

**TIPOLOGÍA DE LAS TECNOLOGÍAS DE SUMINISTRO DE AGUA PARA
LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS NARIÑO, COLOMBIA**

MARIA FERNANDA RODRIGUEZ REY

COD:2103256-7720



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ING. DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
POSGRADO EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
AGOSTO DE 2025**

**TIPOLOGÍA DE LAS TECNOLOGÍAS DE SUMINISTRO DE AGUA PARA
LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE BARBACOAS NARIÑO, COLOMBIA**

MARIA FERNANDA RODRIGUEZ REY

Propuesta de Trabajo Final para optar al título de Magíster en Ingeniería: Área de
Énfasis en Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

DIRECTOR:

Luis Darío Sánchez Torres Ing. MSc. PhD. Instituto Cinara



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ING. DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
POSGRADO EN INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
AGOSTO DE 2025**

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	6
2. Planteamiento del problema	8
3. Justificación	9
4. Marco teórico	10
4.1 Tipología tecnológica	10
4.1.1 Tecnologías Limpias.	11
4.1.2 Tecnologías Sostenibles.	11
4.1.3 Tecnologías Apropriadas.	12
4.1.4 Tecnologías de Bajo Costo	12
4.1.5 Eco Innovación Tecnológica	13
4.1.6 Tecnologías con Energías Renovables.	13
4.1.7 Ecotecnologías o ecotecnias.	13
4.1.8 Tecnologías Duras.	13
4.1.9 Tecnologías Blandas.	14
4.1.10 Tipología de Solución Socio Técnica para el Abastecimiento de Agua.	14
4.2 Sistemas de Abastecimiento de Agua	14
5. OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo General	15
5.2 Objetivos Específicos	15
6. METODOLOGÍA	15
6.1. Zona de Estudio	15
6.2. Proceso Metodológico	16
8. Resultados y discusión	22
8.1 Tecnologías de abastecimiento de agua empleadas en la zona rural en el municipio de Barbacoas Nariño.	22
8.1.1 Tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas	23
8.1.2 Análisis de las tecnologías de abastecimiento de agua potable	26
8.2 Variables para la sostenibilidad en los sistemas de abastecimiento de agua rural	40
8.3 Propuesta de las tipologías tecnológicas en abastecimiento de agua para facilitar la sostenibilidad	44
8.4 Plan de intervención por tipología priorizada	1
9. Conclusiones	1
10. Recomendaciones	1

Lista de tablas

Tabla 1 Importancia relativa empleada para la comparación por pares	20
Tabla 2 Puntajes de valoración	21
Tabla 3 Distribución de puntajes para valoración de sostenibilidad	22
Tabla 4 Diagnóstico por tipologías tecnológicas de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas	24
Tabla 5 Diagnóstico económico/administrativo de las tecnologías de abastecimiento de agua en el municipio de Barbacoas	28
Tabla 6 Diagnóstico técnico de los sistemas de abastecimiento de agua en el municipio de Barbacoas	30
Tabla 7 Criterios para la clasificación del estado físico de infraestructura	32
Tabla 8 Estado de los componentes de las tecnologías de abastecimiento	32
Tabla 9 Estado de los componentes de las tecnologías de abastecimiento	36
Tabla 10 Resultados muestras de vigilancia IRCA– Municipio de Barbacoas	37
Tabla 11 Puntajes del diagnóstico técnico, socioambiental y económico-administrativo por tecnología de abastecimiento en Barbacoas	39
Tabla 12 Dimensiones y factores para el análisis de la sostenibilidad	40
Tabla 13 Valoración de la sostenibilidad de las tecnologías de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas	43
Tabla 14 Tipologías tecnológicas según factores contextuales de Barbacoas	46

1. Introducción

El agua es un recurso esencial para los seres humanos y los ecosistemas, es requerida en calidad y en cantidades adecuadas para satisfacer las crecientes necesidades domésticas, industriales y agrícolas (Marín et al., 2011); sin embargo, la deficiente calidad pone en riesgo la salud de los consumidores cuando se presentan limitaciones de acceso a sistemas de tratamiento en especial en el sector rural y zonas de desarrollo incompleto de las zonas urbanas.

Los sistemas de suministro de agua son los encargados de distribuir el agua a una comunidad bajo criterios de cantidad, continuidad, cobertura, calidad, costos razonables y capacidad de gestión acordes al contexto local de implementación (OMS, 2011). El desarrollo de los proyectos puede ser afectado por factores como la capacidad de inversión y la capacidad de operación y mantenimiento, por lo que el establecimiento de tecnologías que no corresponden a las condiciones técnicas, económicas, sociales, ambientales y culturales, pueden limitar la sostenibilidad de los proyectos. En los contextos comunitarios es relevante considerar las expectativas, intereses y capacidades de los usuarios, para evitar el abandono de los sistemas de abastecimiento de agua por parte de la comunidad (Hutchings et al., 2015).

Colombia es un país con suficientes recursos hídricos gracias a la amplia gama de ecosistemas existentes (Camacho, 2020), sin embargo, en zonas rurales o donde no se tiene acceso a sistemas de suministro de agua, se sigue obteniendo el agua para uso doméstico mediante medios no convencionales realizados por la capacidad local para suplir las necesidades familiares, y muchas veces no garantizan el suministro de agua apta para el consumo humano (Minsalud, 2014; Reyes y Rubio, 2014).

El agua de buena calidad y el saneamiento es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 06, que busca lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a través de la gestión adecuada del recurso hídrico y la conservación de los ecosistemas considerando que el acceso al agua como un derecho humano, establece que para garantizar el acceso al agua se debe realizar las inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias necesarias y fomentar las prácticas de higiene, sin embargo es un desafío especialmente en países en desarrollo en donde existen limitaciones económicas para el establecimiento y desarrollo de nuevas tecnologías.

En la búsqueda de nuevos enfoques tecnológicos el ministerio de salud y protección social (Minsalud, 2014) considera primordial la implementación de tecnología alternativas de abastecimiento agua potable teniendo como principio el equilibrio entre las dimensiones el socio- cultural, ambiental, económico y tecnológico, considerando este último como un pilar importante en la salud de las poblaciones, para garantizar la eficacia del sistema a través recursos humanos y los conocimientos técnicos que garanticen su operación y mantenimiento.

La comunidad científica reporta que para alcanzar el ODS 6, especialmente en el contexto rural se deben desarrollar procesos que promuevan el mejoramiento, innovación y establecimiento de nuevos enfoques tecnológicos en suministro de agua esenciales para subsanar las necesidades de la población (Ávila et al., 2020; O'Callaghan, 2021) considerando su permanencia y funcionalidad a futuro. Es así como las tipologías de las tecnologías a establecerse deben ser fácil de transferir y adaptar y capaces de cumplir con la sostenibilidad social, económica y ambiental (Jackson, 2016; Martínez, 2013). En la región del pacifico colombiano desde el año 1991 se han realizado planes y programas para mejorar las condiciones sociales y de agua y saneamiento, desde la década del 90 con el programa de desarrollo integral de la costa pacífica PLADEICOP (CVC, 1991). Sin embargo, las condiciones de desarrollo hasta la actualidad continúan en déficit en especial para el agua y el saneamiento rural, lo cual implica revisar los enfoques en especial el de las tecnologías de agua y saneamiento que están siendo transferidas a esa región.

Existen diversas tecnologías que permiten el suministro de agua a una comunidad y los investigadores han acuñado diferentes tipologías tecnológicas - es decir, el conjunto de técnicas y conocimientos que se aplican de forma ordenada para alcanzar un objetivo específico o resolver un problema- tales como: tecnologías apropiadas (Murphy et al., 2019), tecnologías de bajo costo (Sierra, 2014), tecnologías convencionales y no convencionales (Mateos y Rodríguez, 2014), tecnologías sostenibles (Quiroga y Teun, 1999; Morato et al., 2005), tecnologías digitales e inteligentes (Durán, 2019) estas diferentes tipologías buscan la sostenibilidad, entendido como el suministro del nivel deseado de servicio financiado o cofinanciado por sus usuarios, con un mínimo razonable de apoyo externo y de asistencia técnica, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo en el ambiente

y que se mantiene a lo largo de su vida proyectada (Cinara-IRC, 1998),. También han surgido nuevos términos como la eco innovación que busca el desarrollo de tecnologías que disminuyen el impacto ambiental, que conducen a una economía ecoeficiente promoviendo el desarrollo de las poblaciones más vulnerables (Kemp y Pearson, 2007). Estos conceptos implican que las tipologías tecnológicas deben estar en armonía con las capacidades locales.

El contexto local de las comunidades rurales del municipio de Barbacoas, Nariño, muestra que la población consume agua sin tratamiento adecuado, siendo las principales fuentes la recolección de agua lluvia, quebradas, ríos y nacimientos, encontrando que solo alrededor del 10% de la comunidad tiene cobertura en agua potable y saneamiento básico, por lo que es común que se presenten enfermedades gastrointestinales y de la piel que son de origen hídrico (Cadena, 2018).

Este trabajo tiene como objetivo principal identificar tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua para el contexto rural del municipio de Barbacoas, Costa pacífica de Nariño. El trabajo revisará los enfoques de las tipologías tecnológicas más acorde a ese contexto, identificando las tecnologías existentes de abastecimiento de agua con énfasis en el sector rural, con el fin de proponer la tipología tecnológica en abastecimiento de agua que pueda estar más acorde a la zona de estudio.

2. Planteamiento del problema

El municipio de Barbacoas ubicado en la zona pacífica del departamento de Nariño, es una zona golpeada fuertemente por la violencia armada, encontrando que el 72,2% de las personas presentan un alto índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), el 67,% tiene carencias en agua potable y saneamiento básico, afectando tanto a la población ubicada en la zona rural como urbana (DANE, 2018); la cobertura en acueducto alcanza al 10% de la población y estos se encuentran en mal estado y no cumplen con la cantidad y calidad demandada, y la mayor parte de la comunidad se ve obligada a consumir agua sin tratamiento (Cadena, 2018), acorde a lo anterior, el Instituto Nacional de salud y protección Social (2019) reporta que el IRCA para el municipio en año 2017 fue de 72,5 puntos (riesgo alto).

A nivel nacional se ha planteado el desarrollo de programas en el marco del plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural (2020) así como

la implementación de la política de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia con el documento CONPES 3810 de 2014, encaminados hacia el cumplimiento de los estándares de calidad y continuidad establecidos por la norma, sin embargo, en las zonas rurales continúan con rezago como consecuencia de la falta de infraestructura de potabilización y distribución de agua, la informalidad del servicio, la no aplicación de tarifas, la falta de apoyo de las administraciones municipales, la disponibilidad de agua y la afectación de las fuentes de agua por las actividades económicas. Además, la variabilidad climática genera alteraciones en la distribución temporal y espacial del recurso comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua (Moreno, 2020). Todo esto afecta las características técnicas, sociales, económicos, financieros, institucionales, ambientales, y los beneficios que son claves al definir las opciones tecnológicas (AECID, 2018).

Es así que con este estudio se busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua que pueden ser sostenibles para la zona rural del Municipio de Barbacoas Nariño?

3. Justificación

La problemática de acceso a fuentes de agua, con la calidad y disponibilidad óptima para consumo humano, se presenta con mayor frecuencia sobre las zonas más vulnerables del país, esto debido a limitaciones económicas e institucionales, por lo que las comunidades han optado por establecer sistemas locales de abastecimiento de agua, que, si bien permiten el suministro del recurso, no garantizan el cumplimiento de los criterios de prestación del servicio definidos por la OMS (2011).

El municipio de Barbacoas Nariño tiene alrededor del 10% de cobertura de agua con calidad, el cual es inferior al promedio departamental de 72,4% y nacional que es de 86,4% (DANE, 2017). Por lo que se evidencia baja presencia institucional, baja disponibilidad de recursos económicos y débil gestión de los servicios. Adicionalmente se presentan situaciones derivadas del conflicto como el establecimiento de cultivos ilícitos (UNODC, 2021) el desplazamiento forzado y aumento de la pobreza (Galvis et al., 2016). Las actividades económicas que ahí se realizan como la ganadería, agricultura, minería y el

petróleo contribuyen a la degradación de las fuentes de agua y los recursos naturales de la zona (Cadena, 2018).

Debido a la baja presencia del estado en esas zonas las comunidades se han visto obligadas a establecer soluciones tecnológicas por sí mismas como respuesta a la presencia de enfermedades diarreicas, y afecciones a la piel como el resultado de la deficiente calidad del agua (Cadena, 2018).

El agua y saneamiento es la primera necesidad del municipio (Cadena, 2018), por lo que es prioritario optimizar la infraestructura de suministro de agua para garantizar equidad en el acceso con calidad. Además de garantizar el derecho de toda persona de tener acceso a agua de calidad y en la cantidad suficiente para su desarrollo, con una infraestructura segura, asequible, aceptable, económicamente viable y acorde a las características socioculturales de la zona (Maschio, 2019). Es por ello necesario identificar la tipología tecnológica establecida en el municipio y las variables que inciden en su uso efectivo y así proponer la tipología tecnológica de abastecimiento de agua potable que esté en armonía a las características y el contexto de la zona rural de Barbacoas-Nariño.

4. Marco teórico

4.1 Tipología tecnológica

La tipología, permite distinguir elementos y agruparlos según sus características, esto permite establecer un sistema de clasificación con base a datos o información según características propias de cada tecnología (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2021). Las tipologías tecnológicas engloban un conjunto de técnicas y conocimientos que se aplican de forma ordenada para alcanzar un objetivo o resolver un problema (Escobar, 2021).

La tecnología es un sistema creado por el ser humano que utiliza el conocimiento y la organización para producir objetos y técnicas para el logro de metas específicas (Volti, 2008), con lo cual se logra la fusión entre la máquina y el ser humano, que se compone de una dualidad donde lo material y lo inmaterial, el cuerpo y la mente y lo que crea y es creado, coexisten de manera interdependiente (Carroll, 2017). Li-Hua (2012) establece que la tecnología es la representación de la combinación de la comprensión humana de las leyes

naturales y fenómenos acumulados desde la antigüedad para hacer cosas que satisfagan necesidades y deseos para realizar ciertas funciones.

La práctica tecnológica consiste en resolver problemas prácticos en el plano del quehacer científico, es decir, la generación del conocimiento, por lo que esta no se centra únicamente en la producción de bienes tangible e intangibles si no que su verdadera dimensión se encuentra dentro de su contenido social y cognitivo en el proceso de transmisión y difusión de conocimientos (Álvarez, 2015). La literatura científica reporta distintas tipologías tecnológicas, una descripción de las más empleadas en el campo del agua son las siguientes:

4.1.1 *Tecnologías Limpias.*

Son aquellas que integran la adopción y la aplicación continua de medidas encaminadas hacia la conservación ambiental preventiva e integrada, es decir que estas tecnologías hacen énfasis en la eliminación de todos aquellos aspectos negativos que pueden impactar en los seres vivos y los ecosistemas, además busca la mejora de la productividad y disminuir los impactos ambientales (Salas, 2021).

4.1.2 *Tecnologías Sostenibles.*

Tecnologías que buscan alcanzar el mejoramiento ambiental basado en principios básicos de la administración adecuado de los recursos económicos y productivos, desde la conservación del equilibrio entre las dimensiones social, económica y ambiental, con el fin del incremento de la productividad, la competitividad en las diferentes áreas y el bienestar de sus beneficiarios (Garces y Arroyave, 2012).

Las tecnologías sostenibles deben tener como principio una gestión ecosistémica, considerando que los recursos hídricos son limitados y que su calidad y suministro dependen de los recursos naturales. Morato (2006) indica que los humedales construidos, son una de las opciones mejoradas de este tipo de tecnologías. Se trata de sistemas naturales de depuración simples de operar, con bajo o nulo consumo energético y que producen pocos residuos durante su operación.

4.1.3 *Tecnologías Apropriadas.*

Son aquellas que se adaptan a las necesidades costumbres y habilidades de una población, que cumple con las siguientes características: son integrales, responde solo a las necesidades básicas del grupo, se fundamenta e integra la cosmovisión local, utiliza los recursos humanos de la zona, introduce innovaciones de forma armónica y requiere de la participación de la comunidad en su construcción (Triviño y De Mulle, 1981; Ramírez y Roy, 1992). Este tipo de tecnologías ofrece un camino efectivo y complementario para un desarrollo verdaderamente significativo en los países en desarrollo (Muphy, 2009). Las tecnologías apropiadas permiten la reducción de riesgos de los administradores de servicios públicos, que se establecen en zonas de bajos ingresos y su eficacia obedece a su capacidad para alinear los intereses y preferencias del prestador de servicio con el demandante (Boakye, 2021).

De acuerdo con Torres, (2013). Los costos de establecimiento de estas tecnologías representa un 63.68% menos que el de una convencional, por lo que son tecnologías viables para las comunidades rurales, además existe una amplia información bibliografía que facilita el estudio de las mismas tanto para la comunidad científica como para las comunidades, sin embargo se debe tener en cuenta que estas deben adaptarse al contexto con la participación de la comunidad y deben incluir procesos educativos sanitarios para su eficacia y sostenibilidad (Salazar y Giraldo, 1990).

4.1.4 Tecnologías de Bajo Costo

Son tecnologías de diseño abierto, libres, adaptables y económicamente asequibles para la mayoría de la población (Martin, 2021), dan respuesta a una necesidad concreta y pueden ser fácilmente construidos por el usuario; además, tienen en cuenta los criterios de autonomía, autosuficiencia y eficiencia (Martínez, 2013).

Según el diseño de estructuras pequeñas de almacenamiento fabricadas con materiales de construcción conocidos y al alcance de los usuarios, ganan sostenibilidad de forma que su fabricación y capacitación conlleve al involucramiento en la ejecución de proyectos de saneamiento básico y potabilización de agua (Torres, 2013).

4.1.5 Eco Innovación Tecnológica

Considerada como una herramienta fundamental para dar respuesta a la creciente escasez de recursos ambientales y fuente de ventajas competitivas para oportunidades de negocio con mayor valor agregado y contenido tecnológico para las empresas (Rovira et al., 2017). La eco innovación conduce a una economía competitiva y sostenible, ya que mejora la eficiencia en el uso de los recursos y satisface los procesos productivos minimiza el deterioro ambiental gracias al menor uso de recursos naturales y contaminación, genera nuevas demandas de servicios y productos, y genera nuevas fuentes de empleo y emprendimiento (Alvares et al., 2014).

4.1.6 *Tecnologías con Energías Renovables.*

Son basadas en la utilización de recursos naturales: el sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente (Hernández, 2002).

4.1.7 *Ecotecnologías o ecotecnias.*

Las ecotecnologías o ecotecnias son un conjunto de técnicas en las confluyen varias ciencias que integran los campos de la ecología y las tecnologías, mismas que buscan satisfacer las necesidades de los humanos sin que esto implique que se provoque un impacto al ambiente, su objetivo es preservar el equilibrio de los ecosistemas, así como los recursos naturales y el equilibrio con la naturaleza para la elaboración de productos (Gonzales, 2015). García (2013), indica que las ecotecnias deben ser el resultado de un proceso participativo que permite una respuesta tecnológica y una apropiación de la misma de parte de los grupos sociales y por tanto la transformación de la realidad y el mejoramiento de la calidad de vida.

4.1.8 *Tecnologías Duras.*

Son aquellas que se basan principalmente en el conocimiento de las ciencias duras, como la física y la química, sin dejar de lado las demás ciencias, en este caso el producto tecnológico es un objeto tangible (Escobar, 2021).

4.1.9 *Tecnologías Blandas.*

La tecnología blanda consiste en el conjunto de métodos o procesos que conforman un material y su finalidad es la mejora del funcionamiento de instituciones y organizaciones.

Se aplica este concepto a las empresas, las actividades comerciales o a los servicios, en este tipo de tecnología se fundamenta en las ciencias blandas como la psicología, la economía y la administración (Escobar, 2021).

4.1.10 Tipología de Solución Socio Técnica para el Abastecimiento de Agua.

Una tipología de solución socio técnica para el abastecimiento de agua se refiere a una clasificación de sistemas que integran tecnologías físicas (como infraestructura de captación, tratamiento y distribución) con factores sociales, incluyendo la participación comunitaria, las dinámicas organizativas y las capacidades locales. Estas soluciones son diseñadas para responder a las necesidades específicas de cada contexto, reconociendo que la sostenibilidad del abastecimiento de agua en zonas rurales depende tanto de la tecnología como del entorno social que la soporta (Wells et al., 2022).

4.2 Sistemas de Abastecimiento de Agua

Los sistemas de abastecimiento de agua son un conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución del agua potable para consumo humano de agua potable que hacen posible trasladar el agua desde la fuente hasta el consumidor con requerimientos de calidad y cantidad, (Cañón y Mora, 2017; Mejía, 2019, RAS 2017). Tiene como fin el de entregar agua potable a los habitantes de una localidad en la cantidad y calidad necesaria para satisfacer sus necesidades (Jiménez, 2013). Los sistemas de abastecimiento de agua están influenciados positiva o negativamente por el manejo de la cuenca abastecedora pudiendo afectar la calidad, cantidad y continuidad del suministro del recurso, igualmente la utilización adecuada por la comunidad y el manejo de descargas puede afectar la disponibilidad del recurso (Ministerio de Salud Pública, 2019).

4.3 Sistemas de abastecimiento de agua en la zona Pacífico Sur Colombiana

El Informe Final del Plan Todos Somos Pacífico detalla la ejecución de subproyectos de agua y saneamiento en Tumaco, Guapi y Buenaventura, basados en sistemas combinados de captación, sedimentación, filtración y cloración, ajustados a las condiciones hidrológicas y socioambientales de la región (Plan Pacífico, 2023). Estos proyectos validan la factibilidad de soluciones técnicas de bajo costo y mantenimiento comunitario, complementadas con procesos de fortalecimiento institucional y capacitación para garantizar la sostenibilidad de

los sistemas rurales. Asimismo, el Marco de Gestión Ambiental del Proyecto Agua y Saneamiento Básico para el Pacífico Sur (2023) enfatiza la importancia de incorporar tecnologías modulares —como filtros lentos de arena, biofiltros y sistemas de desinfección solar (SODIS)— que pueden adaptarse a las condiciones geográficas y culturales del territorio, contribuyendo a la mejora gradual de la calidad del agua en los hogares rurales.

La tesis de Rey Molina y Pinilla (2020) sobre el diseño de una planta de tratamiento para el municipio de Riosucio plantea un esquema técnico replicable que combina filtración y desinfección, ajustado a las capacidades locales de operación y mantenimiento. Del mismo modo, la investigación de Martínez (2022) y el estudio de Tipología de Tecnologías en Barbacoas (2025) destacan la adopción de estrategias integradas que incluyen la captación de agua lluvia, filtración lenta y cloración o SODIS a nivel doméstico, como opciones efectivas y sostenibles para mejorar la seguridad hídrica en comunidades dispersas.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Contribuir a la identificación de las tipologías tecnológicas en abastecimiento de agua para el contexto rural del municipio de Barbacoas Nariño.

5.2 Objetivos Específicos

- Identificar las tecnologías existentes de abastecimiento de agua para el contexto rural en el municipio de Barbacoas Nariño.
- Reconocer las variables que pueden garantizar la sostenibilidad en abastecimiento de agua rural para el Municipio de Barbacoas Nariño.
- Proponer las tipologías de tecnologías en abastecimiento de agua que pueden facilitar la sostenibilidad de suministro de agua en el contexto rural del Municipio de Barbacoas-Nariño

6. METODOLOGÍA

6.1. Zona de Estudio

Este trabajo de maestría se desarrolló en el municipio de Barbacoas en la zona rural, departamento de Nariño, Colombia, a 236 km de la ciudad de Pasto, sobre las coordenadas $1^{\circ}40'18''\text{N}$ $78^{\circ}08'16''\text{O}$, hace parte de la llanura del Pacífico y del Piedemonte costero, tiene una extensión total de 2.324 km^2 de la cual 4 km^2 corresponden a áreas urbanas y 2.320 km^2 a rural (Landazuri, 2009). Se encuentra a 36 m.s.n.m, posee los pisos térmicos cálido y medio, su temperatura promedio es de 26°C , humedad relativa del 93% y una precipitación media anual de 6.512 mm (Alcaldía de Barbacoas, 2016).

El municipio de Barbacoas se divide en consejos comunitarios y resguardos indígenas, hace parte de la Cuenca del Patía y del Río Telembí que pertenecen al Pacífico Nariñense. El índice de ruralidad es del 59%, la población rural corresponde al 78,2% del total y hace parte de los municipios PDET “Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial Pacífico y Frontera Nariñense de las 16 regionales PDET de atención prioritaria a nivel nacional (Alcaldía de Barbacoas, 2020).



Figura 1

Localización geográfica municipio de Barbacoas

6.2. Proceso Metodológico

Para analizar las tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua en la zona de estudio, se establecieron los pasos presentados en la siguiente ruta metodológica (ver Figura 2) siguiendo los objetivos específicos planteados.

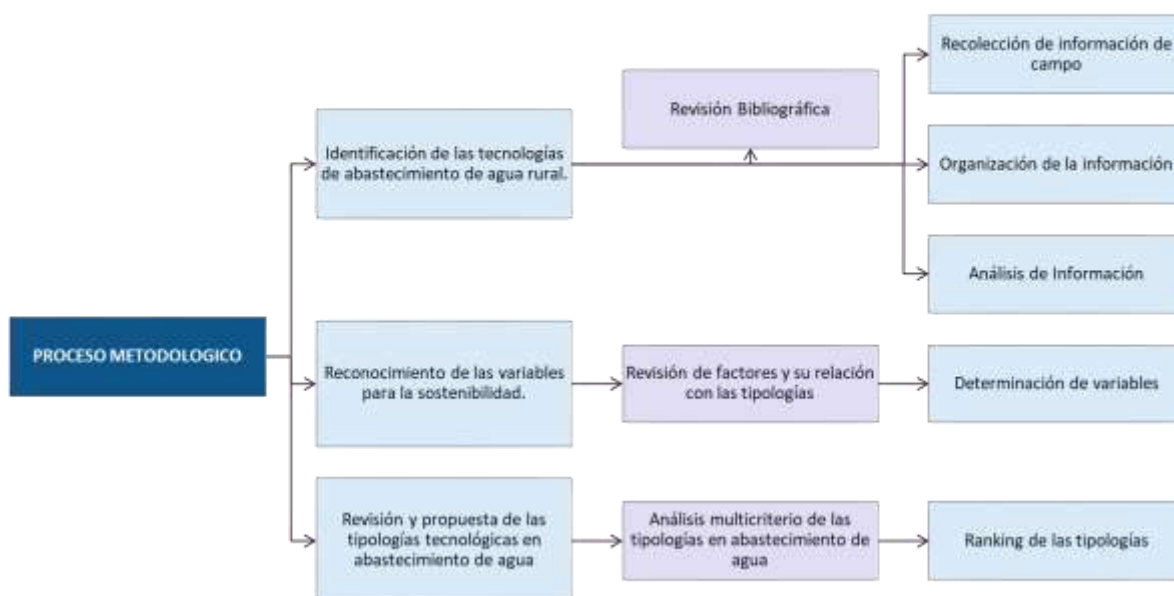


Figura 2

Esquema metodológico para el estudio

Inicialmente se realizó un análisis bibliográfico siguiendo la metodología propuesta por Gómez et al. (2014), la cual se desarrolla en los siguientes pasos:

1. **Definición de la temática.** Partió de la problemática abordada en la investigación, para un escenario amplio con énfasis en la zona rural y facilitar la retroalimentación del estudio, por lo anterior, se realizó la búsqueda conceptual sobre las tipologías tecnológicas que son aplicadas al abastecimiento de agua rural
2. **Búsqueda de información.** Se obtuvo de la recolección de libros, revistas científicas, tesis, reportes técnicos y documentos oficiales publicados en la temática de estudio,

utilizando como motores de búsqueda: Google Scholar, Science Direct, Scopus, EBSCO, ProQuest, GALE, Ambientalex y repositorios institucionales.

3. **Organización de la información.** La información recolectada se ordenó sistemáticamente utilizando el software Mendeley y permitió organizar fácilmente por título, autor, palabras clave, año de publicación, resumen, adicionalmente se construirá una matriz de análisis en la que se presentará las características más relevantes del documento y su aporte a la investigación.
4. **Análisis de la información.** Se revisaron documentos existentes sobre la temática en estudio, adicionalmente, se identificó las tipologías de tecnologías, contexto de aplicación y resultados obtenidos.

Se revisó información secundaria del SIASAR, PDA e Instituto Departamental de Salud de Nariño sobre las tecnologías que se emplean en la zona de estudio. Se consideraron los factores de sostenibilidad propuestos por Sánchez y Rojas (2015):

- Integralidad de las soluciones
- Participación, organización y gestión empresarial
- Selección de tecnologías
- Capacidad económica y financiamiento Local
- Operación y mantenimiento
- Manejo del recurso hídrico
- Apoyo institucional

Se identificaron los problemas acordes a esos factores para la discusión de los conceptos sobre las tipologías tecnológicas y las condiciones existentes con las tecnologías que están siendo usadas en el contexto rural de Barbacoas. El análisis de las tipologías de las tecnologías de abastecimiento de agua se realizó a través de la valoración de las características propuestas por la OMS (2011), que inciden en la selección de sistemas de suministro de agua, de modo que se puedan distinguir o clasificar teniendo en cuenta los factores y criterios presentados en la Figura 3.

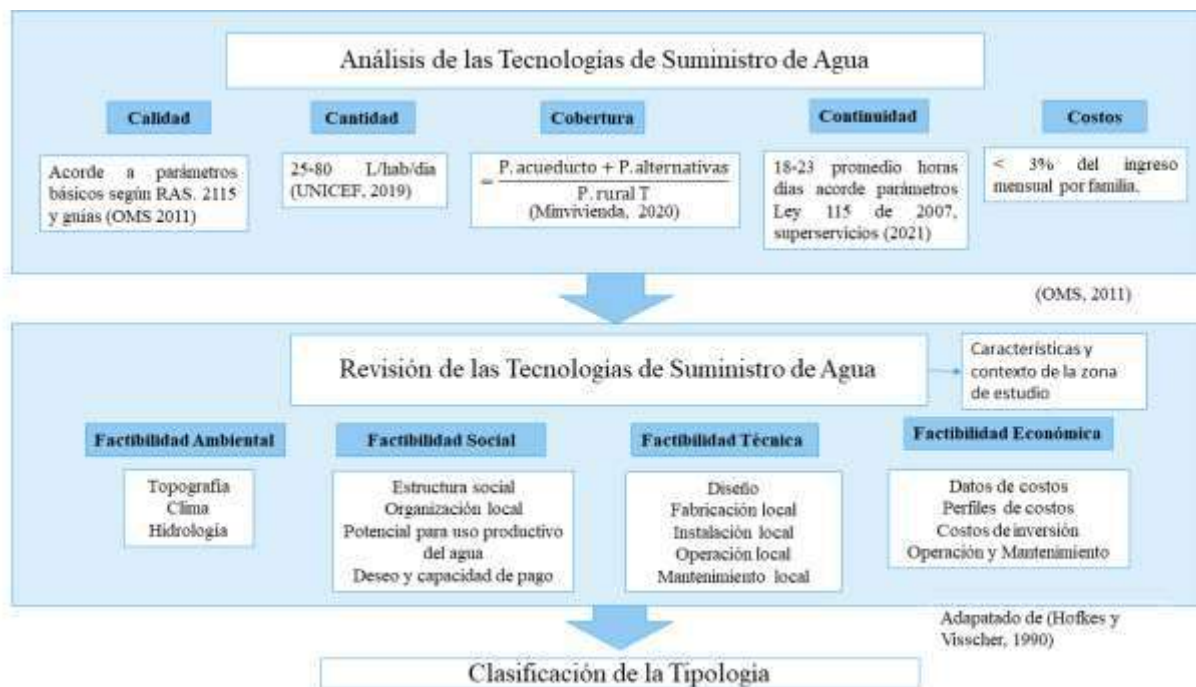


Figura 3

Valoración de factores y criterios relevantes para la tipología tecnológica

Los factores delineados para esta investigación se agrupan en categorías técnica, ambiental y económica/administrativa, principalmente para facilitar la ejecución del proceso de jerarquización multicriterio.

Una vez identificados los factores y variables se aplicó un análisis multicriterio siguiendo la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico- AHP propuesta por Saaty, (1980) el cual se enfoca en parametrizar escalas cuantitativas y cualitativas de forma que sea posible acoplar diferentes puntos de vista o criterios a una decisión. Se realizó un proceso de evaluación mediante un panel de expertos donde se calificarán las tipologías tecnológicas teniendo en cuenta los factores e indicadores propuestos en este análisis.

Con la participación de 25 especialistas en el sector de agua potable, entre los expertos relacionamos consultores, ingenieros sanitarios y ambientales e ingenieros civiles con más de 15 años de experiencia en diseño y ejecución de proyectos de agua potable y saneamiento básico en Nariño, de igual manera profesionales que hacen parte del Plan Departamental de Aguas PDA Nariño quienes son evaluadores de la viabilización de proyectos mediante el

mecanismo de ventanilla única, así como integrantes del componente de fortalecimiento de los servicios, incluyendo el Gestor del PDA Nariño.

Para la selección de los integrantes del panel de expertos, se visitaron diferentes instituciones relacionadas con el sector de agua potable o manejo del recurso hídrico, tales como: Gobernación de Nariño – Plan Departamental de Aguas, Empopasto, Corponariño, Universidad Mariana, entre otras entidades que destacan sus labores relacionadas con agua potable y saneamiento en el departamento de Nariño.

Este número de personas resultó conveniente, pero en este tipo de análisis que no existe un acuerdo en la cantidad de personas más acertada, ni un criterio claramente definido, sin embargo, Malla y Zabala (1978) lo sitúan entre 15-20 personas, León y Montero (2004) entre 10-30, Gordon (1994) entre 15-35, Landeta (2002) entre 7-30, y Skulmoski y otros (2007) entre 10-15 (EDUTEC, 2014). Pero también está en armonía con lo reportado por Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. en el 2016 quienes indican que el tamaño suele oscilar entre 6-30 en función del tipo de problema analizar

La comparación por los pares se realizó utilizando la escala de valoración de Saaty indicada en la Tabla 1, siguiendo la metodología AHP. Este enfoque permitió obtener una ponderación objetiva para cada factor evaluado, asegurando que el análisis refleje tanto las condiciones locales como experiencia en la materia.

Tabla 1

Importancia relativa empleada para la comparación por pares

Importancia relativa de elementos en cualquier par	Valor en la escala
Igualmente, importantes	1
Ligeramente más importante	2
Claramente más importante	4
Significativamente más importante	6
Extremadamente importante	8

Nota. Tomado de: *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation* (p. 1), por T. L. Saaty, 1980, McGraw-Hill. Copyright 1980 por McGraw-Hill.

Al obtener la calificación por cada experto los resultados, se transcribieron en una matriz de normalización, que permitió la comparación de cada experto, evaluar su nivel de consistencia y determinar los pesos de cada uno de los criterios.

Para comprobar si el procedimiento fue correcto y hacer la validación se calculó el índice de consistencia, consistencia aleatoria y ratio de consistencia y así se estableció la ponderación de cada criterio en una matriz de alternativas para completar la valoración multidimensional de la metodología de AHP.

La valoración de la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua se realizó utilizando el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico). Este método permite asignar un peso específico a cada factor evaluado (por ejemplo: técnico, económico, social, ambiental) según la importancia que le dieron los expertos durante el panel de evaluación.

Después de tener esos pesos definidos, se multiplicó cada peso por el puntaje que obtuvo ese factor en el diagnóstico de cada sistema (por ejemplo, si el factor técnico tenía un peso de 0,3 y el sistema obtuvo 4 sobre 5 en ese aspecto, se multiplica $0,3 \times 4 = 1,2$). Este proceso se repite para todos los factores. La distribución de puntajes se observa en la tabla 2.

Tabla 2

Puntajes de valoración

Calificación	Distribución de puntajes
Excelente	70 – 100 %
Bueno	50 – 69 %
Razonable/justa	30 – 49 %
Pobre/malo/escaso	< 30

Finalmente, se sumaron los resultados de todos los factores para cada sistema. La suma total permite determinar si el sistema es sostenible o no, según la distribución de puntajes definidos en la Tabla 3.

Tabla 3*Distribución de puntajes para valoración de sostenibilidad*

Estado	Distribución de puntajes
Sostenible	70 - 100 %
Parcialmente sostenible	30 - 69 %
No sostenible	< 30 %

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan de forma sistemática los hallazgos obtenidos a partir de los tres objetivos del estudio. Inicialmente, se identificaron y analizaron las tecnologías existentes para el abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas, posteriormente, se indican las variables que inciden en la sostenibilidad de las tecnologías de sistema de abastecimiento, abarcando aspectos técnicos, socio ambientales y económico/administrativos. Finalmente, se proponen tipologías tecnológicas orientadas a optimizar el abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas, teniendo en cuenta el análisis multicriterio que integra los factores de sostenibilidad identificados.

8.1 Tecnologías de abastecimiento de agua empleadas en la zona rural en el municipio de Barbacoas Nariño.

En las zonas rurales del municipio de Barbacoas prevalecen las soluciones individuales de abastecimiento de agua, el 84% de las 136 veredas existentes en el municipio de Barbacoas realizan la recolección directa de agua de quebradas, nacimientos cercanos o agua lluvia. Solo 23 veredas que corresponden al 16% cuentan con un sistema de abastecimiento de agua, el cual se refiere a un sistema conformado por bocatoma, desarenador y tanque de almacenamiento, que no cuenta con tratamiento ni desinfección de agua (Minsalud, 2014).

Se evidencia que, debido al deterioro de estos sistemas, el 90% de las veredas del municipio de Barbacoas, continúan dependiendo de fuentes que no son seguras, las cuales se exponen a la contaminación por actividades como la minería artesanal y la presencia de materia orgánica, principalmente proveniente de residuos vegetales en descomposición, excretas de animales y descargas domésticas sin tratamiento (SIASAR, 2021). La ausencia

de tratamiento incrementa la vulnerabilidad de la población ante enfermedades de origen hídrico, situación que se magnifica en épocas de baja precipitación al disminuirse el efecto de dilución de los contaminantes.

8.1.1 Tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas

La zona rural del municipio de Barbacoas presenta una diversidad de soluciones tecnológicas implementadas por las comunidades para el abastecimiento de agua, las cuales responden a factores como la dispersión geográfica, la falta de infraestructura, el bajo nivel de cobertura institucional y la disponibilidad de recursos naturales. En este contexto, se identificaron distintas tipologías tecnológicas utilizadas, clasificadas con base en criterios técnicos, sociales, ambientales y económicos. La Tabla 4 resume las tecnologías presentes en cada vereda, estableciendo su tipología y caracterizándolas a partir de aspectos claves como la formalización del servicio, la gestión operativa, la estructura administrativa, la infraestructura existente y el compromiso comunitario.

Tabla 4

Diagnóstico por tipologías tecnológicas de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas

Tipología	Tecnología identificada	Descripción	Infraestructura	Condiciones ambientales y sanitarias	Condiciones sociales	Formalización del servicio	Costos	Operación y mantenimiento
Tecnologías apropiadas.	Recolección de aguas lluvias	Presente en al menos 9 veredas del municipio. Se realiza a través de techos, canecas plásticas o tanques.	Ausencia de infraestructura hidráulica instalada.	Aprovecha un recurso renovable, pero sin control de calidad.	Alta apropiación comunitaria, pero sin procesos organizativos.	No formalizado. Sin tarifas ni regulación municipal.	Bajo costo inicial, materiales caseros. Sin inversión institucional.	Realizado por la familia. No hay capacitación técnica.
Tipología de soluciones socio-técnicas.	Sistemas de abasto (vereda/comunitario)	Aproximadamente 9 veredas cuentan con este tipo de sistemas, que conducen agua desde fuentes naturales hasta viviendas sin tratamiento.	Infraestructura básica (bocatoma, tanque de almacenamiento y conducción).	Sin tratamiento. Riesgo por contaminación natural o antrópica.	Existe organización local, pero débil formalmente.	No formalizado. Gestión comunitaria sin respaldo institucional.	Bajo a moderado, según materiales y fuente. No sostenible.	La comunidad se encarga con dificultad. Falla mantenimiento.
Tecnología de bajo costo	Captación directa de quebradas/ríos	Presente en al menos 7 veredas. Se capta agua directamente con mangueras o por gravedad.	Sin infraestructura establecida.	Alto riesgo sanitario por captación sin tratamiento.	Práctica común, pero individual. No organizada.	No existe formalización ni reconocimiento del servicio.	Casi nulo. Materiales artesanales. Sin tarifas.	Manejo familiar sin criterios técnicos.
Tecnologías apropiadas o de bajo costo.	Motobomba (extracción superficial)	Veredas como El Guadual, Bocana y Naranjal utilizan motobombas para extraer agua de fuentes cercanas.	Uso de bomba sin sistema de conducción.	Impacto bajo si se usa responsablemente. Sin tratamiento.	Intervención individual o de pocos hogares.	Sin formalización. Uso particular o comunitario informal.	Moderado. Costo en combustible y equipos.	Depende del operador. Mantenimiento irregular.
Tecnologías apropiadas o de bajo costo.	Pozos / aljibes	En al menos 3 veredas como Santa María, Panamá y Tangareal se identificó el uso de pozos excavados manualmente o aljibes para almacenamiento.	Infraestructura incipiente o ausente.	Riesgo de contaminación por infiltración superficial.	Uso doméstico. Carencia de estructura social organizada.	No formalizado. De uso familiar.	Bajo, depende de excavación inicial y cobertura del pozo.	Manejo doméstico. No hay mantenimiento periódico.
Tecnología apropiada o socio-técnicas.	Acueducto veredal/comunitario	Identificado en al menos 3 veredas, tienen sistemas de conducción y en algunos casos tratamiento básico.	Infraestructura instalada. Conducción, tanques o cloración.	Dependiendo del tratamiento, puede ser seguro.	Buena organización social, aunque con debilidades administrativas.	Organización comunitaria, en algunos casos con reconocimiento municipal.	Moderado. Requiere gestión y fondos comunitarios.	Gestión compartida. Necesita formación técnica.

- **Acueductos convencionales**

Correspondiente al 2% de las veredas del municipio de Barbacoas. Este tipo de tecnología se encuentra representada únicamente por el acueducto de Altaquer según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2003), estos sistemas corresponden al suministro mediante redes de distribución con conexiones domiciliarias y estructuras técnicas que pueden funcionar por gravedad o bombeo. Aunque este modelo busca cumplir con estándares de calidad y continuidad, Barbacoas se ha enfrentado a desafíos importantes: fallas administrativas, falta de mantenimiento y dificultades en la gestión comunitaria. Esto ha limitado su funcionamiento eficiente, lo cual concuerda con lo expuesto por Zamudio (2012), quien afirma que en muchos territorios rurales la población ha debido recurrir a soluciones autónomas ante la ineficiencia institucional.

- **Recolección de aguas lluvias**

Esta solución ha sido adoptada por al menos nueve veredas, como Zacarías, Bocana o Naranjal, correspondiente al 26% del total de las veredas, las cuales aprovechan la alta pluviosidad del municipio, que supera los 6.500 mm anuales (IDEAM, 2023). Esta disponibilidad hídrica convierte a la lluvia en una fuente accesible, especialmente en territorios donde otras fuentes son escasas o presentan altos niveles de contaminación. Según Torres (2019), la captación de agua lluvia es una alternativa viable en regiones donde no existen otras fuentes en cantidad o calidad suficiente. Sin embargo, aunque esta tecnología ha sido valorada por su facilidad de implementación y uso de materiales disponibles localmente, su costo puede incrementarse si se busca asegurar la calidad del agua para consumo humano. La necesidad de incorporar sistemas de tratamiento como filtración y desinfección representa un desafío adicional, debido a que, sin estos procesos, el agua recolectada puede contener contaminantes y patógenos que comprometen la salud pública (OPS, 2001; OMS, 2011).

- **Sistemas de abasto de agua**

Estos sistemas correspondientes al 26% de las veredas, se caracterizan por contar con bocatomas, redes de conducción y distribución, pero sin unidades de desinfección ni filtración. Según Vidal Pinilla, Semanate Quiñonez y Sera Mendoza (2022), aunque cumplen

parcialmente con los requisitos de un acueducto, su falta de tratamiento compromete la calidad del agua. En este caso, pueden clasificarse como tecnologías apropiadas o soluciones socio-técnicas cuando existe una participación de la comunidad en su diseño, construcción y operación y mantenimiento.

- **Captación directa de quebradas o ríos**

Esta es una de las formas más precarias de abastecimiento, identificada en el 20% de las veredas, así como en las veredas como Timbiré o Bellavista. Consiste en tomar el agua sin ningún tipo de infraestructura o tratamiento, directamente de fuentes naturales. Si bien puede considerarse como una tecnología apropiada en términos de acceso inmediato, no es sostenible ni segura en el tiempo debido al alto riesgo de contaminación. De hecho, en muchas zonas rurales del Pacífico Colombiano este tipo de prácticas están asociadas a brotes de enfermedades hídricas (Zamudio, 2012).

- **Pozos y aljibes con motobomba**

El uso de motobombas en el 9% de las veredas es una práctica extendida, aunque su sostenibilidad está limitada por el acceso a combustibles y por la falta de sistemas de tratamiento del agua extraída. Estas tecnologías se enmarcan como apropiadas o de bajo costo, pero no pueden considerarse limpias ni sostenibles sin mejoras en la calidad del agua. Lo mismo ocurre con los pozos y aljibes, presentes en Santa María o Panamá, donde el agua se almacena, pero rara vez se somete a tratamiento, lo que compromete su potabilidad (OPS, 2001; Gutiérrez, 2020).

8.1.2 Análisis de las tecnologías de abastecimiento de agua potable

Para este estudio se seleccionaron 15 veredas del municipio de Barbacoas con base en los datos disponibles en el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR, 2021) y en las entrevistas realizadas en el municipio, los cuales fueron consolidados a partir del diagnóstico validado por el Plan Departamental de Aguas de Nariño. La elección se fundamenta en la disponibilidad de información técnica completa, actualizada y validada, lo cual permite realizar una evaluación robusta de la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento.

Estas veredas representan una muestra operativa y funcional del territorio rural, ya que incluyen diferentes tipologías tecnológicas y condiciones de gestión comunitaria. La selección de estas unidades de análisis responde a un muestreo intencional o dirigido, apropiado en estudios técnicos cuando se requiere focalizar el análisis en contextos que presentan características específicas, como la existencia de infraestructura de tecnologías de abastecimiento de agua (Hernández, Fernández, & Baptita, 2014). De acuerdo con la metodología de evaluación sectorial en zonas rurales, la selección basada en criterios de calidad y cobertura de datos es válida para análisis orientados a la planificación y mejora de los servicios (Banco Mundial, 2017).

En el análisis realizado sobre las tecnologías de abastecimiento en la zona rural de Barbacoas, se identificó que catorce de las quince veredas evaluadas como El Charco, San Gertrudis, Los Brazos, Chiyaguan, Diaguillo, Naispi, San Francisco, Cuilbi, La Pampa, Salí, Paunde, Mongón, Pambana y La Sirena cuentan con sistemas de abasto, los cuales no incluyen infraestructura de tratamiento de agua. Estos sistemas se limitan a la captación y distribución del recurso, lo que compromete su potabilidad. Únicamente la vereda de Altaquer dispone de un acueducto convencional, que contempla redes de distribución y proceso de desinfección del agua; sin embargo, presenta dificultades en su operación y gestión comunitaria.

8.1.2.1 Diagnóstico y factibilidad económica/administrativa de las tecnologías de abastecimiento de agua

En Barbacoas, cerca del 90% de las tecnologías de abastecimiento de agua están gestionadas directamente por las comunidades, lo que evidencia un fuerte sentido de organización y apropiación local. Este modelo de autogestión ha demostrado ser una alternativa efectiva en contextos rurales donde la presencia institucional es limitada, ya que permite soluciones adaptadas a las realidades del territorio (López, 2019). No obstante, también enfrenta limitaciones importantes, como la falta de formalización legal, debilidades técnicas y escaso acceso a fuentes de financiación.

La sostenibilidad de estos sistemas comunitarios requiere del acompañamiento del Estado, tanto en términos de asistencia técnica como de fortalecimiento institucional. Sin esta articulación, la operación autónoma corre el riesgo de deteriorarse con el tiempo, comprometiendo la calidad y continuidad del servicio. Por ello, es fundamental establecer políticas públicas que reconozcan y respalden la gestión comunitaria del agua, asegurando que estas formas de gobernanza se integren a los marcos normativos sin perder su autonomía (Gutiérrez & Acero, 2020).

Tabla 5

Diagnóstico económico/administrativo de las tecnologías de abastecimiento de agua en el municipio de Barbacoas.

Criterio	Descripción del estado actual	Indicador
Estructura organizativa y formalización del servicio	El 90% de los sistemas son gestionados por la comunidad. Solo 2 de los 15 evaluados (Altaquer y La Sirena) cuentan con una estructura organizativa básica. Ninguno tiene personería jurídica ni registro en Cámara de Comercio.	0%
Gestión financiera y tarifas	Solo el acueducto de Altaquer cuenta con una tarifa establecida. El resto de tecnologías carecen de estructura tarifaria y control de costos.	3%
Costos de inversión	Las inversiones son mínimas y asumidas por la comunidad. No hay apoyo sostenido desde instituciones públicas. No existe planificación financiera ni capacitación técnica.	0%

La evaluación de la factibilidad económico-administrativa en Barbacoas evidencia múltiples debilidades estructurales que afectan la sostenibilidad de las tecnologías. En primer lugar, la ausencia de formalización del servicio compromete la capacidad de los prestadores para gestionar de forma eficiente y acceder a recursos estatales o privados. Según el Ministerio de Vivienda (2017) y la Ley 142 de 1994, los prestadores deben contar con personería jurídica y registro legal para establecer contratos, recibir apoyo financiero y ejercer funciones de vigilancia. En Barbacoas, la informalidad organizativa ha sido un obstáculo recurrente, limitando el desarrollo de los servicios.

La gestión financiera muestra falencias importantes por la falta de tarifas en casi todos los sistemas, excepto el de Altaquer, impide generar ingresos que garanticen la operación continua. Tal como señala la Comisión de Regulación de Agua Potable (CRA, 2018), la

existencia de tarifas bien definidas permite cubrir costos de mantenimiento, reparación de infraestructura y compra de insumos.

Además, la falta de control de gastos limita la eficiencia administrativa, lo cual es consistente con lo planteado por Cubillos (2020), quien resalta que una adecuada gestión financiera es clave para asegurar la continuidad del servicio.

Los indicadores presentados en la tabla 5 reflejan una ponderación general del estado económico-administrativo de las tecnologías de abastecimiento evaluadas. Esta agregación permite visualizar las principales limitaciones estructurales del sistema: el 0% de formalización legal y de inversión externa, junto con un escaso 3% en gestión financiera, estos datos permiten afirmar que, en términos generales, las tecnologías operan bajo esquemas informales, sin respaldo jurídico ni planificación financiera, lo que restringe su acceso a recursos y limita su capacidad para garantizar la continuidad y calidad del servicio.

8.1.2.2 Diagnóstico de factibilidad técnica de las tecnologías de abastecimiento de agua

Según el diagnóstico realizado de las tecnologías de abastecimiento de agua potable, se evidencia en el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR), que todos los sistemas de suministro de agua en la zona operan por gravedad, esto quiere decir que las fuentes de agua están ubicadas en zonas más altas que las comunidades a las que se abastece, lo cual permite que el agua fluya de forma natural hasta las tecnologías de abastecimiento y red de distribución, sin la necesidad de utilizar bombas o electricidad (Ministerio de Economía y Finanzas del Perú, 2004).

En la tabla 6, se presenta el diagnóstico técnico de las tecnologías de abastecimiento de agua en varias veredas del municipio de Barbacoas. La información recoge aspectos clave como la vereda, la fuente de agua utilizada, el tipo de captación, el uso de sistemas por gravedad, la presencia de tratamiento y el estado general de la infraestructura, lo cual permite identificar fortalezas y necesidades técnicas para mejorar la gestión del recurso hídrico en la zona.

Tabla 6

Diagnóstico técnico de los sistemas de abastecimiento de agua en el municipio de Barbacoas.

Vereda	Fuente de agua	Tipo de fuente	Sistema por gravedad	Sistema de tratamiento	Estado de la infraestructura
El Charco	Quebrada El Charco	Superficial	Sí	No	Deficiente
San Gertrudis	Quebrada San Antonio	Superficial	Sí	No	Deficiente
Los Brazos	Quebrada Los Pedros	Superficial	Sí	No	Deficiente
Chiyaguan	No registrada	Superficial	Sí	No	Deficiente
Diaguillo	Quebrada Espinal	Superficial	Sí	No	Regular
Naispí	Quebrada San Joaquín	Superficial	Sí	No	Regular
San Francisco	San Francisco	Superficial	Sí	No	Regular
Altaquer	Río Ñambí	Superficial	Sí	Sí	Bueno
Cuilbí	No registrada	Superficial	Sí	No	Regular
La Pampa	No registrada	Superficial	Sí	No	Regular
Salí	Quebrada El Padre	Superficial	Sí	No	Regular
Paundé	Quebrada Mampata	Superficial	Sí	No	Deficiente
Mongón	Aljibe	Subterránea	Sí	No	Regular
Pambana	Quebrada San Joaquín	Superficial	Sí	No	Regular
La Sirena	Quebrada Cercio	Superficial	Sí	No	Deficiente

La Figura 4 presenta que las tecnologías de abastecimiento de agua están conformadas por captación, aducción y redes de distribución, pero, el tratamiento de agua es inexistente. Todo ello plantea que el enfoque que predomina es el criterio de cantidad de agua, estando en un segundo plano la calidad de agua, por lo tanto, son pocos los beneficios en la reducción de riesgos a la salud. Los procesos de tratamiento son esenciales para

remover partículas, agentes contaminantes y garantizar la calidad del agua. Solo una de las tecnologías de abastecimiento cuenta con desinfección del agua (acueducto convencional de Altaquer). El 20% de los sistemas cuenta con tanques de almacenamiento, indicando que el 80% tiene limitaciones para asegurar un suministro de agua constante, esta situación se vuelve crítica en periodos de alta demanda o cuando ocurren interrupciones temporales en el servicio o en periodos de sequía. (SSWM, 2009).

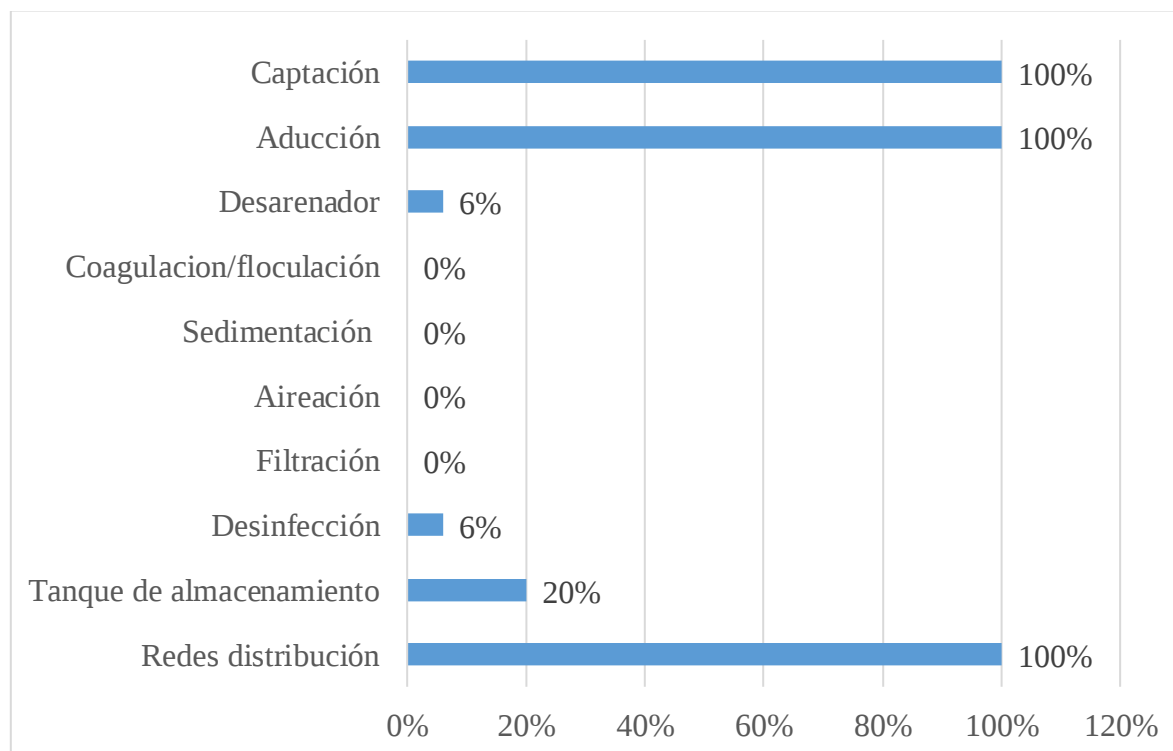


Figura 4

Componentes de las tecnologías de abastecimiento de agua

Una vez identificados los componentes de las tecnologías de abastecimiento, se hizo la evaluación cualitativa del estado físico de la infraestructura. Esta categorización se basó en los parámetros definidos por SIASAR (2021) acorde a su metodología, la cual empleó un formulario estandarizado aplicado a los sistemas (Tabla 7). La información fue obtenida del diagnóstico validado por el Plan Departamental de Agua (PDA) de Nariño en el año 2021, cuyos funcionarios aplicaron dicho instrumento en campo. La valoración del estado físico se realizó de forma visual en terreno, la cual fue complementada mediante entrevistas con los operadores o miembros de la comunidad responsables del sistema para el desarrollo de este trabajo (Tabla 8).

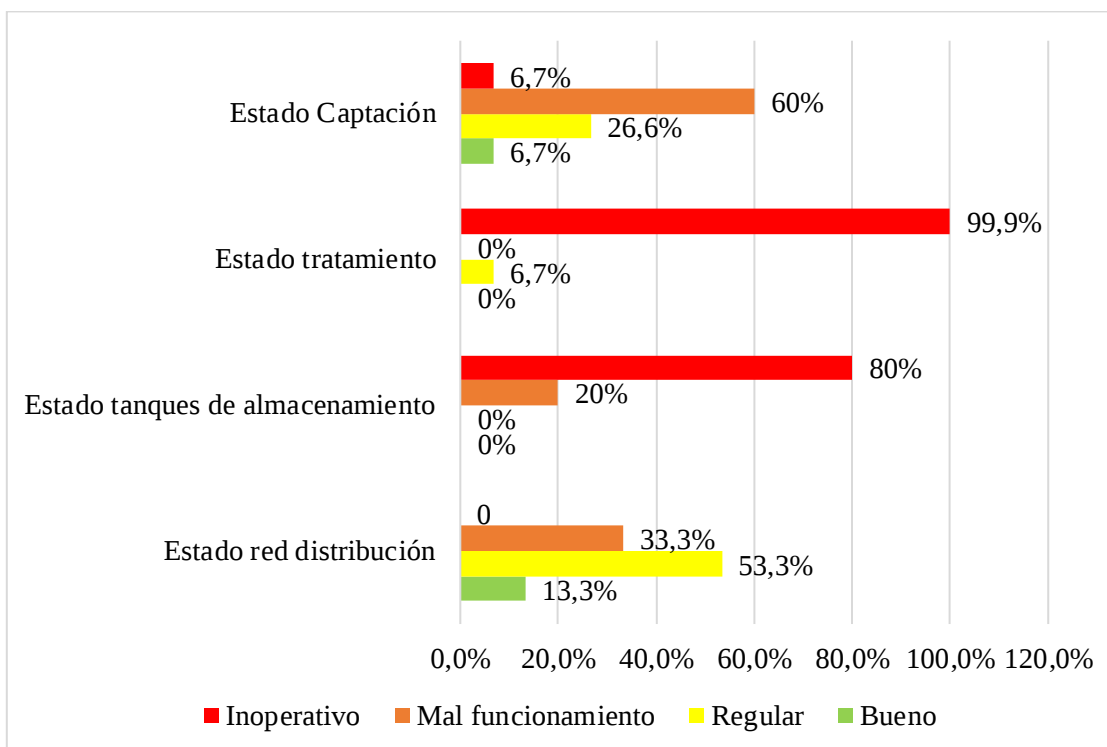


Figura 5

Estado de componentes de las tecnologías de abastecimiento de agua

La Figura 5 muestra que existe un deterioro significativo en la infraestructura de las tecnologías de abastecimiento de agua, donde predomina el mal funcionamiento y la inoperatividad en varios de sus componentes. Esta situación, refleja una deficiente condición física de las tecnologías instaladas, afectando directamente la continuidad, calidad y seguridad del recurso hídrico.

La falta de mantenimiento, la obsolescencia de algunos elementos y la ausencia de procesos técnicos adecuados han llevado a que una parte considerable de las infraestructuras no cumpla con su función de manera efectiva. Además, la carencia de etapas clave como el tratamiento compromete no solo la eficiencia del sistema, sino también la salud pública de las comunidades usuarias. Este panorama pone en evidencia la necesidad urgente de implementar acciones correctivas e inversiones sostenibles, que permitan garantizar un acceso seguro al agua, acorde con los lineamientos propuestos por la OMS (2017) y otros referentes técnicos en gestión hídrica.

- **Operación y mantenimiento local**

La sostenibilidad de las tecnologías de abastecimiento de agua en zonas rurales, como Barbacoas, no depende exclusivamente de la infraestructura instalada, sino de la capacidad de la comunidad y los actores institucionales para mantenerlos en funcionamiento adecuado a lo largo del tiempo. En este contexto, la operación y mantenimiento de los sistemas representa uno de los pilares fundamentales para garantizar la continuidad del servicio, la calidad del agua y la durabilidad de las inversiones (Giné & Pérez- Foguet, 2008; Fonseca et al., 2011).

En el diagnóstico se evidencian graves limitaciones en las prácticas de O&M en la mayoría de las veredas no existen planes estructurados de mantenimiento, no se cuenta con personal técnico capacitado ni con registros sistemáticos que permitan llevar un control adecuado de las intervenciones realizadas. Estas falencias generan un deterioro acumulado en los componentes de las tecnologías, desde captaciones colmatadas hasta redes de distribución con fugas o tanques de almacenamiento sin condiciones sanitarias mínimas. Como señala Jiménez (2011), sin una gestión preventiva, las tecnologías rurales entran en una lógica de fallas recurrentes que comprometen no sólo su eficiencia técnica, sino también, la confianza de los usuarios y su disposición a participar en el sostenimiento del servicio.

La sostenibilidad de las tecnologías rurales requiere una combinación de autonomía comunitaria con acompañamiento técnico e institucional, especialmente para definir rutinas de mantenimiento, asegurar disponibilidad de repuestos y mejorar la capacidad de respuesta ante fallos (Trémolet & Rama (2012) y Kativhu et al. (2018). En Barbacoas, la inexistencia de estos mecanismos limita la capacidad de los prestadores comunitarios para gestionar adecuadamente los sistemas, lo cual ha generado limitaciones técnicas y financieras.

Además, el Banco Mundial (2017) y WaterAid (2020) han resaltado que la falta de operación adecuada puede duplicar los costos de reparación y rehabilitación, afectando la eficiencia del gasto público y comunitario en zonas vulnerables. La situación se agrava en contextos con escaso acompañamiento institucional, como ocurre en Barbacoas, donde la

falta de asistencia técnica impide implementar acciones correctivas oportunas, comprometiendo así la sostenibilidad operativa de las tecnologías de abastecimiento.

8.1.2.3. *Diagnóstico de la factibilidad socio ambiental*

En la tabla 9 se presentan los indicadores consolidados de factibilidad socioambiental, obtenidos a partir del análisis de las tecnologías de abastecimiento en las 15 veredas evaluadas. La gráfica resume el estado actual de los componentes clave como el manejo del recurso hídrico, las condiciones sanitarias del agua, la participación comunitaria en aspectos ambientales y la adaptabilidad de las tecnologías al entorno.

Tabla 9

Estado de los componentes de las tecnologías de abastecimiento

Criterio	Descripción del estado actual	Limitaciones principales	Indicador
Manejo del recurso hídrico	Las fuentes de abastecimiento no cuentan con cercas o protección perimetral. Se observan vertimientos directos, actividades agrícolas y ganaderas cercanas, y no se realizan controles sobre las zonas de recarga.	Alta vulnerabilidad a la contaminación por actividades humanas. Ausencia de seguimiento en calidad del agua. No se realizan programas de protección ambiental ni monitoreo.	40%
Condiciones sanitarias	Según la Superintendencia de Servicios Públicos (2024), el agua no es apta para el consumo humano por presencia de coliformes fecales. No se realiza tratamiento ni desinfección en la mayoría de las tecnologías.	Riesgo elevado de enfermedades de origen hídrico. Ausencia de sistemas de tratamiento y seguimiento microbiológico. Falta de insumos y conocimiento para la desinfección.	0%
Participación comunitaria	La comunidad participa activamente en la operación, pero no se han establecido comités ambientales ni estructuras formales para el seguimiento del manejo ambiental del recurso. La gestión se centra más en lo	Falta de capacitación ambiental. Escasa articulación con instituciones que promuevan educación ambiental y gestión integral del recurso hídrico.	0%

Criterio	Descripción del estado actual	Limitaciones principales	Indicador
	técnico que en lo socioambiental.		
Adaptabilidad al entorno	Las tecnologías se ajustan a las condiciones locales (precipitación, disponibilidad de fuentes), pero no se han implementado estrategias para mitigar impactos ambientales o garantizar resiliencia frente a sequías o contaminación.	Falta de planificación en la gestión del recurso. Débil capacidad para responder a eventos extremos o crisis ambientales.	0%

El Instituto Departamental de Salud de Nariño ha determinado que el agua en las zonas rurales del municipio no es apta para el consumo humano debido a la presencia de coliformes fecales, lo que evidencia la ausencia de sistemas de tratamiento y desinfección. Este hallazgo se alinea con los reportes de SSWM (2009), que subrayan la necesidad de integrar procesos de filtración y desinfección en sistemas comunitarios para garantizar agua segura.

Según los datos proporcionados por el Sistema de Información para la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP), gestionado por el Instituto Nacional de Salud, y remitidos oficialmente mediante el radicado SSPD No. 20245291639642 del 18 de abril de 2024, se presentan los resultados correspondientes a las muestras tomadas durante el año 2023. Adicionalmente, se incluye una verificación preliminar de los datos reportados en el transcurso de 2024 por la autoridad sanitaria a través de la plataforma web del SIVICAP. Estos resultados reflejan el comportamiento del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano – IRCA (Tabla 10).

Tabla 10

Resultados muestras de vigilancia IRCA– Municipio de Barbacoas.

Mes	% IRCA 2023	Nivel de Riesgo 2023	% IRCA 2024	Nivel de Riesgo 2024
Enero	SD	SD	71,0	Riesgo alto
Febrero	SD	SD	71,0	Riesgo alto
Marzo	68,1	Riesgo alto	64,0	Riesgo alto
Abril	66,4	Riesgo alto	56,9	Riesgo alto
Mayo	81,5	Inviabile San.	61,1	Riesgo alto

Junio	63,1	Riesgo alto	22,4	Riesgo medio
Julio	SD	SD	61,0	Riesgo alto
Agosto	71,0	Riesgo alto	61,1	Riesgo alto
Septiembre	67,5	Riesgo alto	61,1	Riesgo alto
Octubre	55,3	Riesgo alto	58,3	Riesgo alto
Noviembre	54,8	Riesgo alto	NA	NA
Diciembre	SD	SD	NA	NA

Nota: Tomado de: Sistema de Vigilancia en Capacidades Institucionales y Comunitarias de Agua Potable y Saneamiento Básico (SIVICAP), Instituto Nacional de Salud, 2024.
<https://sivicap.ins.gov.co/>

La participación comunitaria, si bien es activa en la operación básica de los sistemas, no ha logrado institucionalizar mecanismos de gestión ambiental. La carencia de comités de agua o comisiones ambientales limita la posibilidad de realizar actividades de educación ambiental o monitoreo del recurso. Como lo indican Molina et al. (2021), la participación efectiva de la comunidad no solo implica la operación, sino también apropiación del proceso de protección del entorno hídrico.

Aunque las tecnologías actuales muestran cierto grado de adaptación a las condiciones climáticas y geográficas de la zona, no se han implementado estrategias preventivas o correctivas frente a riesgos ambientales. La falta de planificación y monitoreo reduce la resiliencia de las comunidades frente a eventos extremos como sequías o contaminación de las fuentes, tal como lo plantea Gómez & Pabón (2022).

8.1.2.4. Valoración técnica, socioambiental y económico/administrativo

En la Tabla 11, se presentan los puntajes obtenidos para la valoración técnica, socioambiental y económico-administrativo derivada del diagnóstico. Estos constituyen la base para la evaluación de sostenibilidad bajo el método AHP. Cada puntaje representa el nivel de cumplimiento o desempeño de la tecnología en cada una de las tres dimensiones analizadas. Esta información constituye la línea base para el análisis de sostenibilidad mediante la aplicación del método AHP y la ponderación de criterios definida por el panel de expertos.

Tabla 11

Puntajes del diagnóstico técnico, socioambiental y económico-administrativo por tecnología de abastecimiento en Barbacoas.

Tecnología de abastecimiento	Puntaje diagnóstico técnico	Puntaje diagnóstico socioambiental	Puntaje diagnóstico económico/ administrativo
Sistema de abasto Vereda El Charco	9,7	15,5	0
Sistema de abasto Vereda San Gertrudis	9,7	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Los Brazos	19,3	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Chiyaguan	22,6	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Diaguillo	12,9	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Naispi	20,6	15,5	0
Sistema de abasto Vereda San Francisco	16,1	15,5	0
Acueducto convencional Vereda Altaquer	25,8	15,5	21,5
Sistema de abasto Vereda Cuilbi	22,6	15,5	0
Sistema de abasto Vereda La Pampa	32,2	15,5	0
Sistema de abasto Sali	19,3	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Paunde	22,6	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Mongon	45,1	15,5	0
Sistema de abasto Vereda Pambana	19,3	15,5	0
Sistema de abasto Vereda La Sirena	22,6	15,5	11,6

8.2 Variables para la sostenibilidad en los sistemas de abastecimiento de agua rural

La sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua está influenciada por múltiples factores que han sido ampliamente discutidos en la literatura internacional, como lo señalan Panthie y Bhattarai (2008), Kativhu, Mazvimavi, Tevera y Nhapi (2017), y en el contexto latinoamericano, Latorre y Sánchez (2003), entre otros. Estos estudios coinciden en que la sostenibilidad depende de criterios técnicos, ambientales, administrativos y financieros, así como de factores que afectan directamente la operación y gestión de las tecnologías de abastecimiento. En ese sentido, la presente revisión toma en cuenta las dimensiones y factores de sostenibilidad expuestos en la Tabla 10.

Dichos factores se formularon a partir de la información obtenida en el diagnóstico inicial realizado en el objetivo 1, el cual corresponde a la caracterización de las tecnologías de tratamiento actualmente utilizadas en las zonas rurales del municipio de Barbacoas. Esta caracterización se fundamentó en datos reportados por el SIASAR (2021), complementados con registros del Plan Departamental de Agua (PDA) de Nariño, en el año 2021, y entrevistas con habitantes del municipio lo cual permitió identificar las condiciones técnicas, sociales, organizativas y ambientales que inciden directamente en la viabilidad y sostenibilidad de las tecnologías existentes. A partir de este análisis, fue posible definir los que inciden en la sostenibilidad del abastecimiento de agua rural en el municipio, lo cual está reflejado en la Tabla 12.

Tabla 12

Dimensiones y factores para el análisis de la sostenibilidad

Dimensión	Factor
Técnico	Infraestructura existente
	Operación y mantenimiento local
Socio Ambiental	Fuente de abastecimiento
	Manejo del recurso hídrico
	Estructura social
	Organización administrativa
Económico/Administrativo	Formalización del servicio
	Datos de costos
	Costos de inversión

Las dimensiones identificadas son pertinentes para este estudio debido a que los referentes teóricos que los proponen se apropian al contexto de estudio, por ser un entorno rural, donde las personas están organizadas y viven en comunidades, el nivel de desarrollo es bajo, y donde los altos niveles de pobreza y desigualdad y el acceso a los recursos prevalece (Nkambule, 2012).

Las matrices obtenidas se presentan en el Anexo 1 y 2, en donde se realizan los cálculos propuestos por la metodología de análisis multicriterio, con el fin de obtener los pesos para los criterios y factores evaluados.

La Figura 6 presenta la jerarquización entre las factibilidades técnica, socioambiental y económico/administrativa. Donde se observa que la factibilidad socioambiental recibió el mayor peso dentro del análisis, seguida por la factibilidad técnica, mientras que la económico/ administrativa obtuvo menor ponderación. Este resultado, coincide con el estudio de Peter & Nkambule, (2012), donde se resalta que tanto los factores técnicos como sociales juegan un papel fundamental en la sostenibilidad de las tecnologías de abastecimiento de agua. Aunque los aspectos económicos y financieros también son relevantes, fueron de menor importancia. Una tendencia similar es señalada por Giraldo (2009), quien destaca que la gestión del recurso hídrico está estrechamente ligada al componente técnico y ambiental, enfatizando la necesidad de fortalecer su administración y fomentar el uso responsable del agua.

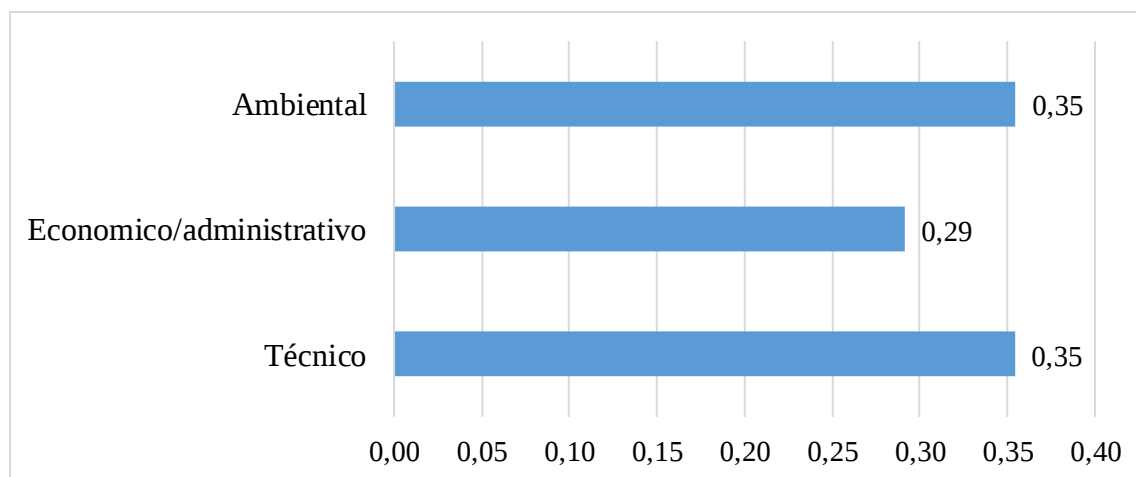


Figura 6

Jerarquización de la dimensión técnica, económico/administrativa y socioambiental, de las tecnologías de abastecimiento de agua.

La Figura 7, muestra que el factor con mayor relevancia fue el estado de la infraestructura existente debido a su impacto en la calidad del agua suministrada, factores como formalización del servicio y la operación local obtuvieron una menor ponderación, aunque siguen siendo determinantes para la sostenibilidad de las tecnologías de abastecimiento.

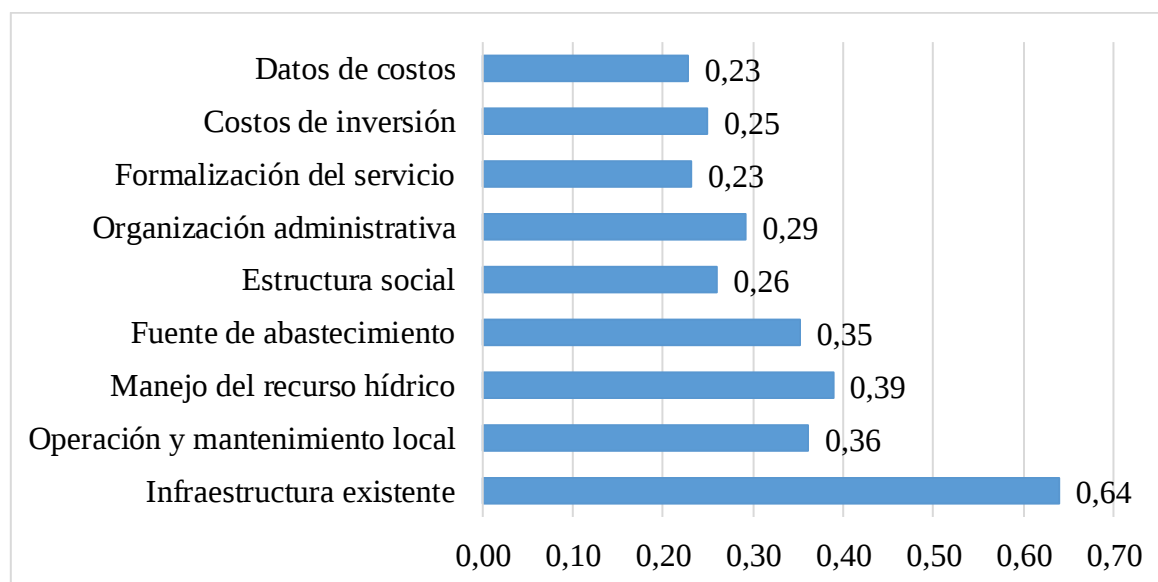


Figura 7

Jerarquización de factores de las tecnologías de abastecimiento de agua

La Tabla 10 presenta los resultados de la valoración de sostenibilidad aplicada a las tecnologías de abastecimiento de agua en las 15 veredas del municipio de Barbacoas, a partir del análisis de los factores técnico, socioambiental y económico-administrativo de las tecnologías de abastecimiento de agua. El puntaje total se obtuvo mediante el método AHP, integrando la ponderación de los expertos donde se asignan valores del 1 al 8 dependiendo del nivel de importancia relativa entre los factores y los pesos obtenidos de acuerdo con el desempeño en el diagnóstico en cada factibilidad (técnica, socioambiental y económico/administrativa) (por ejemplo, 0.35 de peso técnico x 10 puntos obtenidos = 3,5). La suma ponderada de los puntajes por cada tecnología permitió determinar su grado de sostenibilidad. Para ello, se aplicó la escala de clasificación definida en la Tabla 3, donde:

- Tecnologías con una puntuación $\geq 70\%$ fueron clasificadas como sostenibles,
- Entre 30% y 69% como parcialmente sostenibles.

- Por debajo del 30% como no sostenibles.

Tabla 13

Valoración de la sostenibilidad de las tecnologías de abastecimiento de agua en la zona rural de Barbacoas

Tecnología de abastecimiento	Total puntaje	Valoración de la sostenibilidad
Sistema de abasto Vereda El Charco	8,88	No sostenible
Sistema de abasto Vereda San Gertrudis	8,88	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Los Brazos	12,27	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Chiyaguan	13,44	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Diaguillo	10,01	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Naispi	12,73	No sostenible
Sistema de abasto Vereda San Francisco	11,14	No sostenible
Acueducto convencional Vereda Altaquer	20,82	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Cuilbi	13,44	No sostenible
Sistema de abasto Vereda La Pampa	16,84	No sostenible
Sistema de abasto Sali	12,27	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Paunde	13,44	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Mongon	21,41	No sostenible
Sistema de abasto Vereda Pambana	12,27	No sostenible
Sistema de abasto Vereda La Sirena	16,80	No sostenible

De acuerdo a la clasificación de sostenibilidad, la cual se encuentra en el proceso metodológico, todas las tecnologías de abastecimiento son no sostenibles, siguiendo la escala propuesta por Panthi & Bhattarai (2008), es decir que tienen múltiples deficiencias que afectan seriamente la prestación del servicio. Carecen de elementos básicos de

infraestructura, gestión comunitaria o condiciones mínimas de calidad del agua, y su funcionamiento depende de soluciones informales, poco seguras y con alto riesgo sanitario.

Estos valores son coherentes con el diagnóstico, donde se evidencian deficiencias en la operación, el mantenimiento y la infraestructura de las tecnologías de abastecimiento. El 90% de las tecnologías evaluadas no cuentan con sistemas de tratamiento, lo que compromete la calidad del agua suministrada. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), el tratamiento del agua es fundamental para reducir riesgos sanitarios, especialmente en contextos rurales donde las fuentes de captación están expuestas a contaminación biológica y fisicoquímica. La falta de infraestructura básica como sedimentadores, sistemas de cloración o tanques de almacenamiento adecuados impide cumplir con estándares mínimos de calidad.

Además, la debilidad en las rutinas de operación y mantenimiento genera deterioro progresivo de los sistemas, afectando su funcionalidad y sostenibilidad en el tiempo. De acuerdo con Giné-Garriga et al. (2015), la sostenibilidad de los sistemas rurales depende en gran medida de la capacidad comunitaria para mantener la infraestructura y gestionar el servicio de manera organizada y planificada. Sin embargo, en Barbacoas, la falta de acompañamiento técnico y el escaso respaldo institucional agravan la precariedad de los sistemas. Esto coincide con lo planteado por Lockwood & Smits (2011), quienes argumentan que, en ausencia de apoyo técnico y financiero, los sistemas gestionados por la comunidad suelen enfrentar dificultades para sostenerse a largo plazo, lo que incrementa la vulnerabilidad por fallas frecuentes o emergencias.

8.3 Propuesta de las tipologías tecnológicas en abastecimiento de agua para facilitar la sostenibilidad

El municipio de Barbacoas en el departamento de Nariño, presenta condiciones estructurales que han condicionado históricamente el acceso al agua potable, generando una dependencia crítica de fuentes no tratadas y una alta tasa de vulnerabilidad sanitaria. El diagnóstico realizado evidenció que el 100% de las tecnologías evaluadas carecen de tratamiento adecuado, y que cerca del 90% de los sistemas son gestionados directamente por las comunidades, sin personería jurídica ni acompañamiento institucional (Superintendencia de

Servicios Públicos, 2024; SIASAR, 2021). Esta situación refleja una profunda debilidad operativa, técnica y administrativa, resultado de décadas de abandono estatal, falta de planificación y de un modelo de intervención centralista que no se ajusta al entorno rural disperso y multicultural del municipio.

La caracterización rural de Barbacoas evidencia la necesidad de implementar soluciones tecnológicas adaptadas a sus condiciones específicas. El acceso a fuentes hídricas está influenciado tanto por la alta pluviosidad como por la contaminación derivada de la minería, lo que exige sistemas de captación con tratamiento eficiente (Suja et al., 2023). La geografía y las dificultades de infraestructura limita el uso de sistemas centralizados, Evaluación de Tipologías Tecnológicas según Factores Contextuales de Barbacoas favoreciendo la implementación de tecnologías descentralizadas, autónomas y de bajo mantenimiento (Moriarty et al., 2013).

A partir de este contexto, se elaboró una tabla de análisis detallado de tipologías tecnológicas que permite evaluar su pertinencia con base en criterios clave como el nivel de apropiación comunitaria, el contexto ambiental, el nivel educativo requerido, el costo de implementación, la necesidad de soporte institucional, entre otros. Esta tabla muestra claramente como las tipologías convencionales, aunque ampliamente implementadas a nivel nacional, presentan serias limitaciones frente al contexto rural de Barbacoas.

Tabla 14

Tipologías tecnológicas según factores contextuales de Barbacoas

Tipología tecnológica	Adaptabilidad ambiental	Aceptación social y comunitaria	Nivel técnico requerido	Accesibilidad económica	Articulación institucional	Capacidad operativa local	Facilidad de mantenimiento	Escalabilidad territorial	Sostenibilidad esperada en Barbacoas
Convencionales	Baja. Requieren infraestructura compleja, protegida y monitoreo constante	Baja. La comunidad no se apropia del sistema por su complejidad y dependencia institucional	Alta. Se requiere personal técnico especializado en tratamiento, redes y operación	Baja. Requiere inversiones elevadas en construcción, operación y mantenimiento	Alta. Requieren soporte continuo de operadores, entes territoriales o empresas	Baja. Las comunidades no tienen el conocimiento técnico ni recursos para su gestión	Baja. Alta dependencia de repuestos, insumos y técnicos externos	Baja. Difícil de implementar en zonas dispersas sin acceso vial	Baja. Sistemas insostenibles sin acompañamiento constante
Limpias	Media. Su desempeño depende del tipo de fuente hídrica y del diseño	Media. Son aceptadas cuando se explican sus beneficios ambientales y sanitarios	Baja. Fáciles de construir y operar con capacitación básica	Alta. Utilizan materiales locales y no requieren energía	Media. Pueden implementarse con escaso apoyo institucional, pero requieren supervisión inicial	Media. Requieren formación comunitaria en operación básica	Alta. Poco mantenimiento, pero debe ser constante	Alta. Replicables en múltiples contextos rurales	Media. Viables si hay formación comunitaria inicial

Tipología tecnológica	Adaptabilidad ambiental	Aceptación social y comunitaria	Nivel técnico requerido	Accesibilidad económica	Articulación institucional	Capacidad operativa local	Facilidad de mantenimiento	Escalabilidad territorial	Sostenibilidad esperada en Barbacoas
Sostenibles	Alta. Adaptadas a entornos rurales, imitan procesos naturales	Media. Aceptación si se evidencian resultados; requieren sensibilización	Media/Alta. Exigen diseño técnico, pero operación puede ser comunitaria	Media. Inversión moderada; bajo costo operativo	Media. Requieren articulación con sectores ambiental y salud	Media. Se necesita fortalecimiento técnico local para operación adecuada	Media. Requieren monitoreo periódico de cargas y caudales	Media. Requieren condiciones específicas del terreno	Media. Exige acompañamiento técnico sostenido
Apropiadas	Alta. Se diseñan según condiciones topográficas, pluviometría y fuentes disponibles	Alta. Se alinean con los saberes locales y la cultura rural	Baja. Se gestiona desde el conocimiento local con mínima capacitación	Alta. Costos bajos, uso de materiales accesibles	Media. No siempre requieren acompañamiento estatal, pero sí legalización	Alta. Comunidades tienen experiencia previa en su operación	Alta. Las comunidades realizan mantenimiento rutinario sin depender de técnicos externos	Alta. Fáciles de replicar entre veredas con características similares	Alta. Ya existen experiencias positivas en Barbacoas
Con energías renovables	Alta. Aprovechan insolación y caudales disponibles en Barbacoas	Media. Requieren alfabetización tecnológica y sensibilización comunitaria	Alta. Requieren formación técnica para su operación y monitoreo	Media. Inversión alta inicial, pero bajo costo de operación	Alta. Necesitan asistencia técnica institucional o privada para garantizar funcionamiento	Media. Si hay formación, pueden operar de forma autónoma	Media. Requieren mantenimiento técnico periódico (paneles, bombas)	Media. Escalables si se cuenta con financiamiento	Media. Prometedoras pero con barreras de entrada técnica

Tipología tecnológica	Adaptabilidad ambiental	Aceptación social y comunitaria	Nivel técnico requerido	Accesibilidad económica	Articulación institucional	Capacidad operativa local	Facilidad de mantenimiento	Escalabilidad territorial	Sostenibilidad esperada en Barbacoas
Sociotécnicas	Alta. Son diseñadas desde la realidad ambiental del territorio	Muy alta. Fortalecen la autonomía comunitaria y la apropiación del sistema	Baja. El conocimiento se construye colectivamente desde la práctica	Alta. Costos bajos si se articulan saberes locales y asistencia externa	Alta. Promueven articulación con instituciones sin subordinación	Alta. Empoderan a las comunidades en la operación y toma de decisiones	Alta. Las comunidades asumen el mantenimiento, apoyadas por aliados técnicos	Alta. Se adapta a cualquier vereda con organización comunitaria	Muy alta. Es la tipología más viable en Barbacoas por su coherencia con el contexto local

Con el fin de fortalecer el análisis realizado en la matriz cualitativa, se elaboró una matriz cuantitativa comparativa que permite jerarquizar las tipologías de tecnologías de abastecimiento de agua en función de su nivel de adecuación al contexto rural de Barbacoas. Para ello, se asignaron puntajes numéricos a cada tipología con base en los factores de sostenibilidad técnica, social, ambiental y económica, considerando las particularidades territoriales diagnosticadas.

Cada tipología fue evaluada en función de su desempeño en criterios como facilidad de implementación, apropiación comunitaria, requerimientos técnicos, necesidad de soporte institucional, adaptabilidad al entorno y sostenibilidad a largo plazo. A cada criterio se le asignó un valor entre 1 y 5, donde 1 indica baja pertinencia y 5 alta adecuación. Posteriormente, los puntajes fueron sumados para obtener una valoración global por tipología, permitiendo comparar objetivamente su viabilidad en el territorio.

Tabla 15

Matriz cuantitativa de evaluación de las tipologías tecnológicas de abastecimiento de agua en el contexto rural de Barbacoas

Tipología tecnológica	Adaptabilidad ambiental	Aceptabilidad social	Nivel técnico	Accesibilidad	Articulación institucional	Capacidad operativa local	Facilidad de Mantenimiento	Escalabilidad territorial	Sostenibilidad esperada en Barbacoas	Total /45
Convencional	2	1	4	2	5	2	2	2	2	22
Limpia	3	3	4	4	3	3	3	3	3	29
Apropiada	4	4	3	4	2	4	4	4	4	33
Sostenible	5	4	4	4	3	4	4	4	4	36
Con energías R	5	3	5	3	5	3	3	3	3	33
Sociotécnica	5	5	3	4	2	5	5	5	5	39



Figura 9

Escala comparativa de la pertinencia de las tipologías tecnológicas en Barbacoas

Esta herramienta permite complementar el análisis cualitativo anterior y proporciona una base estructurada para orientar la toma de decisiones en la selección de tipologías más sostenibles y pertinentes en zonas rurales como Barbacoas.

En Colombia, y en muchos países de América Latina, se ha promovido históricamente el modelo de acueducto convencional, caracterizado por grandes sistemas de captación, redes de distribución y plantas de tratamiento centralizadas. Este enfoque se ha basado en la estandarización técnica sin considerar suficientemente las realidades sociales, geográficas ni culturales del territorio (Lockwood & Smits, 2011; Jiménez & Asano, 2003).

Sin embargo, en territorios como Barbacoas, este tipo de solución ha demostrado ser ineficiente e insostenible. En primer lugar, las condiciones de difícil acceso, dispersión poblacional y aislamiento de muchas veredas hacen inviable técnica y económicamente la instalación de infraestructuras convencionales. Por otro lado, el modelo centralizado requiere de operadores capacitados, mantenimiento regular, tarifas estructuradas y respaldo institucional, condiciones ausentes en Barbacoas, donde los prestadores comunitarios carecen de herramientas legales, financieras y técnicas para sostener estos sistemas (Latorre & Sánchez, 2003; Banco Mundial, 2017).

En la misma línea, tecnologías limpias o con energías renovables, aunque prometedoras en ciertos entornos, también enfrentan desafíos relacionados con la necesidad de mantenimiento técnico especializado, acceso a repuestos, costos de inversión inicial y dependencia de componentes tecnológicos complejos (Mulhern et al., 2020; Chianelli et al., 2017). Por ejemplo, tecnologías como la ósmosis inversa con energía solar o los sistemas fotocatalíticos son funcionales en condiciones urbanas o periurbanas con acceso a repuestos, insumos y personal técnico, pero no se adaptan a comunidades sin cobertura energética constante, sin infraestructura vial adecuada y sin capacitación técnica, como lo ha demostrado el propio diagnóstico en Barbacoas, donde los sistemas con algún grado de tecnificación carecen de mantenimiento y terminan inoperativos (Mulhern et al., 2020; Lockwood et al., 2003).

Por otra parte, las tecnologías apropiadas y de bajo costo, como los sistemas de captación de agua lluvia o los filtros de bigarena, muestran mayor afinidad con el territorio. En Barbacoas, la recolección de aguas lluvias ya es una práctica presente en al menos nueve veredas.

Aunque actualmente se implementa de forma rudimentaria y sin tratamiento, representa una oportunidad de mejora si se tecnifica a través de sistemas de filtración y desinfección, sin alterar los saberes y prácticas locales. Esta familiaridad y adaptabilidad cultural hacen que su adopción sea más efectiva y sostenible (Gómez & Rodríguez, 2021; Torres, 2019).

Sin embargo, incluso estas soluciones apropiadas pueden fracasar si no se integran en un enfoque más amplio, que contemple la gestión organizativa, el empoderamiento comunitario, la formación técnica, y el acompañamiento estatal.

Ante este panorama, las tipologías sociotécnicas emergen como la alternativa más viable y pertinente para Barbacoas, donde cerca del 90% de los sistemas de agua están bajo gestión comunitaria informal y sin acompañamiento del Estado (Superintendencia de Servicios Públicos, 2024), la clave no está en importar tecnologías complejas, sino en potenciar capacidades locales existentes.

Este enfoque propone la implementación de sistemas de abastecimiento que integren componentes técnicos adecuados al entorno con dimensiones sociales, organizativas y culturales, y que prioricen la autogestión comunitaria fortalecida mediante alianzas institucionales (Ochoa et al., 2019; Walters & Javernick-Will 2015).

En Barbacoas, donde existe experiencia empírica en la captación de agua lluvia, la adopción de tipologías sociotécnicas permitiría tecnificar prácticas existentes, como la instalación de sistemas de filtración, almacenamiento y desinfección, respetando los saberes locales. Esto no solo mejora la sostenibilidad técnica del sistema, sino que facilita su adopción y reduce los riesgos de rechazo o abandono (Gómez & Rodríguez, 2021; Torres, 2019)-

Estudios en Nicaragua, Bolivia y Perú muestran que los sistemas gestionados comunitariamente son sostenibles sólo si integran elementos sociotécnicos desde su diseño. El caso de los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) en Nicaragua es emblemático: cuando se combinaron tecnologías simples con procesos de formación, asesoría legal, y monitoreo institucional, se logró una sostenibilidad superior 70% en más de 120 comunidades (Mangum, 2017; Wells, et. al, 2022). Un enfoque similar ha sido adoptado en el programa de Ecotecnologías del IMTA en México, con énfasis en educación, equidad y participación (IMTA, 2020).

En consecuencia, la tipología sociotécnica, no solo se alinea con las condiciones actuales de Barbacoas, sino que representa una estrategia de transformación institucional en territorios históricamente abandonados. A diferencia de los enfoques convencionales, no traslada la carga operativa exclusivamente a la comunidad, ni ignora sus limitaciones técnicas y legales, sino que redefine el papel del Estado como facilitador de procesos, garantizando el derecho al agua mediante la construcción colectiva de soluciones.

Instituciones como WaterAid (2011) y el IRC WASH (2013) han señalado que los mayores fracasos en zonas rurales se deben a la desconexión entre actores institucionales y comunitarios. En Barbacoas, donde históricamente no ha existido diálogo entre las comunidades y las entidades ejecutoras, este modelo permitiría reconstruir la confianza, fomentar la corresponsabilidad y mejorar la planeación territorial del agua (López, 2019; CRA, 2018).

El enfoque planteado por Visscher (2006) en *Facilitating Community Water Supply Treatment*, refuerza la necesidad de incorporar una visión integradora para lograr soluciones sostenibles en contextos de alta vulnerabilidad social y técnica. En dicho estudio se subraya que los sistemas de abastecimiento de agua exitosos en comunidades marginadas no solo dependen de la adecuación técnica de la infraestructura, sino de su alineación con las

capacidades sociales, organizativas y culturales del territorio. Este planteamiento se alinea de forma directa con la realidad de Barbacoas, donde las comunidades, aunque carentes de respaldo institucional, han demostrado fuertes procesos de apropiación y autogestión.

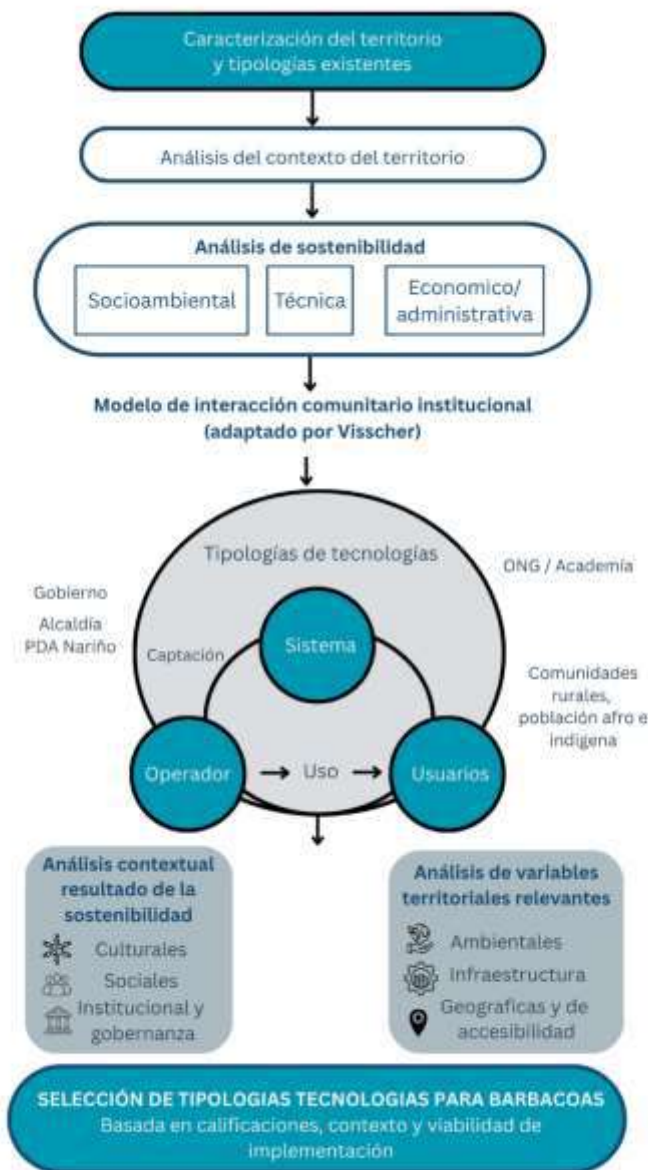
Desde esta perspectiva, la selección de tipologías sociotécnicas en Barbacoas no es solo una elección técnica, sino una estrategia de justicia territorial. Visscher (2006) evidencia que los modelos exitosos de tratamiento comunitario del agua han integrado procesos participativos desde el diseño hasta la operación del sistema, promoviendo la construcción colectiva del conocimiento, la confianza entre actores y la corresponsabilidad en la sostenibilidad. Este tipo de enfoque no solo fortalece las capacidades locales, sino que garantiza que las soluciones tecnológicas no se abandonen, al responder a las verdaderas dinámicas del territorio.

En este sentido, los modelos sociotécnicos surgen como una alternativa que propone una articulación real entre tecnología, comunidad y Estado, donde la sostenibilidad no se reduce a parámetros de diseño, sino que incluye factores como la apropiación social, el fortalecimiento organizativo y la capacidad de mantenimiento autónomo.

Una vez identificadas las limitaciones estructurales de las tipologías convencionales y los beneficios del enfoque socio-técnico en el contexto rural de Barbacoas, se considera fundamental establecer una herramienta práctica que oriente las intervenciones en abastecimiento de agua en territorios con condiciones similares. En respuesta a esta necesidad, se propone un modelo de análisis que sirva como ruta metodológica para tomar decisiones basadas en sostenibilidad, pertinencia territorial y fortalecimiento comunitario.

Figura 8

Modelo de análisis para la selección de una tipología tecnológica sostenible



Este modelo de análisis parte de un enfoque integral que reconoce que la viabilidad técnica por sí sola no garantiza la sostenibilidad de un sistema de abastecimiento. Por ello, la primera etapa del modelo contempla un análisis del contexto territorial, incorporando factores como la geografía, el clima, la dispersión poblacional, el acceso vial, la institucionalidad presente y las prácticas culturales relacionadas con el agua.

La segunda etapa considera la experiencia empírica comunitaria, rescatando los conocimientos, prácticas y tecnologías ya presentes en las veredas. Este aspecto es clave en Barbacoas, donde la captación de aguas lluvias y la autogestión comunitaria son prácticas recurrentes. Reconocer estas experiencias permite que la adopción de nuevas soluciones tecnológicas sea más efectiva, al reducir las barreras de apropiación y facilitar el mantenimiento autónomo (Gómez & Rodríguez, 2021; Ochoa et al., 2019).

Posteriormente, se realiza una identificación y preselección de alternativas tecnológicas, evaluando su compatibilidad con las capacidades locales, disponibilidad de materiales, costos de implementación y nivel de sofisticación requerido. Este paso evita replicar errores del pasado, como la instalación de infraestructuras inoperables por falta de mantenimiento o capacitación.

La cuarta etapa corresponde a la evaluación de sostenibilidad, empleando un enfoque multicriterio con base en factores técnicos, sociales, económicos y ambientales. Aquí se ponderan aspectos como la facilidad de mantenimiento comunitario, la legalización de los prestadores, el acceso a insumos, la resiliencia frente al cambio climático y la articulación institucional. Esta metodología puede guiarse por herramientas como el AHP (Analytic Hierarchy Process), que permiten ponderar los criterios según la experiencia local y técnica disponible (Saaty, 1980; Lockwood & Smits, 2011).

Finalmente, el modelo culmina con la selección de la tipología tecnológica más coherente con el territorio, entendiendo que no existe una solución única, sino que las decisiones deben responder al contexto específico. En Barbacoas, por ejemplo, esta aplicación ha permitido evidenciar que la tipología sociotécnica, al articular soluciones técnicas con procesos de gobernanza comunitaria, educación y acompañamiento estatal, es la más viable y sostenible a largo plazo.

Este modelo no solo representa una herramienta útil para los tomadores de decisiones en el ámbito institucional, sino que también puede servir como base para procesos de planeación participativa con las comunidades. Su implementación garantiza que la elección tecnológica no sea impuesta, sino construida colectivamente, considerando las dinámicas locales, el conocimiento empírico y los aprendizajes acumulados en el territorio.

8.4 Plan de intervención por tipología priorizada

Las tipologías tecnológicas priorizadas identificadas mediante el método AHP pueden traducirse en rutas de acción concretas orientadas a facilitar la implementación gradual, la capacitación comunitaria y la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua en la zona rural del municipio de Barbacoas. En este apartado se busca vincular los resultados obtenidos de la investigación con estrategias prácticas que fortalezcan las capacidades locales, optimicen el funcionamiento de las tecnologías existentes y promuevan una gestión integral y participativa del recurso hídrico.

Para ello se proponen lineamientos técnicos y operativos que orienten el fortalecimiento y la consolidación de las tecnologías de abastecimiento priorizadas en la zona rural, con base en su factibilidad técnica, socioambiental y económico-administrativa. Este plan de intervención se formuló a partir de los resultados obtenidos en el análisis jerárquico multicriterio (AHP), los cuales permitieron establecer la ponderación relativa de los factores técnicos, socioambientales y económico-administrativos. Asimismo, se integraron los hallazgos del diagnóstico comunitario realizado en las veredas del municipio de Barbacoas y las directrices establecidas en el Plan Departamental de Aguas de Nariño (PDA, 2023), complementadas con información proveniente de la literatura especializada en gestión comunitaria del agua rural (MAVDT, 2010; CONPES 3810, 2014). Cada

Esta articulación metodológica permitió definir acciones específicas, responsabilidades institucionales, costos aproximados y mecanismos de seguimiento que facilitan la implementación progresiva de cada tipología priorizada en coherencia con el contexto local y las políticas nacionales de agua y saneamiento rural.

Tabla 16

Plam de intervención

Tipología priorizada	Acciones propuestas / pasos de intervención	Actores responsables	Costo estimado (COP)	Cronograma de ejecución	Estrategia de capacitación y monitoreo
Acueducto veredal o comunitario (socio-técnica)	- Diagnóstico técnico detallado y rehabilitación de componentes (captación, tanque, cloración). - Legalización y registro del comité de agua. - Creación de tarifa básica para sostenibilidad.	Alcaldía Municipal, PDA Nariño, JAC, Corponariño	\$80–100 millones por vereda	12 meses (6 meses de ejecución técnica + 6 meses de formalización)	- Capacitación en operación y mantenimiento. - Seguimiento semestral por PDA.
Recolección de aguas lluvias (tecnología apropiada / bajo costo)	- Instalación de sistemas modulares de almacenamiento (5.000–10.000 L). - Implementación de filtros y cloradores caseros. - Campañas de uso higiénico del agua.	PDA Nariño, ONG locales, SENA, comunidades	\$5–8 millones por hogar	6 meses	- Talleres comunitarios sobre mantenimiento de techos y filtros. - Monitoreo trimestral de calidad por la ESE local.
Pozos o aljibes con motobomba (apropiada)	- Mejoramiento de pozos y protección perimetral. - Sustitución progresiva de motobombas por bombas solares. - Registro comunitario del uso de fuentes.	Corponariño, Gobernación de Nariño, PDA, comunidades	\$20–25 millones por unidad	9 meses	- Capacitaciones sobre energía solar y seguridad sanitaria. - Evaluación anual de funcionamiento.
Captación directa (bajo costo, transitoria)	- Sustitución gradual por sistemas de abasto veredal. - Implementación de kits básicos de filtración y desinfección.	Alcaldía, PDA, Secretaría de Salud	\$3–5 millones por familia	4 meses	- Jornadas educativas en salud y desinfección. - Control de IRCA semestral.

Los pasos de intervención propuestos buscan generar pasos concretos para desarrollar las tecnologías más representativas y viables en la zona rural de Barbacoas, promoviendo un enfoque integral que combine acciones técnicas, organizativas y formativas.

El plan establece responsabilidades compartidas entre las instituciones gubernamentales — como el PDA Nariño, la Alcaldía de Barbacoas y Corponariño—, las comunidades rurales y las entidades de apoyo técnico, entre ellas el SENA, las universidades y diversas organizaciones no gubernamentales (ONG). De acuerdo con Bernal (2021), el establecimiento de alternativas para el acceso al agua y al saneamiento en zonas rurales de difícil acceso en Colombia constituye una responsabilidad colectiva, en la cual el Estado, representado por sus instituciones, junto con la comunidad y las entidades sin ánimo de lucro, deben trabajar de manera articulada para identificar y aplicar la tecnología más adecuada a las condiciones particulares de cada territorio.

Los costos estimados se fundamentan en referencias de proyectos rurales ejecutados en el departamento de Nariño, como los proyectos de abastecimiento de agua desarrollados en los municipios de Funes y Túquerres (Gobernación de Nariño, 2025), así como en las tarifas promedio reportadas por el Plan Departamental de Aguas (2023).

El cronograma de ejecución contempla intervenciones a corto plazo (0–6 meses), mediano plazo (6–12 meses) y largo plazo (más de 12 meses), garantizando un proceso continuo de capacitación y monitoreo participativo. Estas acciones se estructuran en dichos periodos considerando que el acceso seguro y eficiente al recurso hídrico constituye un derecho fundamental, por lo que su garantía debe ser prioritaria en las políticas públicas y en la gestión comunitaria del agua rural.

Esta propuesta permite que los resultados de la investigación se traduzcan en lineamientos prácticos para la formulación de política pública local en agua y saneamiento rural, contribuyendo al cumplimiento del ODS 6 y a los objetivos del CONPES 3810 (2014).

9. Conclusiones

- El análisis realizado en la zona rural de Barbacoas evidenció una alta dependencia de fuentes no tratadas y tecnologías gestionadas comunitariamente, sin infraestructura adecuada ni respaldo legal. El 26,47% corresponde a recolección de aguas lluvias y otro 26,47% a sistemas de abasto sin tratamiento; el 20,59% a captación directa de quebradas o ríos; el 8,82% a motobombas, pozos/aljibes y acueductos veredales y solo el 2,94% a acueducto convencional.
- La evaluación de sostenibilidad evidenció que ninguna tecnología existente cumple plenamente con los criterios de sostenibilidad. Se identificaron deficiencias técnicas y administrativas, además de una ausencia generalizada de tratamiento. Aunque existe apropiación comunitaria, la falta de articulación con el Estado impide consolidar soluciones sociotécnicas sostenibles.
- El diagnóstico del contexto rural de Barbacoas evidenció que las soluciones convencionales para el abastecimiento de agua no son viables técnica ni económicamente, debido a factores como la dispersión poblacional, el difícil acceso y la limitada capacidad institucional. Estas condiciones han generado el fracaso de modelos tecnocráticos estandarizados que no responden a las dinámicas ni capacidades de los territorios rurales. Esto resalta la necesidad de enfoques adaptativos y contextualizados.
- El análisis de las distintas tipologías tecnológicas permitió evidenciar que las soluciones sociotécnicas presentan la mayor coherencia con las condiciones ambientales, sociales y organizativas de Barbacoas. Este enfoque valora el conocimiento empírico, promueve la participación comunitaria y articula la tecnología con procesos de gobernanza local. Su implementación mejora la sostenibilidad y fortalece el rol de las comunidades como actoras claves en la gestión del agua.

- La formulación de un modelo de análisis como ruta metodológica para la selección de tipologías tecnológicas sostenibles constituye una herramienta para orientar decisiones basadas en criterios de sostenibilidad, pertinencia territorial y fortalecimiento comunitario. Este modelo, al integrar la experiencia local con parámetros técnicos y sociales, asegura que las intervenciones en agua potable respondan al contexto real y no repliquen errores de planificación del pasado

10. Recomendaciones

- Es necesario que los prestadores del servicio obtengan personería jurídica y se articulen con el Estado para acceder a recursos y asesoría. Esto permitirá mejorar la gobernanza, acceder a subsidios e implementar mecanismos de control de calidad del servicio.
- Se sugiere establecer un sistema local de monitoreo de la calidad del agua, con el apoyo de instituciones como el Instituto Departamental de Salud y el Plan Departamental de Agua, no solo aplicada a acueductos convencionales sino a los sistemas de abasto y en general a las tecnologías existentes en los territorios. Esto contribuirá a reducir riesgos sanitarios y a tomar decisiones informadas sobre la gestión del recurso hídrico y a la selección de tecnologías.
- Se recomienda adoptar la tipología sociotécnica como marco orientador para el diseño e implementación de sistemas de abastecimiento de agua en Barbacoas, priorizando tecnologías de bajo costo, con operación sencilla y que puedan ser apropiadas por las comunidades. Este enfoque debe incluir componentes técnicos adecuados, articulados con procesos de fortalecimiento organizativo, acompañamiento institucional y formación comunitaria.
- Es necesario que las entidades gubernamentales replanteen su rol, pasando de ser ejecutoras aisladas a facilitadoras de procesos territoriales. Se debe fomentar la construcción participativa de soluciones, con enfoque diferencial y enfoque de

derechos, promoviendo esquemas de corresponsabilidad que incluyan rutas claras de legalización, acceso a recursos, asistencia técnica y monitoreo conjunto entre comunidad y Estado.

- Se sugiere incorporar el modelo de análisis propuesto como herramienta metodológica para futuras intervenciones en zonas rurales, no solo en Barbacoas sino en territorios con condiciones similares. Este modelo facilita la selección de tipologías tecnológicas viables, basadas en criterios de sostenibilidad técnica.
- Es fundamental gestionar recursos ante el Plan Todos Somos PAZcífico, el cual contempla inversiones para agua potable, saneamiento básico y energías alternativas en zonas rurales del Pacífico. Su implementación en Barbacoas permitiría cerrar brechas históricas en acceso al agua, fortalecer la infraestructura existente y avanzar hacia sistemas más sostenibles.

Referencias bibliográficas

- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. (2015). Guía de la AECID para la Sostenibilidad y Modelos de Gestión de los Sistemas Rurales de Agua Potable
- Albuja, C., Pinos, C., & Samaniego, J. (2013). Uso de desarenadores en abastecimiento de agua potable. *Galileo*, (23). <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6f8513b0-3214-4c4f-9e95-191180ecd40a/content>
- Alcaldía Municipal Barbacoas. (2016). Plan de desarrollo 2016-2019 “Por un nuevo barbacoas: con salud, educación, equidad y paz”
- Alcaldía Municipal Barbacoas. (2020). Plan De Desarrollo Participativo De Barbacoas “Gobierno Con La Gente 2020- 2023”
- Alcaldía Municipal de Barbacoas-Nariño. (2024). Plan de Desarrollo Municipal Unidos Construimos Más 2024-2027. ALCALDIA-MUNICIPAL-DE-BARBACOAS-NARINO.MICOLOMBIADIGITAL.GOV.CO
- Alvares, F. A. (2013). Implementación de nuevas tecnologías: valuación, variables, riesgos y escenarios tecnológicos. Universidad Francisco Gaviria.
- Álvarez, M. J., Fernández, R. I., y Romera, R. (2014). ¿Es la eco-innovación una estrategia inteligente de especialización para Andalucía? Una aproximación desde el análisis multivariante. *Revista de estudios regionales*, (100), 171-195.
- Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. y Trimmer, C. (2016). Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.
- Angelakis, A., Bontoux, L., y Lazarova, V. (2003). Water reuse: An international survey of current practice, issues and needs. IWA Publishing. <https://iwaponline.com/ebooks/book/26/>

- Banco Mundial. (2005). Evaluación global del abastecimiento de agua y saneamiento rurales: Informe de resumen.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/438191468350142912/pdf/179180rev0SPANISH0global1ruralstudy1sp.pdf>
- Banco Mundial. (2017). Guía metodológica para el análisis de la sostenibilidad en sistemas rurales de agua potable y saneamiento. Washington, D.C.: Banco Mundial. Recuperado de <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/745481500376387010>
- Banco Mundial. (2017). Sistemas de agua y saneamiento sostenibles en áreas rurales: Lecciones aprendidas y estrategias para el futuro. Washington D.C. <https://www.worldbank.org/es/topic/watersupply>
- Barahona, A. (2010). Gestión organizativa y administrativa para la Operación acueductos. <https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/original/documents/Dto-Trabajo-ResCRA-906-2019.pdf>
- Bernal, A. (2021). Soluciones alternativas para el acceso a agua y saneamiento en Colombia. Universidad Nacional. Universidad Nacional de Colombia. https://fadmon.unal.edu.co/fileadmin/user_upload/investigacion/2021/noticias/soluciones_alternativas_publicacion_26_10_2021.pdf
- Betancur, Á. M. Y Upegui, S. (2020). Comparación de técnicas alternativas de potabilización de agua, y su posible aplicación en el área rural del territorio nacional colombiano. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/946/Potabilizacion%20agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Boakye, A. S., Schwartz, K., y Zwarteveen, M. (2020). Aligning stakeholder interests: How ‘appropriate’ technologies have become the accepted water infrastructure solutions for low-income areas. Utilities Policy, 66(101081). 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101081>

- Cadena E. (2018). Informe Final MIRA: Municipio de Barbacoas (Nariño, Colombia). Zona urbana y rural de Barbacoas. Unidad de Manejo y Análisis de Información Colombia – UMAIC
- Camacho, L. A. (2020). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural colombiano. *Revista de Ingeniería*, 1(49), 38-51. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.6>
- Cañón D. S., y Mora, M. A. (2017). *Propuesta De Un Sistema De Abastecimiento de Agua Potable para el sector C de la Vereda Basconta en el Municipio de Icononzo-Tolima*. [Trabajo de grado Tecnólogo, Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital-RIUD
- Carroll, L. S. L. (2017). A comprehensive definition of technology from an ethological-*Social Sciences*, 6(4), 126. <https://doi.org/10.3390/socsci6040126>
- Carvajal, L, & Quintero, A. (2016). Diseño, construcción y evaluación de un sistema piloto multifamiliar de desinfección solar de agua con bajos niveles de turbiedad a partir de fotocátalisis heterogénea y pasteurización como alternativa de suministro en épocas de escasez a la vereda de Los Soches. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/56
- Castaño, H. (2017). *Estudio sobre la implementación de tecnologías apropiadas para el tratamiento de agua en comunidades rurales: Filtros de bioarena y su aplicabilidad en diferentes contextos* (Trabajo de fin de grado). Universidad de Salamanca. Recuperado de https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/135824/17TFG375_CASTA%D1%D3N%20CUADRADO_H%C9CTOR.pdf
- Castro, L. (2024). Determinación de la factibilidad para la implementación de energía fotovoltaica en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) del municipio de Soracá, Boyacá. Repositorio Institucional Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a62d521f-36e7-43d4-9383-3d1144807eaf/content>

- CAWST. (2024). BSF Manual Adaptations. Recuperado de <https://washresources.cawst.org/es/collections/1ca73ea0/bsf-manual-adaptations>
- Cherni, Y., Kais, D., Kallali, H., & Ksibi, M. (2024). Improving water security and sanitation in rural areas: Comparative evaluation of TiO₂ and photo-Fenton processes for rural wastewater treatment and reuse. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 9(1), 497–511. <https://doi.org/10.1007/s41207-024-00467-6>
- Chianelli, R., Carrasco, I., & Mercado, R. (2017). Innovación tecnológica con energía solar para potabilización de agua en zonas rurales de México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1), 113–124. <https://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1020>
- Chila, M. (2023). Mejora de la productividad de un sistema de potabilización de agua. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26041/1/UPS-GT004598.pdf>
- CINARA IRC (1998). Servicios sostenibles de agua y saneamiento: marco conceptual. FINDETER
- Comisión de Regulación de Agua Potable (CRA). (2018). Lineamientos para esquemas diferenciales en zonas rurales. https://normas.cra.gov.co/gestor/acue_r_esquemas_diferenciales_zonas_rurales_hasta_5000_suscriptores.html
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (1991). Plan de desarrollo integral para la Costa Pacífica Colombiana (PLADEICOP) - sector salud. <https://ecopedia.cvc.gov.co/mas/costa-pacifica/plan-de-desarrollo-integral-para-la-costa-pacifica-colombiana-pladeicop-sector>
- Cubillos, C. (2020). MODELO DE GESTIÓN TARIFARIA PARA LOS ACUEDUCTOS COMUNITARIOS DE COLOMBIA. <https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/70a85ade-ff02-4d31-a069-936ef1826795/content>

- Cueto, J. D. C. (2018). Propuesta de diseño del sistema de acueducto convencional para la fundación oasis de amor y paz ong-centro estudiantil universitario semillas, en el Municipio de Ocaña Norte de Santander [Tesis doctoral, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña]. Repositorio Institucional <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/1094>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2017). Informe técnico: Encuesta nacional de calidad de vida - ECV 2016
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018 Municipal.
- Durán, E. P., Ortega, C., y Zárate, R. (2019) Implementación de tecnologías para la innovación social en ciudades inteligentes. *Espacios*. 40(27), 23 p. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n27/a19v40n27p23.pdf>
- EMCORINTO ESP. (2018). Estudio de Costos y Tarifas para los Servicios de Acueducto y Alcantarillado. Corinto, Cauca. https://emcorintoesp.com.co/pdf/Estudio_costos_y_tarifas_informe_CRA_reportado.pdf
- Emergency WASH. (s.f.). T.13 Carbón activado granular (CAG). Recuperado de <https://www.emergency-wash.org/water/es/tecnologias/technology/granular-activated-carbon-gac>
- Escobar A. (2021). Tecnologías duras y tecnologías blandas. Liceo politécnico de Lautaro.
- Estrada, M. (2005). El Filtrón Filtro Cerámico Para Agua Potable. IDEASS Nicaragua, Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur- Sur. http://www.ideassonline.org/pdf/br_28_59.pdf
- Findeter. (2020). Política para la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico en zonas rurales de Colombia. <https://bibliotecadigital.findeter.metabiblioteca.com/server/api/core/bitstreams/b31f3172-80fc-4c1e-ad2e-68faa0459bed/content>

- Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2019). El agua bajo el fuego desarrollo y paz en contextos frágiles y afectados por conflictos, UNICEF, Nueva York.
- Fonseca, C., Franceys, R., Batchelor, C., McIntyre, P., Klutse, A., & Komives, K. (2011). Life-cycle costs approach: Costing sustainable services. IRC International Water and Sanitation Centre. <https://www.ircwash.org/resources/life-cycle-cost-approach-costing-sustainable-services>
- Galvis, L. A., Moyano, L. y Alba, C. (2016). La persistencia de la pobreza en el Pacífico colombiano y sus factores asociados. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana. Banco de la República de Colombia
- Garcés, L. F., y Arroyave, J. A. (2012). Tecnologías ambientalmente sostenibles. *Revista Producción + Limpia*. 1(2). 78-86 <http://hdl.handle.net/10567/513>
- García, F., Avilés, A., Sánchez, E., Valdiviezo, L., y Ordoñez, M. D. T. (2021). The challenge of improving the efficiency of drinking water treatment systems in rural areas facing changes in the raw water quality. *South African Journal of Chemical Engineering*, 37, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2021.05.010>
- Giné, R., & Pérez-Foguet, A. (2008). Sustainability assessment of national rural water supply program in Tanzania. *Natural Resources Forum*, 32(4), 327–342. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2008.00211.x>
- Giné-Garriga, R., Pérez-Foguet, A., & Villalba, P. (2015). Monitoring sanitation and hygiene in the 2030 Agenda for Sustainable Development: A review through the lens of human rights. *Science of The Total Environment*, 526, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.086>
- Giné-Garriga, R., Pérez-Foguet, A., & Villalba, P. (2015). Monitoring sanitation and hygiene in the 2030 Agenda for Sustainable Development: A review through the lens of human rights. *Science of The Total Environment*, 526, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.086>
- Gobierno de Colombia (2020). Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano INCA 2020

- Gobernación de Nariño. (2025, Septiembre 25). Avanzan obras de acueducto en Nariño con inversiones que superan los 4.400 millones de pesos. Gobernación de Nariño. <https://narino.gov.co/noticias/avanzan-obras-de-acueducto-en-narino-con-inversiones-que-superan-los-4-400-millones-de-pesos/>
- Gómez, C. (2021). Pronóstico de la radiación solar global en Nariño. Universidad Nacional de Colombia. REPOSITORIO.UNAL.EDU.CO
- Gómez, D., & Rodríguez, J. (2021). Sistemas de captación de agua lluvia: experiencias comunitarias y perspectivas técnicas. *Revista Agua y Territorio*, 19, 33–47.
- Gómez, E., Fernando, D., Aponte, G., y Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184), 158-163.
- Gómez, F. (2005). Impacto de la deforestación en el ciclo hidrológico y balance de energía. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57099/Energetica%201995%20No.%2016-91.pdf?sequence=1>
- Gómez, W. (2017). *Abastecimiento de agua potable en comunidades rurales en el Chocó biogeográfico. Aplicación de tecnologías no convencionales. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*. [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia], Repositorio Unal <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63097>
- Gómez, W. (2017). Abastecimiento de agua potable en comunidades rurales en el Chocó biogeográfico. Aplicación de tecnologías no convencionales. [Tesis Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63097>
- Gómez, Y., & Martínez, J. (2018). Sistema de Captación de Aguas Lluvias (Scall). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/66653/jberdugom.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

- González, L. G. (2015). Ecotecnologías, autoempleo y sustentabilidad en línea; una triada de formación necesaria en la actualidad. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 6(11), 393-407.
- Gualdrón, M., Páez, S., Castillo, E., & Pedraza, J. (2006). Evaluación de un proceso térmico-fotocatalítico para la desinfección de agua proveniente de fuentes naturales mediante el aprovechamiento de la energía solar. *Revista ION*, 19(1), 12-17. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342030277003.pdf>
- Guaque, C. (2025). La gestión de esquemas de acueducto y saneamiento básico rural por parte de comunidades organizadas: reconocimiento en el ordenamiento jurídico colombiano. *Derecho Y Realidad*, 22(43). <https://doi.org/10.19053/upc.16923936.v22.n43.2024.18792>
- Gutiérrez, M., & Acero, S. (2020). Modelos de gobernanza comunitaria del agua en contextos rurales: análisis de capacidades institucionales y acompañamiento estatal. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 17(86), 103–123. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17-86.mgca>
- Hermoza, M. (2004). ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE LA JUNTA DEL ACUEDUCTO RURAL INDÍGENA CAMENTSÁ DEL MUNICIPIO DE SIBUNDOY PUTUMAYO. 68–70. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/19541/jatorresm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, V. R. (2002). Energías renovables y nuevas tecnologías energéticas. Comité Económico y Social de la Comunitat Valenciana. 107-0119
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. (2015). Guía de la AECID para la Sostenibilidad y Modelos de Gestión de los Sistemas Rurales de Agua Potable
- Herrera, Y. (2021). Estudio de factibilidad para el diseño e implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales operada por energía solar para el distrito de Riohacha, La Guajira . Repositorio Institucional de la Universidad del Norte.

- https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/10306?utm_source=chatgpt.com#page=1
- Hofkes, E. H., y Visscher, J. T. (1990). *Fuentes renovables de energía para sistemas de abastecimiento de agua*. International Water and Sanitation Centre.
- Hutchings, P., Chan, M. Y., Cuadrado, L., Ezbakhe, F., Mesa, B., Tamekawa, C., y Franceys, R. (2015). A systematic review of success factors in the community management of rural water supplies over the past 30 years. *Water Policy*, 17(5), 963-983. <https://doi.org/10.2166/wp.2015.128>
- Ibarra, A. O. (2018). Fortalecimiento integral de las juntas administradoras de acueductos rurales ubicadas en el Corredor Oriental del Municipio de Pasto. La universidad latinoamericana y su entorno, 151. https://www.academia.edu/download/57230829/La_universidad_latinoamericana_y_su_entorno_-_final.pdf#page=151
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2020). Manual para la adopción de ecotecnologías con enfoque participativo. IMTA. <https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/libros/2024/Manual-Ecotecnologias-Agua-Lluvia-Scalls.pdf>
- IRC. (2013). IRC Monitoring Report 2013. IRC International Water and Sanitation Centre. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/ircmonitoringreport2013.pdf>
- Jackson, D. B., Stoker, A., Buchert, M; Endter, J., Licon, V., Cannon, M. S., Li, S. Bjerregaard, Z. y Bell, L. (2016) Differentiating Urban Forms: A Neighborhood Typology for Understanding Urban Water Systems, *Cities and the Environment (CATE)*: 9(1), 1-29. <https://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol9/iss1/5>
- Jiménez Cisneros, B. (2011). Gestión del agua potable en zonas rurales de América Latina. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 2(2), 5–17. <https://www.revistas.ipn.mx/index.php/tyca>
- Jiménez T. J. (2013). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Facultad De Ingeniería Civil Campus Xalapa

- Jimenez, B., Asano, T. (2003). Water reuse: An international survey of current practice, issues and needs. IWA Publishing. <https://iwaponline.com/ebooks/book/26/>
- Kativhu, T., Mazvimavi, D., Tevera, D., & Nhapi, I. (2017b). Factors influencing sustainability of communally-managed water facilities in rural areas of Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth*, (April). <https://doi.org/10.1016/j.pce.2017.04.009>
- Kativhu, T., Mazvimavi, D., Tevera, D., & Nhapi, I. (2018). Factors influencing sustainability of rural water supply systems in Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 105, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.03.011>
- Kemp, R., y Pearson, P. (2007). Final report MEI project about measuring eco-innovation. UM Merit, *Maastricht*, 10(2), 1-120.
- Kingdom, B., Liemberger, R., & Marin, P. (2006). Reducing subsidy leakage in urban water supply systems: Water supply and sanitation sector board discussion paper series No. 8. The World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/fr/385761468330326484/pdf/394050Reducing1e0water0WSS81PUBLIC1.pdf>
- Landazuri, S. (2009). *Significado de los apodos (sobrenombres) dentro de las construcciones simbólicas y las relaciones sociales de la comunidad del municipio de Barbacoas Nariño*. [Tesis de Grado, Universidad de Nariño], Sistema institucional de los recursos digitales. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/5390>
- Latorre, J., & Sánchez, A. (2003). Diagnóstico del estado actual de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales de Colombia. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico. <https://www.passeidireto.com/en/content/138425958/diagnostico-del-estado-actual-de-abastecimiento-de-agua-potable-e>
- Lockwood H & Smits S (2011) Supporting rural water supply: moving towards a service delivery approach. Rugby: Practical Action Publishing. <https://www.ircwash.org/resources/supporting-rural-water-supply-moving-towards-service-delivery-approach>

- Lockwood H, Bakalian A, Wakeman W (2003). Assessing sustainability in rural water supply: the role of follow-up support to communities. In: Literature review and desk review of rural water supply and sanitation project documents. Britain. [http://www.aguaconsult.co.uk/assets/Uploads/Publications/WorldBank-Assessing Sustainability-2003.pdf](http://www.aguaconsult.co.uk/assets/Uploads/Publications/WorldBank-AssessingSustainability-2003.pdf)
- Lockwood, H., & Smits, S. (2011). Supporting Rural Water Supply: Moving towards a Service Delivery Approach. Practical Action Publishing. <https://www.ircwash.org/resources/supporting-rural-water-supply-moving-towards-service-delivery-approach>
- Lockwood, H., & Smits, S. (2011). Supporting Rural Water Supply: Moving towards a Service Delivery Approach. Practical Action Publishing. <https://www.ircwash.org/resources/supporting-rural-water-supply-moving-towards-service-delivery-approach>
- López, A. (2019). Gestión comunitaria del agua en zonas rurales de Colombia: retos y oportunidades para la sostenibilidad. *Revista Colombiana de Agua y Saneamiento*, 7(1), 45–58. <https://doi.org/10.32645/rcas.v7n1.2019.003>
- Lossio, M. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1
- Mangum, Jacob E. (2017) "Sustainability of Community-Managed Rural Water Supply Systems in Amazonas, Peru: Assessing Monitoring Tools and External Support Provision". USF Tampa Graduate Theses and Dissertations. <https://digitalcommons.usf.edu/etd/70554>
- Marín, G., Pérez Foguet, A., Jiménez, A., Muñoz, D., Ibañez, A., y Rivero, M. D. M. (2011). Suministro de agua potable y saneamiento. En: El agua como elemento clave para el desarrollo. Canal Educa
- Martín, M., Moreno-San, Segundo, J., Álvarez-Fernández, C., van Grieken, R., & Marugán, J. (2021). High-performance low-cost solar collectors for water treatment fabricated with recycled materials, open-source hardware and 3d-printing technologies. *Science*

- of The Total Environment*, 784(147119).
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147119> 0048-9697/
- Martínez, V. (2022). *Evaluación y diseño de alternativas de tratamiento para el abastecimiento rural en zonas del Pacífico colombiano*. Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez, A. M. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua: Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO
- Martínez, A. y Luna, L (2012). Menú de opciones tecnológicas para el abastecimiento de agua potable en la costa caribe. Organización Internacional del Trabajo. http://www.mdgfund.org/sites/default/files/EDG_MANUAL_Nica_Menu%20Opciones%20Tecnologicas%20A%20and%20S.pdf
- Maschio, D. (2019) El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 Revisión y análisis crítico del instrumento de Naciones Unidas para garantizar el Derecho Humano al Agua y el Saneamiento. Asociación Catalana de Ingeniería
- Mateos, F. y Rodríguez, S. (2014). Informe de vigilancia tecnológica: tendencias en tecnologías de agua. Ministerio de industria, Minería y turismo de España.
- Mejía, A. F. (2019). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Racrao Bajo, distrito de Pariacoto, provincia de Huaraz, región Áncash; y su incidencia en la condición sanitaria de la población–2019*. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas]. Repositorio Institucional Universidad Distrital-RIUD
- Melville, P., Ward, S., y Butler, D. (2016). Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations. *Water*, 8(4), 129. <https://doi.org/10.3390/w8040129>
- Mérida, Y., & Martínez, M. (2011). Cosecha de lluvia: Una estrategia para lograr una ciudad sustentable y competitiva. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 6(9), 87-98. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477976549007.pdf>

- Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. (2004). Criterios de selección de opciones y niveles de servicio en sistemas de agua y saneamiento en zonas rurales. https://mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/4_Criterios_seleccin_opciones_y_niveles_de_Servic%20sistemas_de_agua_y_sanea_m_zonas_rurales.pdf
- Ministerio de Salud Pública. (2019). Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable Y Saneamiento Básico Rural Guía de agua segura.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2014). Propuesta de identificación y difusión de tecnologías alternativas para agua potable y saneamiento, que permita soluciones colectivas o individuales a la población tanto del área rural como urbana.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2019). Informe Nacional De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano – INCA 2017
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (s.f.). Abecé agua y saneamiento. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abec-e-agua-saneamiento.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). Propuesta de identificación y difusión de tecnologías alternativas para agua potable y saneamiento, que permita soluciones colectivas o individuales a la población tanto del área rural como urbana. Gobierno de Colombia
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2020). Plan Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). El mundo de la Gestión Comunitaria del Agua y el Saneamiento. Serie "Gestionemos el agua y el saneamiento en nuestras comunidades rurales". Recuperado de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/cartilla-0.pdf>

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2020). Lineamientos e indicadores para la formulación de metas de cobertura, calidad, continuidad y aseguramiento: en el acceso a agua potable y saneamiento básico.
- Mora, H. (2014). Informe de investigación 057 /2013-2014. Tecnología para la captación de recursos hídricos: La niebla como fuente de agua. Congreso de la república de Perú.
- Morató, J., Subirana, A., Gris, A., Carneiro, A. y Pastor Zegarra, R. M. (2006). Tecnologías sostenibles para la potabilización y el tratamiento de aguas residuales. *Revista lasallista de investigación*, 3(1), 19-29.
- Moreno J. O. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de Ingeniería*, (49), 28-37. <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.49.5>
- Moreno, J. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 49, 28–37. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>
- Moreno, J. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. *Revista de Ingeniería*, 49, 28–37. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.5i8>
- Moriarty, P., Smits, S., Butterworth, J., & Franceys, R. (2013). Trends in rural water supply: Towards a service delivery approach. *Water Alternatives*, 6(3), 329–349. https://www.ircwash.org/sites/default/files/trends_in_rural_water_supply_-_towards_a_service_delivery.pdf
- Mulhern, N., MacDonald Gibson, J., & DeFelice, N. (2020). Perceptions and adoption barriers to household water treatment systems in underserved communities. *Environmental Health Perspectives*, 128(12), 127008. <https://doi.org/10.1289/EHP6920>
- Muñoz, M. y Castro, P. (2017). *Metodología Para La Selección De Alternativas Sostenibles para el Suministro de Agua Potable y Saneamiento Básico en Comunidades Rurales Dispersas. Estudio De Caso: Vereda La Pita, Corregimiento Lázaro (Carmen De*

- Bolívar*). [Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Unicartagena <https://hdl.handle.net/11227/5372>
- Murphy, H. M., McBean, E. A., y Farahbakhsh, K. (2009). Appropriate technology—A comprehensive approach for water and sanitation in the developing world. *Technology in Society*, 31(2), 158-167. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.03.010>
- Nkambule, S. (2012). Sustainability of rural water schemes in Swaziland. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 14(6), 118-130. <https://jsd-africa.com/Jsda/Vol14N6-Fall2012B/PDF/Sustainability%20of%20Rural%20Water%20Schemes.Sizwe%20Nkambule.pdf>
- O'Callaghan, P., Adapa, L. M., y Buisman, C. (2021). Assessing and anticipating the real-world impact of innovative water technologies. *Journal of Cleaner Production*, 315(128056). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128056>
- Ochoa, A. F., Vásquez, F., & Urrego, D. (2019). Sociotechnical designs for water supply systems in rural areas. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/46433>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito UNODC (2021). Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos 2020 Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI),
- Ordóñez, J. (2020). El agua y el sector rural en Colombia. *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes. Recuperado de https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/2020-20/Semana_1/S1_Ordez2020_El_agua_y_el_sector_rural.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). Forest and Water Programme. FAO. Recuperado el 28 de enero de 2025, de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/13249502-556c-4185-9ade-3b2676d3d7dc/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). Cobertura orgánica del suelo en la agricultura de conservación. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición. Ginebra: OMS. Recuperado de <https://www.paho.org/es/documentos/guias-para-calidad-agua-consumo-humano-4o-ed-2011>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable. Ginebra: OMS. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable (4.^a ed.). OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable (4.^a ed.). OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Directrices sobre la calidad del agua potable: Incorporación del volumen 1, Recomendaciones, tercera edición. OMS. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1>

Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. (2010). Tecnologías apropiadas para el suministro de agua en situaciones de emergencia. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/S%C3%81NCHEZ%20y%20CASAS%202010.%20Tecnolog%C3%ADas%20apropiadas%20para%20el%20suministro%20de%20agua.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2008). Guías para la calidad del agua potable: Incorporación de la gestión de los riesgos en los sistemas de abastecimiento de agua potable. OMS. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43757/9789243595221_spa.pdf

- Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Organización Mundial de la salud Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (s.f.). Agua potable. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Panamericana de la Salud (2005). Tecnologías para abastecimiento de agua en poblaciones dispersas. Publications CEPIS. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55270/OPSCEPIS05170_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2001). Agua potable y saneamiento en las Américas: estado actual y perspectivas. Washington, D.C.: OPS. Recuperado de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/46027>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2003). Guías para la calidad del agua potable: control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Washington, D.C.: OPS. Recuperado de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/712>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Tecnologías Para Abastecimiento De Agua En Poblaciones Dispersas. OPS
- Palacios, W. (2023). Eficacia de un sistema de filtración con carbón activado a base de cáscara de coco para la obtención de agua para consumo humano a partir de agua pluvial. Universidad de Huánuco. <http://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/4525>
- Panthi, K., y Bhattarai, S. (2008). A Framework to Assess Sustainability of Community-based Water Projects Using Multi-Criteria Analysis. First International Conference on Construction in Developing Countries, March, 464–472. https://www.researchgate.net/publication/247935206_A_Framework_to_Assess_Sustainability_of_Community-based_Water_Projects_Using_Multi-Criteria_Analysis
- Panthie, K., Bhattarie, S., 2006. A Framework to Assess Sustainability of Community, Based Water Projects Using Multi Criteria Analysis. Florida International University, Miami press.

- Pérez, C. (2020). Dispositivos portátiles para la potabilización de agua en Colombia: una revisión bibliográfica. Repositorio Institucional de la Universidad de Cundinamarca. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/items/ac639791-33ed-463e-a3d7-5ee698cff37e>
- Peter, G., y Nkambule, S. E. (2012). Factors affecting sustainability of rural water schemes in Swaziland. *Physics and Chemistry of the Earth*, 50–52(2012), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2012.09.011>
- Peter-Varbanets, M., Zurbrugg, C., Swartz, C., & Pronk, W. (2009). Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Water Research*, 43(2), 245–265. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.030>
- Plan Todos Somos Pazcífico. (2023). *Informe final – Proyecto Agua y Saneamiento Básico para el Pacífico Sur (Plan Pazcífico)*. Gobierno de Colombia.
- Plan Todos Somos Pazcífico. (2023). *Marco de Gestión Ambiental del Proyecto Agua y Saneamiento Básico para el Pacífico Sur*. Departamento Nacional de Planeación.
- Practical Action. (s.f.). Filtro bioarena: Tecnologías de agua y saneamiento. <https://infohub.practicalaction.org/server/api/core/bitstreams/024f4695-bcd9-4be4-8f8c-eb74a9dc2915/content>
- Quiroga, E. y Teun, J. (1999). *Transferencia de Tecnología en el Sector de Agua y Saneamiento en Colombia: Una Experiencia de Aprendizaje*. IRC-La Haya, Países Bajos; IRC International Water and Sanitation Centre; Instituto CINARA-Universidad del Valle
- Ramírez, B. y Roy, E. (1992). Criterios para una tecnología apropiada. *Ciencia y sociedad*. 22(1): 7-15. <http://dx.doi.org/10.22206/CYS.1992.V17I1.PP7-15>
- Red Nacional de Acueductos Comunitarios de Colombia. (2020). Los acueductos comunitarios y las tres dimensiones del derecho al agua: Propuesta desde la ley propia. <https://redacueductoscomunitarios.co/2020/09/21/los-acueductos-comunitarios-y-las-tres-dimensiones-del-derecho-al-agua-propuesta-desde-la-ley-propia/>

- Rey Molina, C., & Pinilla, D. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para el municipio de Riosucio, Chocó*. Universidad de La Salle.
- Resolución Número 2115 de 2007. [Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 22 de junio de 2007.
- Reyes M. y Rubio J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. [Trabajo de grado especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia – RIUCaC <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2089>
- Rodríguez, D., & Abarca, M. (2021). Guía básica para la reducción del agua no contabilizada. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). <https://pnud-conocimiento.cr/wp-content/uploads/2021/06/Guia-medicion-y-reduccion-ANC-1.pdf>
- Ross, T., Alim, M., Rahman, A. Simple and effective filtration system for drinking water production from harvested rainwater in rural areas, *Journal of Environmental Management*, Volume 373, 2025, 123887, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvma.2024.123887>.
- Rovira, S., Patiño, J. A., y Schaper, M. (2017). Ecoinnovación y producción verde: una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill
- Sacripanti, S. (2023). Producción de ACS mediante colectores solares basados en materiales reciclables (Trabajo Final de Máster). Universitat de Barcelona. Recuperado de <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/202907>

- Salas, H. J. (2021). Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva empresarial. *Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 7(1):97-104. <http://dx.doi.org/10.30545/academo.2020.ene-jun.10>
- Salazar, N., y Giraldo, B. (1990). Tecnologías apropiadas de abastecimiento de agua potable y saneamiento ambiental con participación comunitaria y educación sanitaria en pueblos jóvenes de Trujillo, Ica y Pisco (1987-1989). *Memorias del Taller sobre Participación Comunitaria, Educación Sanitaria e Higiene Personal*. 106-46
- Sánchez, D. L y Rojas, J. H. (2015). Análisis de la Sostenibilidad en Sistemas de Agua y Saneamiento. Universidad del Valle-Instituto Cinara, Cali-Colombia.
- Sierra, J. (2014). Estudio de un sistema de tratamiento de bajo coste para agua potable en contextos de subdesarrollo. Aplicación a Mtanga, Kigoma Rural, Tanzania. *Diseño y Tecnología para el Desarrollo*, 1(2), 77-83. <http://polired.upm.es/index.php/distecd/article/view/2982>
- Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR). (2021). Plataforma de datos SIASAR. <https://data.globalsiasar.org/>
- Sómer, M, Moreno, J., Álvarez, c. van Grieken, R., Marugán, J. (2021). High-performance low-cost solar collectors for water treatment fabricated with recycled materials, open-source hardware and 3d-printing technologies, *Science of The Total Environment*, Volume 784, 2021, 147119, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147119>.
- SSWM. (s.f.). Filtración de bioarena. Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM). <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/filtraci%C3%B3n-de-bioarena>
- Sturm, M., Zimmermann, M., Schütz, K., Urban, W., & Hartung, H. (2009). Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 34(13-16), 776-785.
- Suja, S. K., Almaas, S., Gracy, A. P., Gowsika, P., Jeyapradeepa, K., Sri, G. S., Mathiya, S., & Asha, K. B. (2023). Contamination of water by heavy metals and treatment

- methods – A review. *Current World Environment*, 19(1), 4–21. <https://doi.org/10.12944/CWE.19.1.2>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). Boletín de indicadores regionales. Grupo de Estudios Sectoriales delegado para Acueducto, Alcantarillado y Aseo.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024). Informe de inspección detallada – Municipio de Barbacoas – Nariño. Bogotá D.C. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-de-inspeccion-detallada-Municipio-de-Barbacoas-Narino-2023.pdf>
- Taylor Tórrez, A. R., & Cordón Suárez, E. (2017). Calidad de agua potable y su efecto en la salud de la comunidad de Kamla, Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 20(1), 78–93. <https://doi.org/10.5377/rci.v20i1.4855>
- Tecnotanques. (2022). ¿Cómo aprovechar la cosecha de lluvia? Tecnotanques. Recuperado de <https://tecnotanques.com/cosecha-de-lluvia/>
- Tipología de Tecnologías – Barbacoas. (2025). *Análisis de factibilidad y priorización de tecnologías de abastecimiento rural en el municipio de Barbacoas (Nariño)*. Universidad de Nariño.
- Thompson, P. A. (2023, February 8). A Beginner's Guide to Harvesting Rainwater. The Spruce. <https://www.thespruce.com/beginner-guide-to-rainwater-harvesting-7090759>
- Torres, C., García, C., García, J., García, M., & Pacheco, R. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Revista de Salud Pública*, 19(4), 453–459. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>
- Torres, M. (2021). Propuesta de factibilidad técnica y económica para una desaladora de ósmosis inversa utilizando energía renovable solar fotovoltaica en el municipio de Los Cabos en Baja California Sur. Repositorio Institucional UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000820552/3/0820552.pdf>

- Torres, M. V. (2013). *Tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales*. [Trabajo Titulación, Universidad Técnica Particular De Loja]. Repositorio Institucional de la UTPL <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/7670>
- Torres, R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(2), 125–139. Recuperado de https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000200125&script=sci_abstract
- Torres, R. T. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(2), 125-139. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382019000200125
- Trémolet, S., & Rama, M. (2012). Tracking financing to sanitation: Lessons from a pilot study in Ethiopia. WaterAid. <https://washmatters.wateraid.org/publications/tracking-financing-to-sanitation-ethiopia>
- Triviño, L., y DE Mulle, M. D. P. (1981). Antecedentes y fundamentos de la tecnología apropiada. *Anales de arqueología y etnología*. pp. 19-42.
- U.S. Bureau Of Labor Statistics. (2021). Classification Systems, Handbook of Methods <https://www.bls.gov/opub/hom/topic/classification-systems.htm>
- Universidad de los Andes. (2004). Análisis de inversión y sostenibilidad en el abastecimiento de agua en zonas rurales de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/692a557f-8577-4752-9e23-f36b0ca821e9/content>
- UN-Water. (2019). Climate change and water: UN-Water policy brief. UN-Water. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/10/UN_Water_Policy_Brief_ClimateChange_Water.pdf
- Vargas, A. (2016). Guía metodológica para la captación y aprovechamiento de aguas lluvias para el sector rural. Universidad Militar Nueva Granada. <https://repository.umng.edu.co/handle/10654/15330>

- Vargas, O., Trujillo-González, J., & González, N. (2018). Análisis de un sistema de cosecha de agua lluvia a pequeña escala con finalidad pecuaria. *Luna Azul*, 46, 20-32.
- Varón, A. (2019). Análisis de tecnologías compactas para el tratamiento de aguas residuales no domésticas en empresas con poca disponibilidad de espacio. <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2366/1/Alejandro%20Var%C3%B3n%20Escudero.pdf>
- Villa, G., Huamaní-Pacsi, C., Chávez, M., & Huamaní, J. (2018). Evaluación de la remoción de arsénico en agua superficial utilizando filtros domiciliarios. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(4), 652-656. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.354.3715>
- Visscher, J. T. (2006). *Facilitating community water supply treatment: From technology transfer to multi-stakeholder learning* (IRC Technical Paper Series, No. 46-E). Delft, The Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre. 254 pp
- Volti, R. (2009). *Society and Technological Change* Septima Ed. A Macmillan Higher Education Company Cambridge Journal of Economics
- Walters, J. P., & Javernick-Will, A. (2015). Management of rural water services in Nicaragua: a systemic network approach to evaluating stakeholder alignment. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22(4), 358–367. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2015.1053999>
- WaterAid. (2011). Sustainability framework. <http://www.wateraid.org/~media/Publications/sustainability-framework.pdf>
- WaterAid. (2020). Strengthening WASH Systems for Sustainable Services. <https://washmatters.wateraid.org/publications/strengthening-wash-systems-for-sustainable-services>
- WaterAid. (2020). Strengthening WASH Systems for Sustainable Services. <https://washmatters.wateraid.org/publications/strengthening-wash-systems-for-sustainable-services>

- Wells, E. C., Vidmar, A. M., Webb, W. A., Ferguson, A. C., Verbyla, M. E., de Los Reyes, F. L., 3rd, Zhang, Q., & Mihelcic, J. R. (2022). Meeting the Water and Sanitation Challenges of Underbounded Communities in the U.S. *Environmental science & technology*, 56(16), 11180–11188. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03076>
- Wells, E. C., Vidmar, A. M., Webb, W. A., Ferguson, A. C., Verbyla, M. E., de Los Reyes, F. L., 3rd, Zhang, Q., & Mihelcic, J. R. (2022). Meeting the Water and Sanitation Challenges of Underbounded Communities in the U.S. *Environmental science & technology*, 56(16), 11180–11188. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03076>
- Wu, C.-F., Piedra, L. M., Matthew, L. E., Rhodes, E. C., & Nguyen, T. H. (2020). Water treatment in rural Guatemala: Factors associated with the use of biosand water filters. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(2), 286–297. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.147>
- Zamudio, R. (2012). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de participación comunitaria. *Revista de Ingeniería*, (37), 80–89. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/2654/265478502011/html/>