve, E. y Lozano, G. (2011). Análisis espacial y temporal del índice de escasez de agua en la cuenca del río quindío. *Rev. Invest. Univ.Quindío*, (22), 70 - 82-
- León, J. (2019). *Determinar las eficiencias de las desinfecciones en el abastecimiento del agua para consumo humano, cloración por goteo y difusión, Primorpampa - Shupluy - Yungay - Ancash, 2018*. (tesis pregrado). Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Perú.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 305.
- Logroño, N. (2015). *Alternativas para la protección y conservación de las fuentes hídricas pertenecientes a la microcuenca de la quebrada balsas*. (tesis pregrado). Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

- López Estrada, R. E., & Deslauriers, J.-P. (2011). La entrevista cualitativa como técnica para la investigación en Trabajo Social. *Margen61*, 61, 19. <https://doi.org/http://trabajosocialmazatlan.com/multimedia/files/InvestigacionPosgrado/Entrevista.pdf>
- López, A., Martínez, L., Fera, J. y Cruz, J. (2016). Planificación del recurso hídrico en la quebrada Aguas Blancas, zona rural de Montería, Córdoba. *Prospect*, 14(2), 71 - 80. <https://doi.org/10.15665/rp.v14i2.567>
- Lozano, W. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Módulo didáctico. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- Martínez, Y. y Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(1), 58 - 72.
- Mattey, D., Navarro, J., Obando, P., Fonseca, A. y Núñez, C. (2017). Caracterización de cobertura vegetal dentro de la franja de protección del Río Copey, Jacó, Puntarenas, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 1(58), 58-1.11 doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac>.
- MARN, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2014). Protejamos Y Conservemos El Recurso Hídrico. *Aprendamos Sobre La Gestión Integrada Del Recurso Hídrico*, 1–20. www.marn.gob.sv, El Salvador.
- Mejía, L., Zelada, M., Torres, L. y Cuse, J. (2021). Análisis microbiológico del agua de consumo humano del centro poblado Pachipiriana, provincia de Jaen, Perú. *Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(2), 66 - 69.
- MSP, Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2020). Protocolo de seguridad y salud en el trabajo para el sector público y privado. MTT6-PRT-020.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y acciones que deben adelantarse. Resolución N°2115.
- Mayta, R. y Mayta, J. (2017). Removal of chromium and chemical oxygen demand of tannery wastewater by electrocoagulation. *Revista de la Sociedad Química*

- del Perú, 83(3), 331-340.
- Microlab industrial. (2015). Análisis comparativas y relaciones entre la DBO₅, DQO y COT. *Consorsio de aguas*.
- Mohan, L. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent - A critical review. *Bioresource Technology*, 160, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>
- Monroy, J. (2017). Mapa parlante, eventos de socialización de la caracterización y valoración ecológica de las áreas priorizadas. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Julieth-Monroy-Hernandez/publication/332058784_MAPA_PARLANTE/links/5c9cf8c992851cf0ae9cdb4d/MAPA-PARLANTE.pdf
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Hernán, C. y Ecobar, J. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *EIA*, 16, 137-148.
- Morales, A. (2012). Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas presentes en el Bosque Potosí del municipio de Aguachica - Cesar. (tesis pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Colombia.
- Morales, E., Solano, M., Morales, R., Reyes, L., Barrantes, K., Achí, R. y Chacón, L. (2019). Evaluación de la influencia de la estacionalidad climática en calidad del agua de consumo humano en un sistema de abastecimiento en San José (Costa Rica) período 2017 - 2018. *Rev. Costarricense de Salud Pública*, 28(1), 77 - 87.
- Muñoz, M., Artieda, J., Espinoza, S., Curay, S., Pérez, M., Nuñez, O., Mera, R., Zurita, H., Velastegui, G., Pomboza, P., Carrasco, A. y Barros, M. (2016). Granja sostenible: integración de sistemas agropecuarios. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 19(2), 93 - 99.
- Nieto C., C., Pazmiño Ch., E., Rosero, S., & Quishpe, B. (2018). Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Siembra*, 5(1), 051–070. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1427>

- Ordóñez, M., Bravo, I. y Figueroa, A. (2013). Flujo de Carbono Orgánico Total (COT) en una cuenca andina: caso subcuenca Río Las Piedras. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(24), 1692-3324.
- Organización Mundial de la Salud.(2006). Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice la Tercera Edición. Volúmen 1.
- Ortegón, E., Pacheco, J. y Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Pabón, G., Reascos, D., Yépez, L., Oña, T., Velarde, E., Vásquez, L. y Molina, P. (2012). Actualización del plan de manejo integral de la microcuenca hidrográfica de Yahuarcocha, provincia de Imbabura. Reporte de la Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Panizzo, L., Lesmes, L., Sánchez, J., Lozano, H. y Franco, A. (2010). *Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos*. Santa Marta, DTCH: Precolombi.
- Pedrosa, M. y López, C. (2012). La importancia de la gestión de stakeholders para la consecución de un desarrollo rural sostenible. Universidad Santiago de Compostela. Compostela.
- Pérez, S. (2011). Educación ambiental: estrategia en la enseñanza de contaminación de fuentes hídricas. *Luna Azul*. 33, 10.14.
- Pérez, I. (2015). *Optimización de la dosificación de sulfato de aluminio para el tratamiento de agua potable del Distrito de Vilcacoto*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Pérez, R. y Ramos, G. (2018). Dofis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica 2018. (tesis pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- PDOTA. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Angochagua. (2020). Ibarra, Ecuador.
- Ponce, H. (2007). La matriz FODA: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e investigación en psicología*, 12(1), 113-130.

- Posada, E., Mojica, E., Pino, N., Bustamante, C. y Monzón, A. (2013). *Dyna*, 89(181), 192-200.
- Pozo, D. y Benavides, M. (2015). *Diagnóstico del estado actual de conservación y propuesta de intervención en las vertientes que abastecen de agua para consumo humano a la parroquia la Carolina, cantón Ibarra*. (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Quezada, Luis; Grundman, Gesa; Expósito, Miguel; Valdez, L. (2001). *Preparación y ejecución de talleres de capacitación: una guía práctica*. <http://biblioteca.clacso.edu.ar>
- Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdeas, I., Crespo, P. y Célleri, R. (2015). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur de Ecuador. *Suelos Ecuatoriales*, 42(2), 138 - 153.
- Raffo, E. y Ruíz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industria data*, 17(1), 71-80.
- Ramirez, H. y Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua, *revista facultad de ciencias básicas*, 11(2), 136 - 153.
- Reglamento de la calidad de agua para consumo humano- Decreto Supremo N° 031-2010-S.A. (2010). Lima-Perú.
- Reyes, A. (2011). Estadística descriptiva. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Programa de medicina. Santa Ana de Coro.
- Ríos, S., Agudelo, . y Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad de agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247. doi: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08
- Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Acuerdo No. 061 (2015). Quito, Ecuador: Registro Oficial 316.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 507.
- Rodríguez, D. M., y Perez, A. P. (2014). Determination of potential groundwater recharge in Guara basin of Cuba. 6, 58–70.
- Rodríguez, J., Ortiz, D., Rodríguez, E. y Santos, E. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa

- Oleífera. *Revista Lasallista de investigación*, 15(2), 118 - 130.
- Rojas, D y Colmenares, R. (2021). Análisis de los índices de riesgos de calidad de agua potable (IRCA) en Boyacá entre 2016 - 2019. *Agricolae & Habitat*, 4(1), 30-44. <https://doi.org/10.22490/26653176.4315>
- Romero, I., Luna, J y Ponce, W. (2011). Calidad sanitaria de las fuentes hídricas de la cuenca baja del río manzanares, Santa Marta, Colombia. *Rev. Intropica*, (6), 51-62.
- Ruiz, M. (2019). *Sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises aplicables a sectores urbanos con déficit hídrico*. (tesis pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.
- Saltos, R., Rogriguez,L., Sucoshañay, D y Bucaram, E. (2017). Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo. *Ingeniería hidráulica y ambiental*. 38(2), 59-72.
- Samboni, N. E., Aldemar, R., & Yesid, C. (2011). Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta Application of the quality indicators and contamination of the water in the determination of net hydric supply. *Environmental Engineering*, 60(2), 49–60.
- Sánchez, A. (2008). Efectos de los trihalometanos sobre la salud. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8,280 - 290.
- Sánchez, W.(2017). *Diagnóstico de vertientes y determinación de reservas hídricas prioritarias para el abastecimiento de agua, para el consumo humano en la parroquia la esperanza*. (tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Sandoval, L., Ruiz, J., Flores, Z. y Juárez, A. (2013). Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México. *RIHA*, 34(1), 112 - 126.
- Sandoval, A. y Gunter, M.(2013). La gestión comunitaria del agua en México y en Ecuador: otros acercamientos a la sustentabilidad. *Ra Ximhai*, 9(2), 165 - 179.
- Sandoval, H. (2014). Sistematización Proyecto Conservación de Páramos Andinos y Reforestación con Especies Nativas SUMAK ALPA YACU Angochagua. *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Angochagua*

- Administración 2014- 2019.* <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/06AM06-1000152.pdf>
- Santiago, D., Bracho, N. y Torres, D. (s.f.). Potabilización del agua empleando tratamientos no convencionales en poblaciones rurales. Universidad de Zulia Venezuela.
- Secretaría Nacional del Agua.(2016). Agencia de Regulación y Control del Agua, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud Pública, Agencia Nacional de Regulación y Control Sanitario. Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador, 97.*
- Secretaría Nacional del Agua. (2012). Manual técnico de rocedimiento para la elaboración de informes técnicos de sustentación para las resoluciones de autorización del derecho de uso y aprovechamiento del agua. Quito.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES (2021) Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
- Simões, M., Morales, G. y Carneiro, C. (2020). Avaliação da qualidade da água de poços domésticos em comunidades rurais no Arquipélago de Marajó - PA. *Revista Brasileira de Geografia Física. 13(5), 2 462 - 2 475.*
- Solís, Y., Zúñiga, L. y Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozo y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha, 31(1), 35-46.* <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Soto, C. y Reina, E. (2012). Análisis de la calidad del agua en las Subcuenca del Río Coca. Estudio Técnico: DNCA-THN-12-01. Coca Ecuador: Secretaría Nacional del Agua.
- Teillier, S., Figueroa, J. y Castro, S. (2010). Especies exóticas de la vertiente occidental de la Cordillera de l costa, provincia de Valparaíso Chile Central. *Revista Gayana. Botánica, 67(1), 27 - 43.*
- Terneus, E. y Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja, 27(1), 36–50.* <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente. (2015). Quito,

Ecuador: Registro Oficial N°387.

- Tetreault, B., Ochoa, E. y Hernandez, E.(2012). *Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil*. Recuperado de: <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/425/Conflictos%5B1%5D.pdf?seq>
- Toapanta, T. (2017). *Diagnóstico de la Gestión Administrativa de las Juntas de Agua Potable y Saneamiento del Cantón Ambato*. (tesis pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Tognelli, M., Lasso, C., Bota, A., Jiménez, L. y Cox, M. (2016). Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes tropicales. In *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes tropicales*. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2016.02.en>
- Torres, C., García, C., García, J, García, M. y Pachecho, M. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Rev. salud pública* 19(4). <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>
- Vargas, J., Lizarazo, L., Valdivieso, M. y García, D. (2019). Evaluación cuantitativa de riesgos microbiológicos asociado con el consumo de agua del río Chicamocha en Boavita- Boyacá. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 22(1):e1187. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1187>
- Velázquez, M., Pimentel, J. y Ortega, M. (2011). Estudio de distribución de boro en fuentes de agua de la cuenca del Río Duero, México, utilizando análisis estadístico multivariado. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(1), 19-30.
- Velóz, N. y Carbonel, C. (2018). Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Chibunga-Ecuador, en variaciones estacionales, pperíodo 2013 - 2017. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 21(42), 13 - 26.
- Wilchez, J., Morales, W., Villamizar, O. y Castellano, C. (2013). Alternativa para la potabilización del agua en zonas rurales. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 4(2), 37 - 38.
- Wu, P., & Tan, M. (2012). Challenges for sustainable urbanization: a case study of

water shortage and water environment changes in Shandong, China. *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 919–927.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.085>

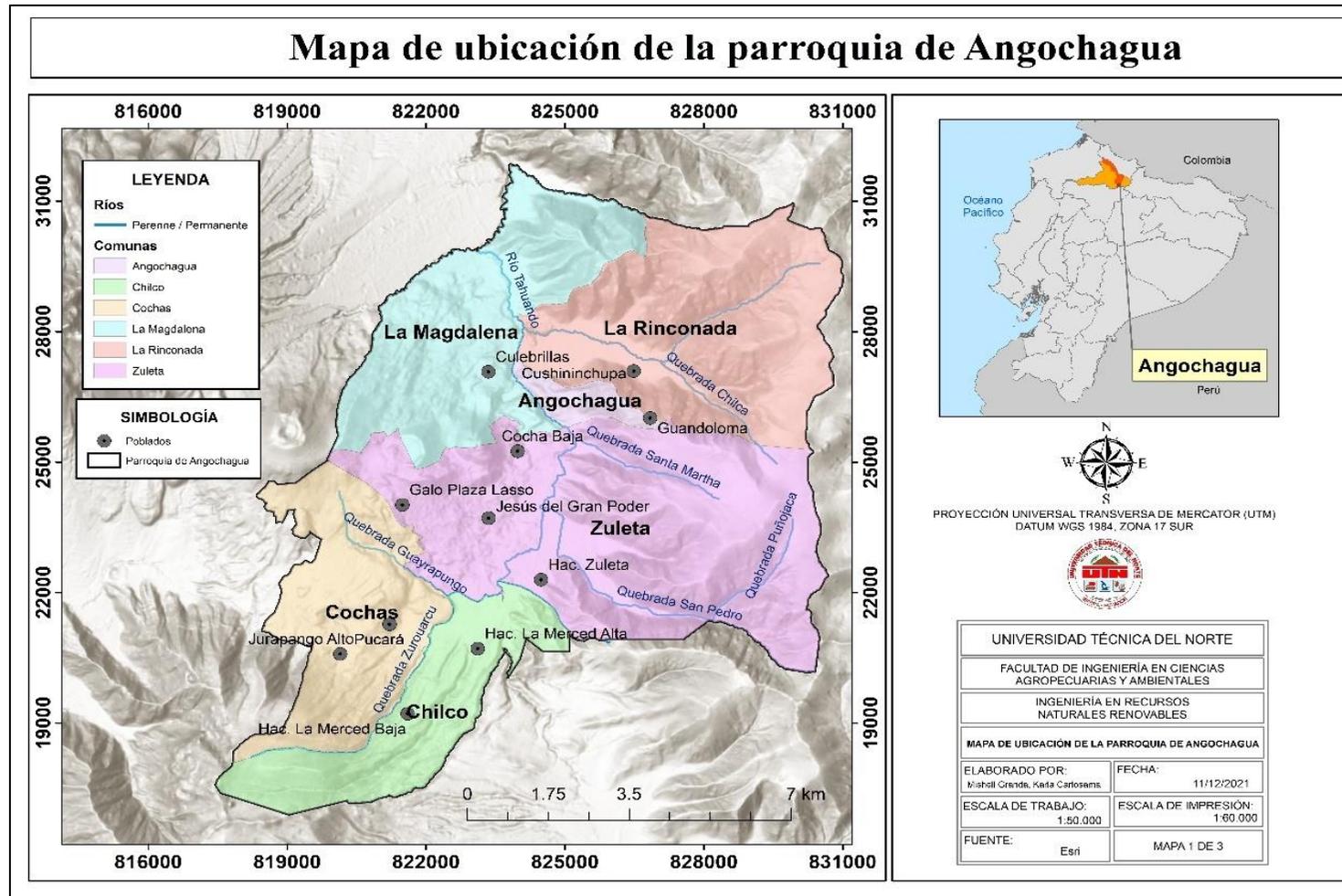
Yaguache, R. (2017). Costeo de estrategias y acciones de conservación de recursos hídricos y manejo de cuencas hidrográficas. 1–72.

Yan, Z., Peñuelas, J., Sardans, J., *et al.* (2016). “Phosphorus accumulates faster than nitrogen globally in freshwater ecosystems under anthropogenic impacts”. *Ecology Letters*. 19: 1237–1246. DOI: 10.1111/ele.126

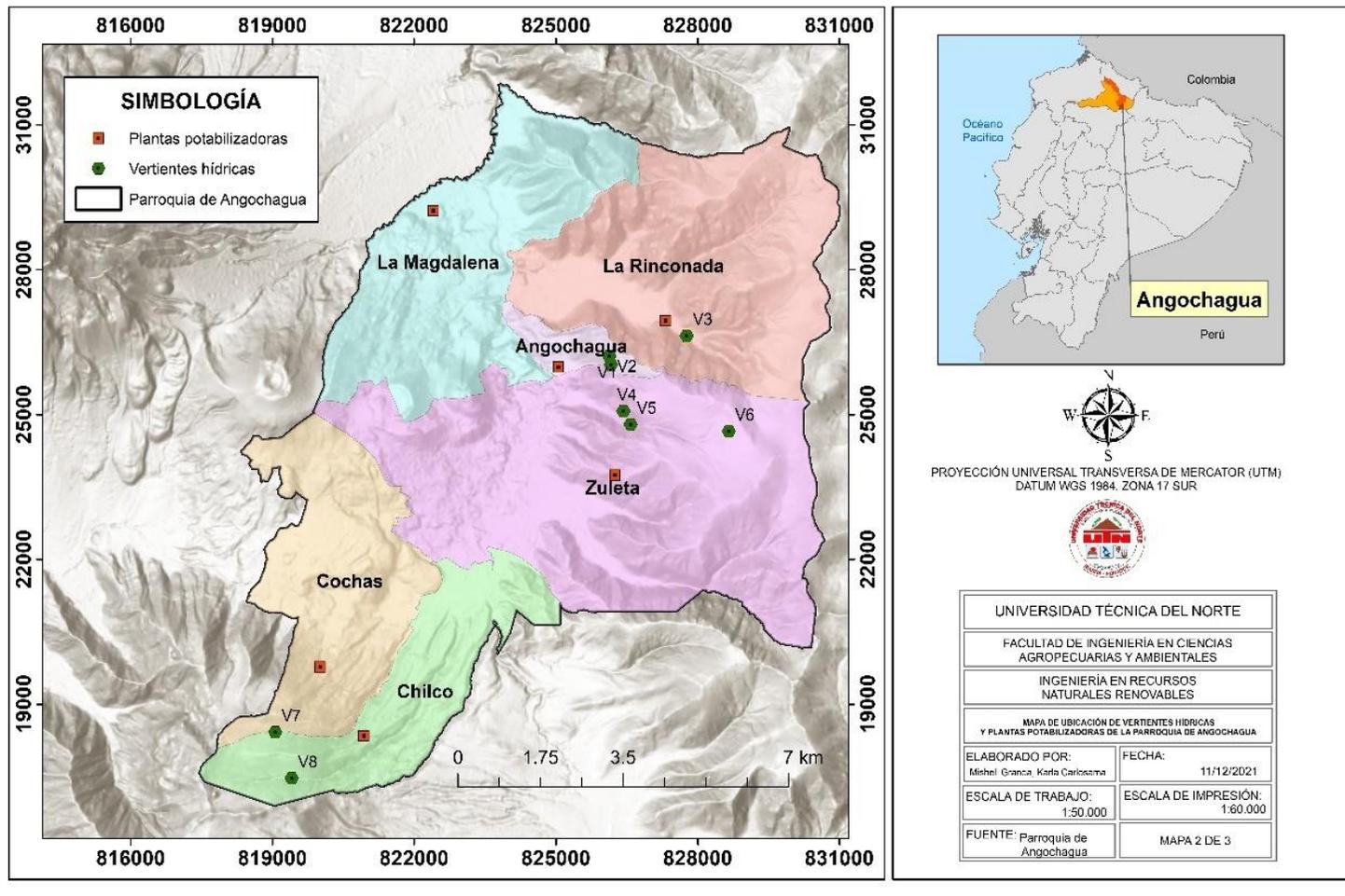
Zamalloa, T. (2017). *Los mapas parlantes, instrumento eficaz de diagnóstico, planificación y autoevaluación comunal*. MARENASS. Perú.

ANEXOS

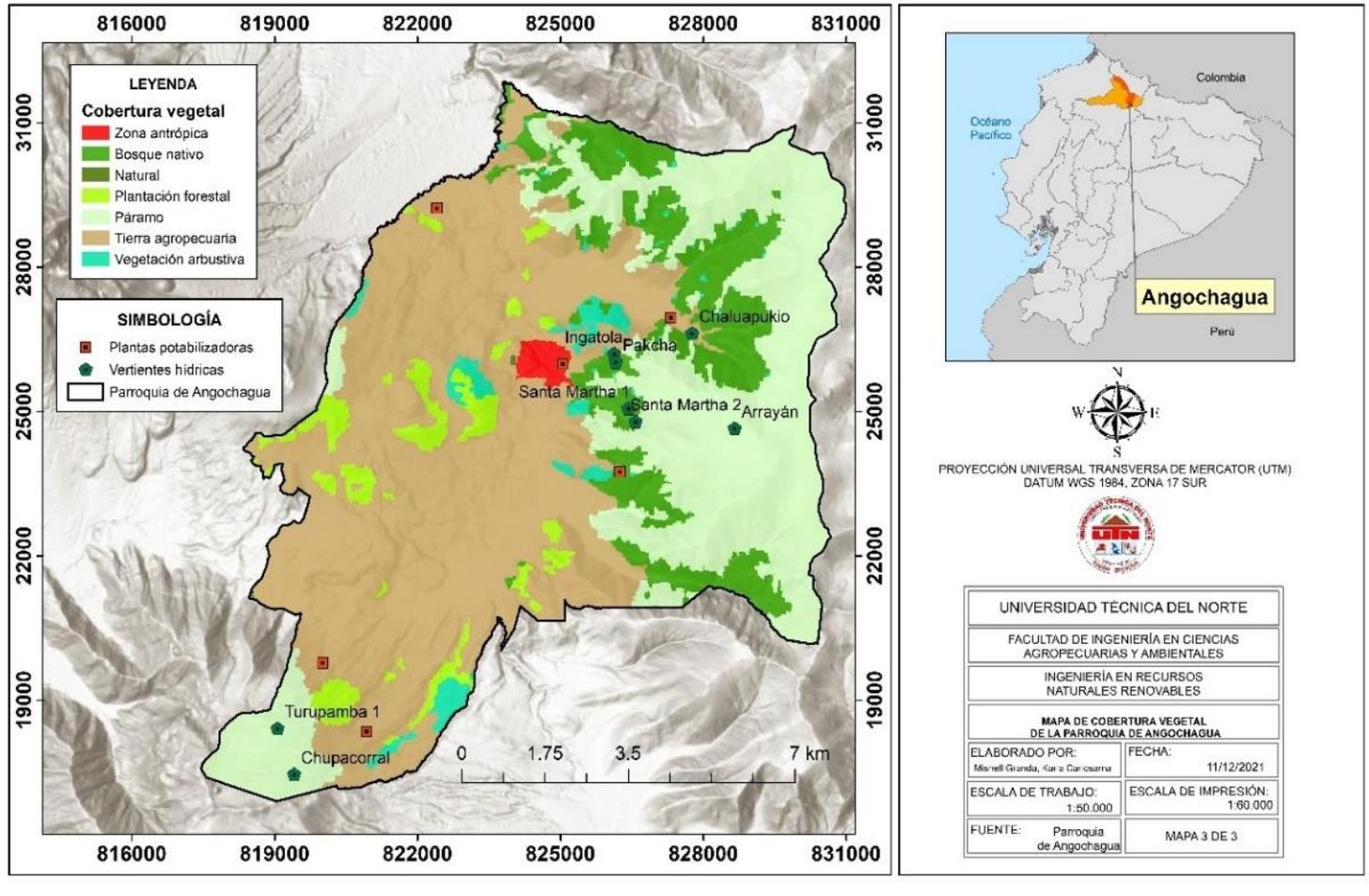
Anexo 1. Cartografía



Mapa de ubicación de vertientes hídricas y plantas potabilizadoras de la parroquia de Angochagua

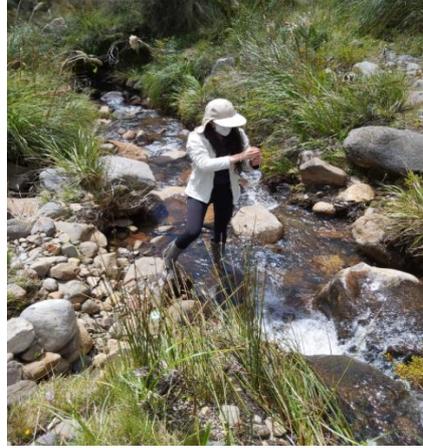


Mapa de cobertura vegetal de la parroquia de Angochagua



Anexo 2. Registro fotográfico

Anexo 2a) Georreferenciación e identificación de las vertientes hídricas



Anexo 2b) Medición de caudales en las vertientes hídricas subterráneas y superficiales en época lluviosa y seca



Anexo 2c) Toma de muestras para el análisis de la calidad de agua en el laboratorio de EMAPA-I



Anexo 2d) Identificación de la cobertura vegetal



Anexo 2e) Taller de problemas socioambientales



Anexo 3. Registro de asistencia al taller de problemas socioambientales



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
TEMA: EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA
 Tesista: Carlosama Karla – Granda Mishell
 Fecha: 05/08/2021

TALLER PROBLEMAS SOCIOAMBIENTALES

NOMBRE	COMUNIDAD	NÚMERO DE CEDULA	FIRMA
Maricela Cruz	Cochas	100442860-7	<i>[Handwritten Signature]</i>
Angel Escala	ZULETA	100466435-3	<i>[Handwritten Signature]</i>
Eduardo Villacis	Angochagua	100449253-2	<i>[Handwritten Signature]</i>
Wilson Lerman	COCHAS	1003457521	<i>[Handwritten Signature]</i>
Diego Peruzachi	Cochas	100485305-5	<i>[Handwritten Signature]</i>
KIEVER VILLACIS	Angochagua	1003986211	<i>[Handwritten Signature]</i>
Diego Cruz	GD Parroquia	100323773-0	<i>[Handwritten Signature]</i>
Prof. Carlosama	La Magdalena	1002242720	<i>[Handwritten Signature]</i>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
TEMA: EVALUACIÓN DE ESCASEZ HÍDRICA Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS VERTIENTES DE AGUA DE CONSUMO HUMANO EN LA
PARROQUIA ANGOCHAGUA

Tesista: Carlosama Karla – Granda Mishell

Fecha: 05/08/2021

TALLER PROBLEMAS SOCIOAMBIENTALES

NOMBRE	COMUNIDAD	NÚMERO DE CEDULA	FIRMA
Pedro Sandoval	COCHAS LA MERCEDES	040092403-1	Pedro Sandoval
Alexis Escobar	Cochas la Merced	100505058-9	Alexis Escobar
Isolina Lechón	Cochas la Merced	100779986-3	Isolina Lechón
Ofelia Lechón S	cochas las Merced	100261777-5	Ofelia Lechón
Blanca Lechón	cochas la Merced	100512663-4	Blanca Lechón
Sheyla Lechón	Chilco	100485627-2	Sheyla Lechón
Deisy Lechón Tito	Chilco	100468056-5	Deisy Lechón
Alberto Sandoval	Angochagua		Alberto Sandoval
Maitel Liales	Magdalena	100413158-3	Maitel Liales
Manuel dice	Rinconada	100423805-9	Manuel

Anexo 4. Encuesta realizada a los operadores de las plantas potabilizadoras

1. ¿Se ha evidenciado alguna variación en la cantidad de agua para consumo humano?

2. ¿Cuál cree que es la principal razón en la disminución de la cantidad de agua?

3. ¿Conoce usted cuál es el caudal que ingresa y sale del sistema de abastecimiento?

4. ¿Cree usted que la calidad de agua para consumo humano es correctamente tratada? ¿Qué tipo de tratamiento se aplica a la potabilización del agua?

5. ¿Cuánto tiempo permanece el agua en el sistema de abastecimiento antes de su distribución?

6. ¿Cómo se desarrolla la distribución del agua hacia la comunidad?
