

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

**Retos y soluciones para el acceso al saneamiento en la región del Chocó
Andino: el caso de Yunguilla**

Proyecto de Investigación y Desarrollo

Juan Carlos Jaramillo Guerrero

**M.Sc. Melania Intriago
Directora de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Magister en Soluciones Integrales para la Gestión del Agua

Quito, 01 de mayo de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Retos y soluciones para el acceso al saneamiento en la región del Chocó
Andino: el caso de Yunguilla**

Juan Carlos Jaramillo Guerrero

Nombre del Director del Programa:	Melania Intriago
Título académico:	Magister en Soluciones Integrales para la Gestión del Agua
Director del programa de:	Maestría en Soluciones Integrales para la Gestión del Agua
Nombre del Decano del colegio Académico:	Eduardo Alba
Título académico:	PhD.
Decano del Colegio:	Ciencias e Ingeniería
Nombre del Decano del Colegio de Posgrados:	Darío Niebieskikwiat
Título académico:	PhD.

Quito, mayo 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Juan Carlos Jaramillo Guerrero

Código de estudiante: 00338800

C.I.: 1722376710

Lugar y fecha: Quito, 01 de mayo de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

DEDICATORIA

A mi madre y a mi hija, impulsos de cada paso que doy; a ambas les debo el mundo entero.

AGRADECIMIENTOS

A mis compañeros y profesores de la Maestría en Soluciones Integrales para la Gestión del Agua de la USFQ, por el intercambio de ideas y el respaldo académico que hicieron posible este trabajo. A Melania Intriago, directora de tesis, por su paciencia, orientación y seguimiento constante. A Plastigama WAVIN, por la colaboración técnica y el apoyo brindado para el trabajo en campo. Y, sobre todo, a la comunidad de Yunguilla, cuya apertura y participación hicieron posible este estudio; confío en que sus resultados aporten a su estilo comunitario de vida y a la sostenibilidad del entorno.

RESUMEN

El presente estudio evalúa la viabilidad técnica, socioeconómica y ambiental de implementar un Biotanque Séptico Integrado como solución de saneamiento sostenible en la comunidad rural de Yunguilla, ubicada en el Chocó Andino de Ecuador. Yunguilla se encuentra en un área protegida de alta biodiversidad que carece de alcantarillado, por lo que sus viviendas utilizan pozos sépticos rudimentarios, con riesgo de contaminación del suelo y el agua (Vega Chuquisala, 2023). En este contexto, se aplica la metodología Technology Applicability Framework (TAF), un marco de evaluación tecnológica desarrollado por el proyecto WASHTech, para analizar de manera multidimensional la pertinencia de dicha tecnología (Olschewski, 2013a). El TAF permite examinar criterios sociales, económicos, ambientales, institucionales y técnicos, anticipando barreras y factores de éxito en la adopción local. En el caso de Yunguilla, la evaluación mediante el TAF reveló que las dimensiones económica e institucional resultaron ser las más críticas para la viabilidad de la tecnología. En particular, se identificó que el alto costo inicial de implementación y los desafíos para cumplir con estrictas normativas locales —que requieren respaldo interinstitucional— constituyen los principales obstáculos para su adopción. Como hallazgo esperado, se prevé que el biotanque integrado mejore el tratamiento de aguas residuales con bajo impacto ambiental y fácil operación, alineándose con las necesidades y capacidades de la comunidad. No obstante, la adopción efectiva dependerá de la aceptación comunitaria y del respaldo institucional. Este estudio resulta relevante al proponer una alternativa de saneamiento adaptable en zonas rurales protegidas, contribuyendo a garantizar el derecho humano al agua y saneamiento, reducir la contaminación hídrica y servir de modelo para otras comunidades similares.

Palabras clave: Saneamiento sostenible; Tecnologías apropiadas; Áreas rurales; Evaluación tecnológica; Biotanque séptico; Yunguilla; Chocó Andino.

ABSTRACT

This study assesses the technical, socio-economic, and environmental feasibility of implementing an Integrated Septic Biotank as a sustainable sanitation solution in the rural community of Yunguilla, located in Ecuador's Chocó Andino. Yunguilla lies within a protected, biodiverse area that lacks sewerage infrastructure; consequently, households rely on rudimentary septic pits, which pose risks of soil and water contamination (Vega Chuquisala, 2023). Within this context, the Technology Applicability Framework (TAF)—a technological assessment tool developed by the WASHTech project—is applied to analyse the relevance of the proposed technology from multiple dimensions (Olschewski, 2013a). The TAF makes it possible to examine social, economic, environmental, institutional, and technical criteria, anticipating barriers and success factors for local adoption. In Yunguilla, the TAF evaluation revealed that the economic and institutional dimensions are most critical to the technology's viability. Specifically, the high initial implementation cost and the challenges of complying with stringent local regulations—which require inter-institutional support—constitute the principal obstacles to adoption. As anticipated, the integrated biotank is expected to enhance wastewater treatment with low environmental impact and simple operation, aligning with the community's needs and capacities. Nevertheless, effective implementation will depend on community acceptance and institutional backing. This study is significant because it proposes a sanitation alternative adaptable to protected rural areas, thereby helping to secure the human right to water and sanitation, reduce water pollution, and serve as a model for similar communities.

Keywords: Sustainable sanitation; Appropriate technology; Rural areas; Technology assessment; Septic biotank; Yunguilla; Chocó Andino..

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN.....	11
REVISIÓN DE LA LITERATURA	19
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
ANÁLISIS DE DATOS	43
CONCLUSIONES	91
REFERENCIAS	104

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la disparidad en el acceso a saneamiento adecuado entre entornos urbanos y rurales revela una de las fracturas socio-territoriales más persistentes del país, que trasciende la mera infraestructura para convertirse en un asunto de dignidad humana y justicia ambiental. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), el acceso al saneamiento es considerablemente bajo en áreas rurales, con apenas un 35.8% de viviendas conectadas al alcantarillado de la red pública, en comparación con el 69.9% a nivel nacional. Esta realidad territorialmente diferenciada implica repensar el paradigma del saneamiento en áreas rurales, trascendiendo la visión del alcantarillado centralizado como única solución válida, hacia un abanico de tecnologías apropiadas que dialoguen con el contexto ecológico, sociocultural y económico.

El contraste entre zonas urbanas y rurales no se limita al aspecto cuantitativo de la cobertura, sino que se extiende a dimensiones cualitativas. Mientras en entornos urbanos el desafío central es optimizar la eficiencia de sistemas existentes, en comunidades rurales la cuestión fundamental radica en identificar e implementar soluciones tecnológicamente apropiadas, culturalmente resonantes y ambientalmente armónicas (SuSanA, 2008; EAWAG., 2014).

En este escenario complejo, las zonas rurales protegidas como el Chocó Andino encarnan este desafío: garantizar el derecho humano al agua y saneamiento, reduciendo las brechas mientras se preservan ecosistemas de valor incalculable. La complejidad inherente a estas áreas exige soluciones que trasciendan el reduccionismo técnico para integrar dimensiones sociales, culturales, económicas y ecológicas en propuestas viables y sostenibles. Es precisamente esta intersección de derechos humanos y conservación ambiental lo que ha inspirado esta investigación sobre alternativas de saneamiento en Yunguilla.

El Chocó Andino, una región de alta biodiversidad reconocida como reserva de la biosfera por la UNESCO, está ubicado en el noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito y forma parte de dos hotspots de biodiversidad: Tumbes-Chocó-Magdalena y Andes Tropicales. Esta área, administrada bajo un esquema de gobernanza participativa a través de la Mancomunidad del Chocó Andino, esta área alberga una amplia variedad de especies de plantas y vertebrados, muchas de ellas endémicas y en riesgo de extinción (Dinámicas Territoriales del Chocó Andino, 2023, pp. 9-10). Además, comprende ecosistemas clave como bosques andinos y páramos, los cuales desempeñan un papel crítico en la regulación hídrica y en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, incluyendo el suministro de agua para consumo humano (UN-Habitat, 2008, p. 64).

Este territorio abarca comunidades rurales que dependen directamente de los servicios ecosistémicos, y cuya sostenibilidad requiere de un manejo adecuado de los recursos hídricos y de residuos (Dinámicas Territoriales del Chocó Andino, 2023, pp. 9-10). En la Mancomunidad del Chocó Andino, conformada por parroquias como Calacalí, Guala, Nanegal, Nanegalito, Nono y Pacto, se evidencian desigualdades significativas en el acceso a servicios higiénicos: el 49.99% de las viviendas están conectadas a una red pública de alcantarillado, un 37.96% utiliza pozos sépticos y el 11.69% carece de soluciones higiénicas adecuadas, lo que incluye descargas directas a cuerpos de agua y pozos ciegos (INEC, 2022).

Yunguilla, ubicada en la parroquia de Calacalí, dentro del Área Ecológica de Conservación y Uso Sostenible Yunguilla (ACUS), cuenta con aproximadamente 250 habitantes comprometidos con la sostenibilidad y la preservación de su entorno natural. Hace más de 2 décadas quienes habitan la comunidad se dedican principalmente al turismo comunitario, por lo que Yunguilla ha destacado por sus iniciativas de conservación ambiental desde la década de 1990, cuando sus habitantes decidieron abandonar actividades agrícolas

intensivas y ganaderas que estaban degradando el ecosistema. Este esfuerzo colectivo dio lugar a la creación de proyectos de reforestación y acuerdos de conservación, respaldados por programas como Socio Bosque (La experiencia del turismo comunitario en Yunguilla, 2015, p. 14).

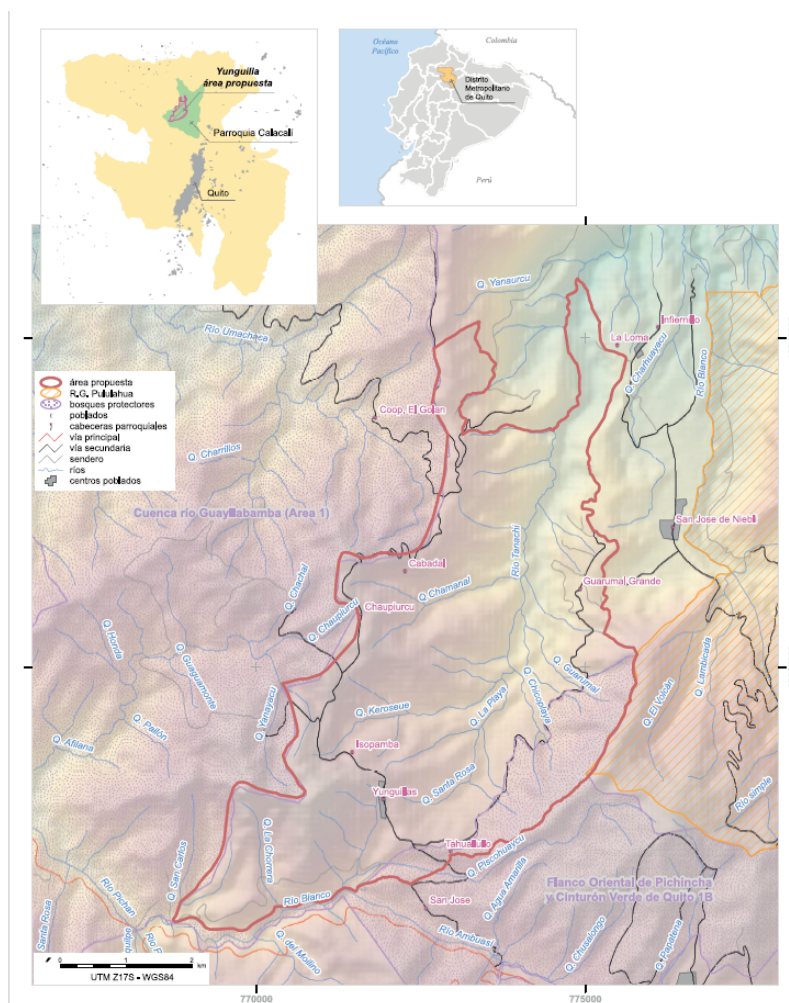


Figura 1. Mapa de la ubicación territorial de Yunguilla. Fuente: Vega Chuquisala (2023)

La comunidad es reconocida por su enfoque en la educación ambiental y la promoción del ecoturismo, lo que ha permitido proteger áreas de bosque nativo y generar ingresos sostenibles. Sin embargo, según Vega Chuquisala (2023), "la comunidad no cuenta con servicio de alcantarillado, por lo que todas las viviendas hacen uso de pozos sépticos, a excepción de

dos o tres que envían las aguas residuales a las partes más bajas por acción de la gravedad, representando contaminación al entorno" (p. 81).

Este estudio se justifica por la urgencia de implementar soluciones de saneamiento sostenibles en áreas protegidas como el Chocó Andino, donde la presión ambiental y la vulnerabilidad socioeconómica configuran escenarios de particular complejidad. Los pozos sépticos actuales, contruidos sin criterios técnicos estandarizados, se pueden convertir en focos de contaminación que amenazan directamente los cuerpos de agua locales y la salud de la población aguas abajo. Este problema sanitario adquiere dimensiones particularmente críticas cuando se considera que Yunguilla, como comunidad ubicada en un ACUS, representa un ecosistema de transición fundamental para la conectividad biológica de la zona.

El alcantarillado convencional, frecuentemente concebido como solución universal para problemas de saneamiento (SuSanA, 2010; UN-Habitat, 2008; Corcoran et al., 2010), resulta inadecuado para el contexto específico de Yunguilla por múltiples razones interconectadas. El impacto ecológico de tales infraestructuras en ecosistemas sensibles como los que caracterizan a esta área protegida resultaría desproporcionado: la construcción de redes de alcantarillado implicaría la alteración de patrones hidrológicos superficiales y subterráneos, y erosión acelerada en pendientes pronunciadas.

A estos impactos ecológicos se suman consideraciones topográficas, ya que la geografía de Yunguilla, caracterizada por pendientes que frecuentemente superan el 30% de inclinación y suelos con susceptibilidad a movimientos en masa, multiplicaría exponencialmente los costos de excavación y construcción de infraestructura convencional.

La baja densidad poblacional constituye otro factor crítico. Con apenas 250 habitantes dispersos en un territorio extenso, Yunguilla se ubica fuera de los umbrales de costo-eficiencia que históricamente han orientado la expansión de los sistemas convencionales de alcantarillado.

La institución encargada de la provisión del servicio de saneamiento ambiental, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) reconoce esta limitación y, para cerrar la brecha urbano-rural, ha diseñado la Estrategia para la Descontaminación de los Ríos de Quito (EDRQ), que asigna el 7,4 % de la cobertura proyectada a la construcción de 18 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en parroquias rurales y promueve Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) para asentamientos de baja densidad (EPMAPS, 2024.). La dificultad de gestionar recursos suficientes combinada con la baja participación comunitaria en la gestión de estos sistemas agrava aún más el problema.

Esta situación genera, asimismo, una vulnerabilidad creciente ante presiones externas. El avance de la frontera urbana y la intensificación de actividades extractivas en zonas periféricas del Chocó Andino aumentan exponencialmente la presión sobre recursos hídricos compartidos. Sin sistemas adecuados de protección ambiental, comunidades como Yunguilla ven amenazados tanto sus medios de vida tradicionales como sus iniciativas de desarrollo sostenible. Particularmente preocupante resulta la potencial degradación de su principal activo económico: el ecoturismo comunitario, actividad que depende fundamentalmente de la preservación de la calidad ambiental del territorio.

El Biotanque Séptico Integrado, como tecnología compacta y eficiente, se presenta como una opción viable para abordar estas problemáticas. Este análisis no solo busca mejorar las condiciones de saneamiento en Yunguilla, sino también generar conocimiento aplicable a otras comunidades con características similares, contribuyendo al desarrollo de políticas públicas y a la gestión sostenible de los recursos naturales.

La situación actual de Yunguilla evidencia la necesidad de mejorar los sistemas de saneamiento existentes. Con la totalidad de las viviendas utilizando pozos sépticos o ciegos y un porcentaje significativo de descargas directas a quebradas, los impactos negativos en la

calidad del agua y la biodiversidad son evidentes. Este estudio aborda estas necesidades a través de un marco integral que combina análisis técnico, social y ambiental, buscando una solución sostenible y replicable (Dinamicas Territoriales del Chocó Andino, 2023, p. 12).

El problema de investigación se centra en las deficiencias del sistema de saneamiento en la comunidad de Yunguilla, lo que podría afectar su salud pública, el bienestar de los habitantes y el entorno natural. Actualmente, las principales formas de disposición de aguas residuales incluyen pozos ciegos y descargas directas sin tratamiento, sistemas que son ineficaces y contaminan fuentes hídricas como las microcuencas del río Tanachi (Plan de Manejo Yunguilla, 2011, p. 8). Esta situación pone en riesgo la biodiversidad de la región y limita las oportunidades de desarrollo sostenible, incluyendo el turismo comunitario.

Por lo tanto, este estudio contribuye a la investigación de la mitigación (sostenible y adaptable) de las presiones identificadas en el Chocó Andino es decir la contaminación ambiental por aguas residuales, tanto en suelo como en cuerpos de agua y las consecuencias en la salud pública, tomando en cuenta que la composición ambiental y socioeconómica de Yunguilla se presenta en varias zonas de la Mancomunidad. La viabilidad de la implementación de soluciones sostenibles y adaptables aporta a desviar el discurso hegemónico de concebir al alcantarillado como la única vía al saneamiento, e impulsa a las comunidades del Chocó a explorar mecanismos de descontaminación que puedan ser aplicados en el corto o mediano plazo evitando la creciente contaminación ambiental. Continuar con la desviación de la atención en esta materia, simplemente acrecienta la vulnerabilidad y riesgo de la zona, que ante la expansión urbana, y el crecimiento de la industria, podrían alterar, permanentemente, los medios de vida sostenibles de comunidades en el Chocó Andino como Yunguilla, entre otras consecuencias como el incremento de vectores y por ende enfermedades de origen hídrico y de falta de disponibilidad de saneamiento adecuado. Yunguilla al ser una Área Ecológica de

Conservación y Uso Sostenible Yunguilla (ACU), y referente en turismo comunitario en la región puede mostrarse con una experiencia exitosa en manejo de aguas residuales motivando su réplica.

Con la implementación de un sistema sostenible como el Biotanque Séptico Integral en Yunguilla, el sistema aborda la falta de un tratamiento adecuado de las aguas residuales y sus riesgos asociados para la salud y el medio ambiente. Esta tecnología combina la digestión anaeróbica con características operativas simples, haciéndola adecuada para contextos rurales con capacidad técnica limitada. Este sistema consta de cinco etapas: sedimentación, filtrado anaeróbico de flujo ascendente, filtrado lento, cloración, filtrado de adsorción y depuración final. No requiere electricidad, es de fácil instalación y tiene un bajo costo de operación y mantenimiento (Plastigama Wavin, 2023).

Se busca que la tecnología sea implementada en colaboración con las partes interesadas locales, incluida la comunidad de Yunguilla, las autoridades municipales y el fabricante WAVIN Plastigama.

Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica, socioeconómica y ambiental del Biotanque como solución de saneamiento sostenible para la comunidad de Yunguilla en el Chocó Andino, a través del marco de aplicabilidad tecnológica (TAF)

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual del saneamiento en la comunidad de Yunguilla, identificando las condiciones y requerimientos específicos para la implementación del Biotanque.

2. Aplicar el marco de evaluación TAF para determinar la viabilidad del Biotanque en Yunguilla, considerando las dimensiones social, económica, ambiental, institucional y tecnológica.
3. Formular recomendaciones técnicas y de gestión para la potencial implementación del Biotanque como solución de saneamiento en Yunguilla y otras comunidades del Chocó Andino.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

La presente investigación se fundamenta en cuatro pilares conceptuales interconectados que sustentan la evaluación del Biotanque Séptico Integrado como solución de saneamiento para la comunidad de Yunguilla. Estos ejes teóricos configuran un marco comprehensivo que permite analizar la viabilidad de esta tecnología desde múltiples dimensiones, trascendiendo aproximaciones puramente técnicas para incorporar aspectos jurídicos, socioambientales, tecnológicos y organizativos.

El enfoque adoptado en esta investigación se caracteriza por su perspectiva integral y contextualizada: integral porque reconoce la interdependencia entre dimensiones técnicas, ambientales, sociales, económicas e institucionales; contextualizada porque parte del reconocimiento de las particularidades territoriales y culturales de Yunguilla como comunidad rural dentro de un área de conservación. Este posicionamiento permite desarrollar un análisis multidimensional que considera tanto estándares técnicos universales como realidades socioculturales específicas.

A través de este marco teórico, se busca establecer conexiones entre el universalismo abstracto de los derechos humanos y las realidades concretas de comunidades rurales; entre posibilidades tecnológicas contemporáneas y contextos de recursos limitados; entre imperativos de conservación ambiental y necesidades básicas humanas. El objetivo último es contribuir a una comprensión del saneamiento rural no como mera provisión de infraestructura, sino como ejercicio multidimensional de dignificación humana y sostenibilidad ecosistémica.

Derecho humano al agua y saneamiento

El derecho humano al agua —y por extensión al saneamiento— está reconocido a nivel internacional y nacional como fundamental para una vida digna. En el caso de Ecuador, la

Constitución de 2008 declara el acceso al agua potable y al saneamiento como un derecho humano “fundamental e irrenunciable”, estableciendo que el agua es patrimonio nacional de uso público y esencial para la vida (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 12). Este marco constitucional, alineado con el principio del *buen vivir* (sumak kawsay), impone al Estado la obligación de garantizar servicios de agua potable y saneamiento seguros, accesibles y equitativos para toda la población. La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA) de 2014 refuerza este mandato al indicar que el derecho humano al agua incluye el acceso tanto al agua potable como al saneamiento ambiental, con el objetivo de proteger la salud pública, prevenir la contaminación y asegurar la calidad de las fuentes hídricas (LORHUyA, 2014, art. 57). En suma, el reconocimiento legal del saneamiento como parte del derecho al agua establece bases sólidas para impulsar políticas que aborden la brecha de cobertura en áreas tradicionalmente desatendidas.

No obstante, a pesar del marco normativo favorable, persisten desafíos para materializar este derecho en entornos rurales. Las estadísticas nacionales evidencian disparidades significativas: solo alrededor del 36% de los hogares rurales en Ecuador están conectados a un sistema de alcantarillado, frente a un 66% de cobertura a nivel nacional (INEC, 2022). Esta brecha rural-urbana en acceso a saneamiento indica que el derecho humano al agua y saneamiento aún no se cumple plenamente en muchas comunidades alejadas. La falta de servicios adecuados conlleva riesgos para la salud (enfermedades de origen hídrico) y el ambiente, contraviniendo lo dispuesto en la normativa. Por tanto, garantizar este derecho exige soluciones innovadoras y adaptadas al contexto rural, complementando o sustituyendo a las infraestructuras convencionales donde estas no llegan.

Saneamiento sostenible: criterios y enfoques

El concepto de saneamiento sostenible surge como respuesta integral a la necesidad de servicios sanitarios duraderos que protejan la salud humana y el medio ambiente. De acuerdo con la Sustainable Sanitation Alliance, un sistema de saneamiento sostenible es aquel que rompe el ciclo de enfermedades mediante un ambiente limpio y, simultáneamente, cumple con criterios de sostenibilidad en cinco dimensiones clave (SuSanA, 2008). Estas dimensiones incluyen: salud e higiene (minimizar la exposición a patógenos y mejorar la calidad de vida); ambiente y recursos (uso eficiente del agua y energía, reutilización de nutrientes, y minimización de descargas contaminantes); tecnología y operación (tecnologías apropiadas, funcionales y fáciles de mantener en las condiciones locales); viabilidad económica (costos asumibles por la comunidad, con potencial de valorizar subproductos y evitar costos externos); y aspectos socioculturales e institucionales (aceptación cultural, equidad de género, dignidad, y compatibilidad con marcos legales e instituciones locales). Un sistema que equilibra estas cinco dimensiones puede considerarse sostenible en el tiempo (Sustainable Sanitation Alliance, 2008).

Es importante destacar que el saneamiento sostenible no es un estado fijo, sino un enfoque dinámico. Los sistemas deben adaptarse a las condiciones locales cambiantes y abarcar de manera integral todas las dimensiones mencionadas (SuSanA, 2008). Por ejemplo, en comunidades rurales de áreas protegidas, puede requerirse un balance delicado entre la protección ambiental y la aceptabilidad social de nuevas tecnologías. La evidencia muestra que los proyectos de saneamiento logran mayor impacto en salud pública cuando reducen efectivamente la incidencia de enfermedades hídricas y mejoran las condiciones de higiene (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020). Asimismo, los enfoques sostenibles aportan al desarrollo socioeconómico local: la recuperación de recursos (agua reutilizada, abonos

orgánicos) puede generar oportunidades económicas o ahorros para las comunidades (SuSanA, 2008). En el ámbito social, la participación comunitaria en el saneamiento fortalece la cohesión y aceptación de las soluciones implementadas. Un estudio reciente resaltó que la aceptabilidad social y las expectativas de los usuarios son determinantes para el éxito de sistemas “verdes” de saneamiento, ya que influyen en su uso y mantenimiento adecuado (Kaiser et al., 2023). Por tanto, los criterios técnicos y ambientales deben ir acompañados de estrategias para involucrar a la comunidad y educar sobre los beneficios, logrando así la sostenibilidad plena del servicio.

En síntesis, el saneamiento sostenible constituye un paradigma integral que trasciende la mera construcción de infraestructuras sanitarias. Involucra un cambio de enfoque hacia soluciones apropiadas, aceptadas por la comunidad, financieramente viables y respetuosas del entorno natural. Este paradigma es especialmente relevante en contextos rurales vulnerables y en zonas ecológicamente sensibles como el Chocó Andino, donde las soluciones convencionales (p. ej., alcantarillado centralizado) pueden no ser factibles o incluso contraproducentes ambientalmente. Aquí es donde la búsqueda de enfoques sostenibles se vuelve crítica para cumplir los objetivos de salud pública y conservación ambiental de forma simultánea.

Sistemas de Saneamiento

Un sistema de saneamiento consiste en un conjunto integrado de tecnologías, infraestructuras y procesos destinados a recolectar, tratar y disponer de manera segura las aguas residuales y excretas. Este sistema puede incluir tanto tecnologías centralizadas, como redes de alcantarillado, como soluciones descentralizadas, tales como biodigestores o baños secos (EAWAG, 2014, p. 18).

Tecnologías apropiadas para entornos rurales

Las tecnologías de saneamiento abarcan un espectro amplio, desde opciones convencionales centralizados hasta soluciones descentralizadas innovadoras. En entornos rurales, y particularmente en áreas dispersas o protegidas, suele ser inviable desplegar infraestructura convencional de alcantarillado y plantas de tratamiento a gran escala por motivos técnicos, económicos y ambientales. En su lugar, se promueve el uso de tecnologías apropiadas al contexto local – es decir, soluciones técnicas de saneamiento adaptadas a las condiciones sociogeográficas, de bajo costo y fácil operación local (EAWAG, 2014). Estas tecnologías “apropiadas” buscan responder a las limitaciones típicas de las comunidades rurales (baja densidad poblacional, recursos financieros limitados, escasa capacidad técnica) proporcionando alternativas seguras para el manejo de excretas y aguas residuales sin requerir infraestructuras complejas.

Entre las opciones tecnológicas adecuadas para zonas rurales se encuentran los sistemas descentralizados y basados en la naturaleza. Ejemplos destacados incluyen los biodigestores anaeróbicos, las letrinas/secos compostables, los humedales construidos y los vermifiltros, entre otros (EAWAG, 2014; UN-Habitat, 2008). Estas soluciones han sido recopiladas y evaluadas en compendios técnicos – como el *Compendio de Tecnologías de Saneamiento* de EAWAG (2014) – que proporcionan guías sobre su diseño, operación y contexto de aplicabilidad. Dichas tecnologías suelen caracterizarse por requerir mínima o nula energía, tener bajos costos operativos y aprovechar procesos naturales (ej. digestión anaerobia, filtración por plantas) para depurar las aguas residuales. Su implementación en comunidades rurales puede ser incremental y modular, atendiendo a las necesidades locales sin esperar grandes proyectos de infraestructura.

Un factor crucial al seleccionar tecnologías para entornos rurales es garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Esto implica evaluar no solo la eficacia técnica de la opción (grado de tratamiento logrado, capacidad, vida útil), sino también la capacidad de la comunidad para operarla y mantenerla. De hecho, herramientas de evaluación tecnológica han surgido para guiar la introducción de nuevas soluciones en contextos rurales de países en desarrollo. Por ejemplo, el *Technology Applicability Framework (TAF)* es un marco que permite evaluar sistemáticamente la viabilidad de una tecnología WASH (*Water, Sanitation and Hygiene*) en un contexto específico, considerando múltiples dimensiones antes de su escalamiento (Olschewski, 2013a). Mediante el TAF u otros instrumentos similares, se identifican fortalezas y debilidades de cada alternativa tecnológica en aspectos como aceptación social, costos, capacidad institucional, impacto ambiental y desempeño técnico. Este análisis previo es fundamental para seleccionar tecnologías apropiadas que realmente funcionen en la práctica y no queden en desuso por falta de adaptación al medio.

En el caso de Yunguilla y comunidades rurales del Chocó Andino, la literatura indica que la ausencia de alcantarillado ha llevado a que la mayoría de los hogares utilicen pozos sépticos tradicionales o incluso descargas directas al ambiente (Vega Chuquisala, 2023). Estas soluciones empíricas suelen ser insuficientes, derivando en filtraciones y contaminación de fuentes de agua. Frente a ello, la adopción de tecnologías más avanzadas pero apropiadas – como podrían ser biodigestores compactos, tanques sépticos mejorados con múltiples etapas de tratamiento, u otras variantes – aparece como una estrategia necesaria para alcanzar un saneamiento adecuado. La selección de una tecnología apropiada debe armonizar con las prioridades comunitarias (p. ej., proteger la microcuenca local de la cual se abastecen de agua) y con las restricciones del área protegida (mínimo impacto ecológico). Así, las tecnologías apropiadas actúan como un puente entre los objetivos de sostenibilidad y las realidades rurales,

habilitando soluciones de saneamiento que sean efectivas y perdurables en comunidades como Yunguilla.

Gestión comunitaria del agua y saneamiento

La gestión comunitaria del agua y saneamiento desempeña un papel fundamental en la provisión de servicios básicos en áreas rurales de Ecuador. Dado que la Constitución establece que la gestión del agua debe ser pública o comunitaria, se han legalizado y fomentado estructuras organizativas locales para este fin (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 318). En particular, las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento (JAAPyS) son reconocidas como prestadores comunitarios que pueden operar los sistemas de agua potable y también encargarse del saneamiento en aquellas localidades donde los Gobiernos Autónomos Descentralizados (municipios) no brindan estos servicios (LORHUyA, 2014, art. 43). Estas juntas de agua, constituidas por miembros de la propia comunidad, se basan en principios de solidaridad, participación y sostenibilidad, y suelen funcionar sin fines de lucro. Su capacidad legal para administrar proyectos de saneamiento ha sido respaldada por normativas como el instructivo de ARCA (Agencia de Regulación y Control del Agua) emitido en 2016, que detalla los requisitos para su conformación y operación adecuada (ARCA, 2016).

El enfoque de gestión comunitaria ofrece ventajas importantes en entornos rurales. Al empoderar a la comunidad local en la toma de decisiones y operación diaria, se logra una mayor apropiación de los sistemas de saneamiento, lo que tiende a mejorar su mantenimiento y sostenibilidad en el tiempo. Estudios de caso muestran que cuando las comunidades se involucran activamente en la gestión del agua y saneamiento, hay una mejora en la continuidad del servicio y en la disposición a pagar tarifas de operación, al percibir los beneficios directos en salud y desarrollo local (Vega Chuquisala, 2023). En Yunguilla, por ejemplo, la gestión

comunitaria ha sido clave para implementar iniciativas ambientales exitosas en el pasado, como sistemas de agua potable y proyectos de conservación (Yuctor Álvarez, 2015). Esta trayectoria organizativa brinda una base para emprender proyectos de saneamiento participativos, donde la comunidad colabora con autoridades y técnicos en el diseño y gestión de la solución propuesta (p. ej., la implementación de un biotank séptico integrado en el marco de este estudio).

Sin embargo, la gestión comunitaria también enfrenta desafíos. Las JAAPyS y otras organizaciones comunitarias a menudo operan con recursos financieros limitados y pueden carecer de suficiente capacitación técnica para manejar tecnologías nuevas o complejas. La sostenibilidad de las intervenciones de saneamiento comunitario suele depender de recibir acompañamiento técnico y fortalecimiento institucional continuos (Vega Chuquisala, 2023). Además, es necesario alinear los esfuerzos comunitarios con el marco regulatorio y contar con el apoyo de los gobiernos locales para escalar las soluciones. Pese a estas dificultades, la gestión comunitaria sigue siendo un pilar en la extensión del saneamiento rural: su enfoque participativo y adaptado al contexto local es difícil de reemplazar por esquemas centralizados en zonas dispersas. En el contexto del Chocó Andino, donde la conservación ambiental es prioritaria, una gestión comunitaria bien organizada puede asegurar que las soluciones de saneamiento se operen con un criterio sostenible, evitando malas prácticas que perjudiquen el entorno.

En conclusión, la literatura respalda que el modelo comunitario de gestión del agua y saneamiento es adecuado para contextos rurales, siempre que se fortalezcan sus capacidades. Para el éxito de tecnologías apropiadas como el Biotank Séptico Integrado en Yunguilla, será crucial que la comunidad local participe activamente en su gestión y mantenimiento. De esta manera, la solución tecnológica se integra en el tejido social existente, aumentando las

probabilidades de permanencia y eficiencia a largo plazo, en concordancia con el derecho al agua y los objetivos de saneamiento sostenible.

Retos del Saneamiento en Contextos Rurales – Caso Yunguilla

La situación descrita para Yunguilla—una comunidad de unas 250 personas, sin asistencia técnica permanente y ubicada dentro de un área protegida—coincide con varios de los “contextos desafiantes” identificados por la bibliografía seleccionada sobre saneamiento rural:

- Escala demográfica y economía de escala.

Los programas convencionales suelen depender de economías de escala que difícilmente se materializan en poblaciones pequeñas; por ello, la cobertura rural mundial de servicios «seguramente gestionados» sigue rezagada (47 % en 2022) y entre el 10 % y el 20 % de la población rural vive precisamente en estos entornos complejos (Myers & Coultas, 2024). La reducida base de usuarios incrementa el costo por conexión y desalienta a los operadores públicos o privados, reproduciendo la dependencia de soluciones individuales de baja complejidad.

- Capacidades técnicas y sostenibilidad operativa.

La falta de recursos humanos calificados en los gobiernos locales constituye un obstáculo transversal; sin equipos que planifiquen, supervisen y den mantenimiento, las tecnologías instaladas se degradan rápidamente (Myers & Coultas, 2024). En Yunguilla, la ausencia de asistencia técnica permanente se traduce en pozos sépticos mal diseñados o sobrecargados (Vega Chuquisala, 2023, pp. 81–84).

- Gestión conjunta de aguas grises y negras en pozos sépticos.

Aunque los tanques sépticos se diseñaron para entornos rurales dispersos, estudios recientes muestran que su desempeño se reduce drásticamente cuando reciben caudales combinados y carecen de campo de infiltración; con frecuencia se comportan más como depósitos de almacenamiento que como unidades de tratamiento, generando fugas y vertidos sin depurar (Strande et al., 2023). Las mediciones locales confirman estos riesgos ambientales en Yunguilla (Vega Chuquisala, 2023, pp. 81–84).

- Limitaciones impuestas por áreas protegidas.

En territorios con alto valor ecológico, la instalación de sistemas convencionales (p. ej., redes de alcantarillado) se restringe para proteger la biodiversidad. La literatura sobre “entornos físicos difíciles” advierte que la regulación ambiental puede encarecer o incluso impedir soluciones convencionales y obliga a explorar tecnologías descentralizadas de baja huella (Myers & Coultas, 2024). La localización de Yunguilla dentro del Chocó Andino —zonificada como área protegida en el PDOT Calacalí— agrava esta brecha de acceso (PDOT Calacalí, 2015, p. 26).

- Necesidad de enfoques adaptados y de alta resiliencia.

Tanto Strande et al. (2023) como Myers y Coultas (2024) recomiendan abandonar la dicotomía «in situ / fuera de sitio» y analizar el saneamiento como un sistema completo de contención y transporte. Para comunidades pequeñas en zonas protegidas, las categorías propuestas—“sistemas totalmente transportados por carretera” o “transporte mixto fuente-separada”—constituyen rutas más viables, siempre que se refuercen las capacidades locales para operación y vigilancia.

En síntesis, los retos que enfrenta Yunguilla no son atípicos; se alinean con los patrones documentados para contextos rurales pequeños y ambientalmente sensibles. La literatura sugiere intervenciones que (a) fortalezcan las capacidades municipales, (b) opten por soluciones

modulares y fácilmente mantenibles, (c) planifiquen la recolección y transporte periódico de lodos hacia instalaciones regionales y (d) aseguren la participación comunitaria en el monitoreo para evitar retrocesos en la adopción.

Limitaciones Identificadas

- **Geográficas:** La topografía accidentada dificulta la construcción de redes de alcantarillado y plantas – convencionales - de tratamiento de aguas residuales (Plan de Manejo Yunguilla, 2011, p. 8).
- **Económicas:** Recursos insuficientes para implementar tecnologías convencionales (alcantarillado) o avanzadas (Convenio GADPP-GADP, 2021, p. 14).
- **Sociales:** La falta de educación ambiental, capacidades técnicas y percepción de costo beneficio, puede reducir la aceptación de soluciones innovadoras (PDOT Calacalí, 2015, p. 55).
- **Políticas:** El Artículo 38 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua establece que "la Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso" esto representa una limitante política para la gestión comunitaria del saneamiento sostenible, ya que condiciona el aprovechamiento de las aguas residuales a criterios estrictos definidos por la autoridad central. En comunidades con capacidades técnicas y financieras limitadas, la imposibilidad de reutilizar aguas residuales restringe la implementación de soluciones locales

innovadoras, particularmente aquellas basadas en principios de economía circular y gestión comunitaria, sobre todo en aquellos sistemas cuyo cumplimiento de la normativa no es garantizada.

Biotanque Séptico Integrado

El Biotanque Séptico Integrado de Plastigama Wavin es un sistema compacto para el tratamiento de aguas residuales domésticas, diseñado especialmente para zonas rurales sin alcantarillado (Plastigama Wavin, 2023). Funciona mediante etapas secuenciales de sedimentación primaria, filtración anaerobia de flujo ascendente y depuración final, dentro de un tanque de polietileno, reduciendo significativamente la carga orgánica y sin requerir energía eléctrica (Plastigama Wavin, 2023). Entre sus ventajas operativas destacan su fácil instalación, el bajo costo operativo y de mantenimiento, y el cumplimiento de normativas de vertido al alcanzar una remoción de sólidos cercana al 85% (Plastigama Wavin, 2023). Estas características hacen que el Biotanque sea una alternativa pertinente para comunidades como Yunguilla, en el Chocó Andino, donde la baja densidad poblacional, la condición de área protegida y la geografía accidentada dificultan el alcantarillado convencional (Plan de Manejo Yunguilla, 2011, p. 8; PDOT Calacalí, 2015). En Yunguilla, la disposición actual de excretas mediante pozos sépticos precarios o descargas directas a quebradas ha contaminado microcuencas locales y amenazado la biodiversidad (Plan de Manejo Yunguilla, 2011, p. 8), subrayando la urgencia de soluciones más sostenibles. No obstante, la implementación del Biotanque en contextos rurales aislados conlleva limitaciones: requiere condiciones adecuadas de suelo y espacio para la infiltración del efluente tratado, así como planes para la remoción periódica de lodos, lo que es logísticamente desafiante en zonas de difícil acceso. Asimismo, factores socioculturales y la capacidad local pueden influir en su éxito; por ejemplo, la

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN¹

Esta investigación adoptó un enfoque mixto con predominancia cualitativa, combinando la recolección de datos cuantitativos limitados (caracterización demográfica básica, coberturas de saneamiento de fuentes secundarias y puntuaciones) con datos cualitativos obtenidos mediante entrevistas semiestructuradas para capturar la percepción comunitaria, aspectos de gobernanza y aceptación tecnológica. La justificación de este enfoque radica en la naturaleza exploratoria del estudio y la ausencia de antecedentes locales sobre Biotanques, lo que requirió un diseño predominantemente cualitativo para capturar percepciones, contexto y viabilidad multidimensional de la tecnología propuesta.

El diseño específico corresponde a un estudio de caso único con análisis transversal, donde Yunguilla fue seleccionada como caso representativo de comunidades rurales ubicadas en áreas protegidas que carecen de sistemas de alcantarillado convencional. El alcance del estudio es descriptivo-evaluativo, ya que describe las condiciones actuales de saneamiento en la comunidad y evalúa la viabilidad multidimensional del biotank mediante la aplicación del marco TAF.

Elemento	Descripción
Tipo de investigación	Mixta (cuantitativa + cualitativa). • Datos cuantitativos: caracterización demográfica, coberturas de saneamiento.

¹ **Nota aclaratoria:** Se deja constancia de que el Biotanque Séptico Integrado del cual se hace referencia en este estudio fue adquirido por el autor con el respaldo de la empresa WAVIN-Plastigama. Esta colaboración con el proveedor tecnológico se reconoce como un potencial conflicto de interés, el cual se podría causar un sesgo en busca de resultados favorables; sin embargo, no se ejerció ninguna influencia indebida sobre el desarrollo de la investigación, los resultados obtenidos ni su análisis, se ha incluido actores independientes a las partes y existe transparencia de fuentes e información. El autor mantuvo independencia académica plena en la ejecución del estudio y en la interpretación objetiva de los datos, asegurando la integridad de los hallazgos presentados.

Elemento	Descripción
	Datos cualitativos: percepción comunitaria, gobernanza y aceptación tecnológica (entrevistas semiestructuradas a líderes de la Corporación Yunguilla y actores locales) Combinar ambas perspectivas permite valorar simultáneamente la factibilidad técnica del Biotanque y las dinámicas socioculturales que condicionan su adopción.
Diseño	Secuencial-explicativo: los resultados cuantitativos guían la profundización cualitativa y se triangulan en la fase TAF (Creswell, 2014)
Alcance	Descriptivo-analítico. Describe las condiciones actuales de saneamiento en Yunguilla y analiza la viabilidad de la tecnología respecto a cinco dimensiones TAF: social, económica, ambiental, institucional y técnica.
Justificación del enfoque	1. El déficit de alcantarillado (100 % de viviendas con pozos sépticos o descargas directas) exige evidencias técnicas y sociales para una solución in-situ. 2. La condición de Reserva de Biósfera impone criterios de sostenibilidad y participación comunitaria.
Limitaciones	• Acceso a registros históricos completos de operación de pozos sépticos. • Topografía que dificulta muestreos durante temporada lluviosa. • Posible sesgo social por alta cohesión comunitaria (tendencia a respuestas favorables).

Área de Estudio

Aspecto	Detalle
Localización geográfica	Comunidad Yunguilla, parroquia Calacalí (00°02' S – 78°36' W), nor-occidente del Distrito Metropolitano de Quito; altitud 1 573–3 154 m s.n.m (Plan de Manejo Yunguilla)
Características biofísicas	Bosque nublado andino con precipitación 500–2 000 mm/año y temperatura media 8–12 °C; microcuenca del río Tanachi, suelos volcánicos de alta permeabilidad.
Aspectos socioeconómicos	250 habitantes; base económica: turismo comunitario, producción de lácteos y artesanías; 51 % NBI en parroquia; 100 % viviendas usan pozos sépticos.

Aspecto	Detalle
Criterios de selección	(i) área protegida sin alcantarillado; (ii) trayectoria de gestión ambiental participativa; (iii) acceso a micro-financiamiento comunitario; (iv) representatividad dentro de la Reserva de Biósfera.

Marco Metodológico TAF

El marco metodológico escogido para la evaluación de alternativas de saneamiento en Yunguilla es el Technology Applicability Framework – TAF para la tecnología del Biotanque Séptico Integrado. El TAF El Marco de Aplicabilidad Tecnológica (TAF, Technology Applicability Framework) es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones desarrollada en el marco del proyecto internacional WASHTech (2011-2013) para evaluar la idoneidad, sostenibilidad y escalabilidad de una tecnología WASH en un contexto específico. Este marco propone un análisis estructurado y participativo de la tecnología, integrando múltiples criterios.

En esencia, el procedimiento TAF consta de cuatro pasos básicos: triage inicial; evaluación detallada, presentación de resultados, interpretación y conclusiones. Estos pasos permiten evaluar no solo la tecnología en sí, sino las condiciones de introducción necesarias para su éxito. Las evaluaciones TAF consideran perspectivas de distintos actores (comunidad usuaria, autoridades locales, técnicos, etc.), proporcionando una visión integral de la viabilidad de la innovación tecnológica en el contexto local.

Ventajas

- **Evaluación integral y basada en evidencia:** El TAF aborda la tecnología desde seis dimensiones de sostenibilidad, cubriendo aspectos técnicos, sociales, ambientales, económicos, institucionales y de conocimiento, lo que garantiza un diagnóstico holístico de su. Al apoyarse en datos verificados de campo y en la discusión informada entre

actores, el marco reduce la dependencia de percepciones anecdóticas y aporta rigor a la evaluación.

- **Enfoque participativo y contextualizado:** Involucra a los actores relevantes –desde la comunidad usuaria hasta autoridades e implementadores–asegurando que sus perspectivas se incorporen en la puntuación de los indicadores. Este proceso participativo no solo enriquece la calidad de la información recopilada, sino que también fomenta la apropiación local de los resultados y recomendaciones.
- **Identificación de fortalezas y barreras:** Los resultados del TAF se presentan de forma visual y comprensible, lo que facilita detectar rápidamente los puntos fuertes de la tecnología y las **limitaciones u obstáculos** para su sustentabilidad y escalamiento. De este modo, el marco no solo valida si una solución tecnológica *funciona* en cierto contexto, sino que revela qué ajustes o apoyos son necesarios para mejorar su viabilidad (por ejemplo, requerimientos de financiamiento, capacitación, cambios institucionales).
- **Aplicación probada internacionalmente:** El TAF ha sido aplicado y refinado en múltiples casos de estudio en África, evaluando diversas tecnologías WASH (bombas de agua, letrinas, tratamientos, etc.) en países como Burkina Faso, Ghana y Uganda (WASHTech, 2013). Esta trayectoria validada proporciona confianza en la robustez de la herramienta y en su adaptabilidad a diferentes contextos rurales y periurbanos.

Desventajas

- **No garantiza la adopción por sí misma:** Si bien el TAF evalúa el potencial de una tecnología, no asegura su implementación exitosa. Incluso con una evaluación favorable, una innovación puede no ser adoptada a gran escala sin un proceso de introducción apropiado y compromiso continuo de las partes (financiamiento, políticas

de apoyo) (Technology Applicability Framework, s. f.). En otras palabras, el TAF identifica qué tan viable es una solución, pero la voluntad política, social y financiera para llevarla a cabo queda fuera de su alcance directo.

- **Requiere recursos y colaboración activa:** La aplicación efectiva del TAF implica realizar estudios de campo, recopilar datos locales, entre otros. Esto demanda tiempo, coordinación interinstitucional y cierta capacidad técnica. En comunidades con recursos limitados o poca experiencia en evaluaciones participativas, llevar a cabo el proceso TAF puede ser desafiante. Asimismo, la metodología de puntaje, aun con guía neutral, conlleva cierta subjetividad inherente en las apreciaciones de los participantes.
- **Evaluación individual de tecnologías:** El marco, en este proyecto, está diseñado para analizar una tecnología a la vez, no para comparar directamente múltiples opciones en paralelo. Si se desean priorizar varias alternativas tecnológicas, sería necesario aplicar el TAF por separado a cada una y luego contrastar sus perfiles, lo cual puede resultar laborioso. Por tanto, el TAF funciona mejor como instrumento de validación de una alternativa específica, más que como matriz de decisión multicriterio para seleccionar la “mejor” entre varias.

Justificación de la Selección

El Marco TAF fue seleccionado para el estudio de Yunguilla debido a su pertinencia y rigor frente a los desafíos locales de saneamiento sostenible. Yunguilla es una comunidad rural en área protegida que afronta limitaciones técnicas, económicas y organizativas para implementar soluciones de saneamiento tradicionales (alcantarillado convencional, plantas centralizadas). Ante esta realidad, se requería una herramienta metodológica capaz de evaluar de manera integral una solución alternativa, incorporando factores sociales (aceptación cultural,

educación), económicos (costos, financiamiento), ambientales (protección del ecosistema del Chocó Andino) e institucionales (capacidades de gestión comunitaria, marco legal) en la valoración. El TAF cumple con esas exigencias, ya que examina la tecnología propuesta en todas esas dimensiones de sostenibilidad de forma sistemática.

Además, el enfoque TAF aporta un proceso participativo que encaja bien con la gobernanza local de Yunguilla basada en la participación comunitaria. Involucrar a la comunidad y a las autoridades locales en la evaluación del Biotanque Séptico Integrado permite generar confianza en la solución propuesta y adaptar las recomendaciones a las condiciones reales del territorio. Por su capacidad de evaluar la aplicabilidad, sostenibilidad y escalabilidad de tecnologías en contextos locales tal como exige el caso de Yunguilla—, el TAF ofreció un marco robusto para validar la viabilidad de la intervención antes de invertir en su implementación a mayor escala. En síntesis, se eligió este marco por su enfoque integral y probado, idóneo para orientar decisiones de tecnología de saneamiento en entornos rurales complejos como Yunguilla, maximizando las posibilidades de éxito y sustentabilidad a largo plazo.

Implementación del TAF

La implementación del TAF se desarrolló en tres fases secuenciales durante un período de siete semanas. La fase de preparación, que duró dos semanas, incluyó la revisión documental exhaustiva y la adaptación de los instrumentos TAF al contexto local de Yunguilla, resultando en formularios TAF contextualizados y la definición del protocolo de aplicación en colaboración con la tutora académica.

La fase de recolección de información se extendió durante tres semanas e incluyó dos modalidades principales. Primero, se realizaron seis entrevistas individuales de 45 a 60 minutos

cada una, tanto presenciales en Yunguilla como virtuales para actores institucionales, utilizando una guía de entrevista semiestructurada basada en los indicadores TAF y registrando las sesiones mediante grabación de audio y notas de campo con consentimiento verbal de los participantes. Segundo, se condujo un taller grupal de 2.5 horas con cinco participantes (directiva comunitaria y representantes de hogares) con los objetivos de presentar la tecnología biotank, discutir indicadores sociales y económicos del TAF, y validar percepciones individuales emergentes de las entrevistas.

La fase final de análisis y puntuación TAF requirió dos semanas para la sistematización de respuestas por indicador, aplicando como criterio de puntuación el consenso simple entre participantes por categoría de actor y realizando triangulación básica mediante el contraste entre fuentes primarias y secundarias disponibles.

La metodología de puntuación TAF utilizó la escala estándar donde verde (3-4 puntos) indica condiciones favorables o bajo riesgo, amarillo (2 puntos) condiciones moderadas o riesgo medio, y rojo (0-1 puntos) condiciones desfavorables o alto riesgo. El proceso de asignación siguió cinco pasos: recopilación de respuestas individuales por indicador, análisis para identificar convergencias y divergencias, ponderación otorgando mayor peso a actores con conocimiento específico por tema, asignación de puntuación basada en la preponderancia de respuestas, y documentación del registro de justificación por indicador. Los criterios de desempate privilegiaron la evidencia documental sobre opiniones, adoptaron el principio de precaución ante incertidumbre, y consultaron fuentes técnicas adicionales cuando fue necesario.

A continuación, se presenta los pasos correspondientes al flujo original del TAF (triage → assessment → presentation → interpretation) incorporando actores, herramientas, criterios y salidas claras, de modo que el proceso sea reproducible.

Paso 1 – Diagnóstico Inicial (Triage)

Componente	Descripción específica para Yunguilla
Objetivo	Confirmar que el Biotanque responde a la necesidad local de saneamiento y es aplicable al contexto físico-ambiental.
Herramientas de recolección	• Plantilla “TAF Step 0–1” (preguntas GQ/SQ). • Asamblea de presentación de la tecnología (Biotanque). • Entrevistas con actores clave
Proceso	i) Visita de campo ii) observación in situ. iii) Llenado de la hoja “Screening” y asignación preliminar de colores (verde/ámbar/rojo).
Actores involucrados	– Directiva de la Corporación Yunguilla (usuarios). – EPMAPS (Gerencia del Ambiente). – Técnico de WAVIN-Plastigama (proveedor). – Tutor académico USFQ (facilitador). Los cuales participarán en la asamblea y entrevistas, así como en el proceso señalado.

Salida → Ficha de Diagnóstico Inicial

Paso 2 – Evaluación Detallada

Elemento	Detalle operativo
Indicadores	Se aplican los 18 indicadores TAF ya pre-rellenados (ver Anexo 2) y se actualizan tras visitas de verificación de campo.
Proceso de puntuación	1) Cada indicador se califica 0–4 según la guía WASHTech. 2) Coloración final: Verde ≥ 3 , Ámbar 2, Rojo ≤ 1 .
Criterios claves	– Cumplimiento Ordenanza 138-MDMQ (parámetros efluente). – Accesibilidad a camión eductor. – Capacidad de pago (> 5 USD/mes). – Resiliencia a inundaciones estacionales.

Paso 3 – Presentación de Resultados

Sub-fase	Especificación
Formato	Informe de síntesis máx. 12 páginas + anexos técnicos. Resumen ejecutivo infográfico (1 página) para autoridades.

Sub-fase	Especificación
Visualización	• Gráfico radar de los 6 ejes TAF. • Mapa de calor 18 indicadores.
Sesión de presentación	Reunión presencial y/o telemática.

Paso 4 – Interpretación y Conclusiones

Ítem	Detalle
Proceso de análisis	Matriz TAF
Criterios de interpretación	– Verde $\geq 70\%$ → implementación recomendada. – Ámbar crítico (< 3 indicadores rojos) → plan de mitigación. – Rojo estructural (≥ 4 rojos) → buscar tecnología alterna.
Recomendaciones	• Diseño piloto 2 viviendas + humedal de pulido. • Acuerdo EPMAPS ↔ JAAPS para eductores trimestrales. • Subsidio cruzado (turismo comunitario) para familias vulnerables. • Sistema de monitoreo participativo (bitácora + pruebas INEN 1108 semestrales).

Recolección de Datos

Categoría	Fuentes	Técnicas / Instrumentos
Primarias	– Entrevistas semiestructuradas (1 por actor involucrado, de acuerdo a las dimensiones del TAF) – Observación directa de pozos y descargas. – Mediciones de agua (pH, DBO₅, SST) con kit portátil HACH.	Grabadora (con consentimiento verbal); GPS; fichas de campo.
Secundarias	Plan de Manejo Yunguilla, PDOT Calacalí, INEC 2022, tesis Vega Chuquisala, manuales EAWAG/SuSanA.	Matriz de extracción documental en Excel.

Actores clave

Grupo	Criterios de selección	Forma de involucramiento
Usuarios (hogares)	Viviendas con descarga directa o pozo séptico crítico.	Encuestas, prueba piloto, pago mensual cloración.
Directiva Yunguilla	Representatividad y capacidad de convocatoria.	Co-facilitación de talleres, custodia del piloto.
EPMAPS	Competencia en saneamiento rural y servicio de eductores.	Validación técnica, subsidio O&M, monitoreo.
WAVIN-Plastigama	Propietario de la tecnología; soporte técnico.	Instalación, garantía, capacitación inicial.
Secretaría de Ambiente DMQ	Regulación descargas (Ordenanza 138).	Autorizaciones, muestreo confirmatorio.
USFQ (tesis)	Rigor académico, acceso a laboratorio.	Diseño de investigación, análisis estadístico.

Análisis de Datos

Fase	Acción	Herramienta
Sistematización	Matriz de resumen (Miles y Huberman) ²	Excel y Google Sheets
Métodos	– Análisis temático cualitativo. – Matriz multicriterio (ponderación × puntaje).	Excel.
Validación	– Triangulación metodológica (cuanti + cuali + observación). – Revisión de pares	Sesión de retroalimentación

Alcance del Estudio

Este estudio se centrará únicamente en el Biotanque Séptico Integrado, debido a la especificidad del procedimiento TAF. La implementación de este sistema requiere la identificación previa de la ubicación y las condiciones del sitio para su instalación. Las fases a seguir incluyen:

² Las *matrices de resumen* son tablas bidimensionales que condensan citas e interpretaciones en filas (casos) y columnas (categorías), permitiendo visualizar patrones y comparar unidades de análisis de forma rápida. El procedimiento fue descrito por Miles y Huberman —y actualizado junto con Saldaña— como uno de los principales “displays” analíticos en la investigación cualitativa aplicada.

- Recolección de datos locales sobre usuarios y áreas de instalación.
- Análisis de viabilidad técnica y operativa.
- Evaluación del desempeño con base en los indicadores TAF específicos para sistemas de saneamiento

Limitaciones metodológicas

Este estudio presenta limitaciones metodológicas significativas que deben reconocerse explícitamente. La más importante es la ausencia de validación externa, ya que el estudio no incluyó proceso de validación independiente debido a limitaciones de tiempo y recursos propias de una tesis de maestría, la ausencia de un segundo evaluador capacitado en TAF, y la falta de mecanismo de verificación con la comunidad amplia. Esta limitación implica que las puntuaciones TAF reflejan la interpretación del investigador principal, existe posible sesgo en favor de la tecnología evaluada, y los resultados deben considerarse exploratorios, no definitivos.

Adicionalmente, existe un conflicto de interés que debe declararse explícitamente: el Biotanque fue donado por el autor de la tesis en colaboración con WAVIN-Plastigama. Como medidas de mitigación se aplicaron la inclusión de actores independientes como EPMAPS y el tutor académico, la documentación de limitaciones y riesgos de la tecnología, y la transparencia sobre fuentes de información técnica. Sin embargo, persiste la limitación de un sesgo potencial hacia resultados favorables que no fue completamente eliminado.

ANÁLISIS DE DATOS

Esta sección abarca dos grandes apartados: en primer lugar, se presenta una caracterización diagnóstica de la situación actual del saneamiento en Yunguilla; y en segundo lugar, se aplica de forma detallada el *Technology Applicability Framework* (TAF) para evaluar la tecnología propuesta, el Biotanque Séptico Integrado, en seis dimensiones clave (social, económica, ambiental, institucional y legal, capacidades técnicas y técnica/tecnológica). Esta evaluación incorpora las percepciones de actores clave desde tres perspectivas —usuarios, proveedores y reguladores—, ofreciendo un análisis multidimensional. El objetivo central del análisis es validar la pertinencia de dicha tecnología en el contexto local de Yunguilla, para lo cual se emplearon herramientas tanto cualitativas como cuantitativas.

Interpretación de la Matriz TAF (colores)

Se presenta una breve justificación de los colores asignados (verde = positivo, amarillo = intermedio) en cada dimensión de sostenibilidad, desde las tres perspectivas clave (Usuario, Proveedor, Regulador/inversor):

- **Social:**
 - **Usuario (verde):** La comunidad mostró **aceptación** de la tecnología y reconoció su **necesidad**, evidenciando un impacto social claramente positivo.
 - **Proveedor (verde):** Desde el rol del proveedor, se observó **respaldo comunitario** y **ausencia de resistencias culturales**, lo que facilitó la implementación a nivel local.

- **Regulador/inversor (verde):** Las autoridades y financiadores identificaron **beneficios sociales tangibles** (mejoras en salud pública y bienestar comunitario), alineados con sus objetivos de política social.
- **Económico:**
 - **Usuario (amarillo):** Para las familias usuarias, el costo de inversión y mantenimiento es **significativo aunque manejable**, lo que modera el beneficio económico directo percibido.
 - **Proveedor (verde):** El proveedor considera que la solución es **económicamente viable**, dado que los costos operativos se mantienen sostenibles frente a los ingresos o apoyos disponibles.
 - **Regulador/inversor (verde):** Desde la perspectiva del regulador/inversor, la inversión presenta una **buena relación costo-beneficio** y se dispone de recursos para financiarla, indicando viabilidad financiera a nivel institucional.
- **Ambiental:**
 - **Usuario (verde):** Los usuarios perciben **mejoras ambientales** concretas (reducción de olores y contaminación local), valorando positivamente la tecnología por contribuir a un entorno más limpio.
 - **Proveedor (verde):** El proveedor constata que la tecnología **cumple con estándares ambientales**, minimizando efluentes dañinos y facilitando su gestión, lo que asegura sostenibilidad ecológica en la operación.
 - **Regulador/inversor (amarillo):** Para el regulador/inversor, aunque la tecnología ofrece **beneficios ambientales** importantes, se requieren medidas

adicionales (monitoreo, control) para **garantizar pleno cumplimiento normativo**, resultando en una valoración ambiental intermedia.

- **Institucional y legal:**

- **Usuario (amarillo):** El usuario percibe **incertidumbre institucional** en cuanto a responsabilidades y apoyo continuo, pues el marco institucional/legal es favorable pero con **alcance limitado**, generando una confianza moderada.
- **Proveedor (amarillo):** El proveedor identifica **vacíos en la normativa** o desafíos de coordinación interinstitucional (por ejemplo, trámites poco claros), lo que **dificulta parcialmente** la implementación eficiente de la solución.
- **Regulador/inversor (verde):** El regulador confirma que la solución **se enmarca en políticas vigentes** y cuenta con **respaldo institucional** suficiente (normativas claras, voluntad política), favoreciendo su adopción.

- **Habilidades (saber-hacer):**

- **Usuario (verde):** Los usuarios pueden **adquirir con facilidad las habilidades necesarias** para operar y dar mantenimiento básico a la solución, asegurando un uso adecuado tras capacitación.
- **Proveedor (verde):** El proveedor (operador técnico) **posee los conocimientos técnicos** y la experiencia para instalar, mantener y dar soporte a la tecnología, sin enfrentar brechas significativas de capacidad.
- **Regulador/inversor (verde):** Las entidades reguladoras o de apoyo **cuentan con el conocimiento técnico suficiente** para entender, supervisar y respaldar la tecnología, lo que facilita su integración en programas e iniciativas locales.

- **Tecnología:**
 - **Usuario (verde):** Desde la perspectiva del usuario, la tecnología es **apropiada y fácil de usar**, integrándose bien en la vida cotidiana y siendo aceptada sin dificultad.
 - **Proveedor (verde):** Para el proveedor, la tecnología resulta **técnicamente fiable**, con disponibilidad de repuestos y soporte, lo que **asegura su funcionamiento sostenible** en el tiempo.
 - **Regulador/inversor (verde):** El regulador/inversor considera que la tecnología **cumple con los estándares técnicos** y está debidamente **probada en campo**, por lo que su adopción es segura y está respaldada en el contexto del proyecto.

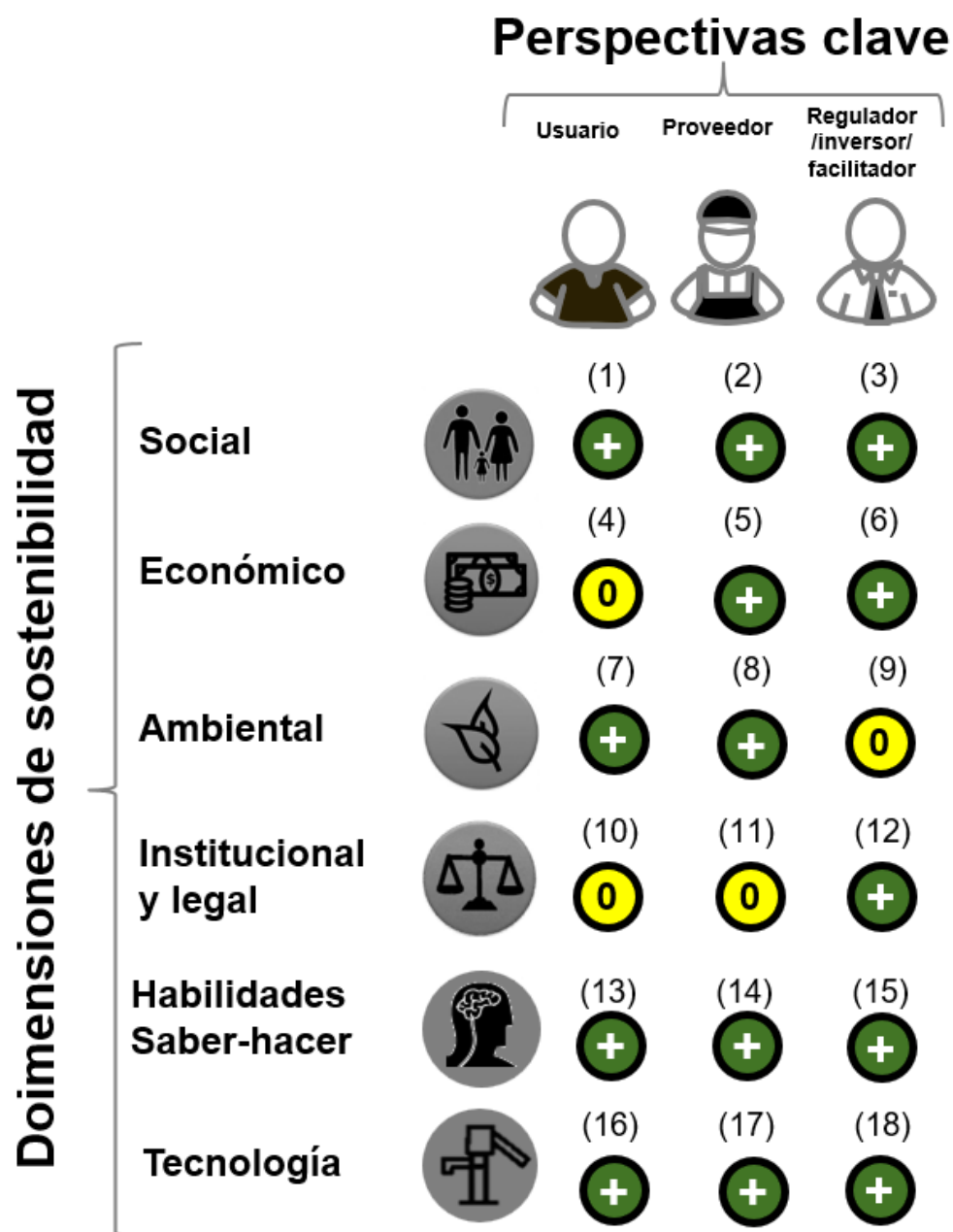


Figura 3. Perfil Gráfico del TAF - Resultados. Fuente: Elaboración Propia con base en el análisis de datos.

Evaluación del Biotanque Séptico Integrado en Yunguilla - Resumen del desarrollo

Dimensión Social

- **Demanda de los Usuarios:** Aunque la mayoría de los usuarios en Yunguilla no estaban inicialmente familiarizados con el Biotanque, existe una fuerte demanda general por

mejorar el saneamiento, especialmente frente a problemas de pozos sépticos en mal estado

- **Aceptación Cultural:** La tecnología no enfrenta barreras culturales significativas, pero requiere sensibilización para fomentar su adopción. Los costos de mantenimiento, como las pastillas de cloro, se consideran accesibles, pero es necesario informar sobre sus beneficios comparativos frente a otras opciones
- **Equidad e Inclusión:** Las familias de bajos ingresos podrían enfrentar dificultades para acceder al sistema sin apoyo financiero. Es importante considerar subsidios específicos para garantizar una implementación inclusiva

Dimensión Económica

- **Asequibilidad:** Aunque el costo inicial del Biotanque es elevado, los costos operativos son accesibles para la mayoría de los usuarios. Se identificó la necesidad de mecanismos de financiamiento, como subsidios parciales o microcréditos, para facilitar la adopción
- **Beneficios Económicos:** Además de tratar aguas residuales, el sistema permite la reutilización de subproductos, como agua tratada sin embargo no se identifica un beneficio económico del aprovechamiento de estos.

Dimensión Ambiental

- **Reducción de la Contaminación:** El Biotanque minimiza el riesgo de contaminación de fuentes de agua al tratar eficientemente las aguas residuales, abordando un problema crítico en Yunguilla. Sin embargo, requiere monitoreo continuo para garantizar un mantenimiento adecuad.

- **Sostenibilidad del Ecosistema:** Al reducir la descarga directa de aguas residuales, el sistema contribuye a preservar los ecosistemas locales, particularmente en una región biodiversa como el Chocó Andino

Dimensión Institucional y Legal

- **Marco Regulatorio:** La tecnología está alineada con las normativas ambientales nacionales en su implementación menos perjudiciales que cualquier sistema parecido como los biodigestores, sin embargo, para un éxito integral se requiere que el sistema cumpla con la normativa local, establecida en la Ordenanza 138 del M-DMQ, la cual cuenta con 40 parámetros y según se ha levantado información de campo inclusive es difícil para el cumplimiento de PTAR completas. De todas maneras, es esencial consolidar acuerdos interinstitucionales para garantizar su análisis (calidad del agua) y sostenibilidad a largo plazo
- **SopORTE Institucional:** La colaboración con actores locales, como EPMAPS, y el desarrollo de capacidades en la comunidad son fundamentales para la operación y mantenimiento del sistema.

Habilidades y Conocimientos

- **Capacitación Comunitaria:** La comunidad no necesita capacitación continua para operar y mantener el Biotanque. Es crucial establecer un plan de seguimiento para asegurar el aprendizaje a largo plazo.
- **Gestión Local:** La directiva comunitaria juega un rol clave en la supervisión, pero requiere más apoyo técnico para enfrentar desafíos operativos y de mantenimiento sobre

todo en la gestión y presión social para acceder al servicio subsidiado de la limpieza de los lodos a través de camiones eductores.

Dimensión Técnica

- **Fiabilidad:** El diseño robusto y modular del Biotanque facilita su uso en áreas rurales, incluso en condiciones geográficas y climáticas adversas. Sin embargo, para una sostenibilidad a largo plazo requiere que el sistema sea de fácil acceso para un camión eductor, lo que limita su implementación en cualquier predio.
- **Mantenimiento:** La accesibilidad para el mantenimiento mediante eductores es una ventaja clave, pero requiere planificación logística para evitar retrasos en la limpieza y el transporte de lodo.

Recomendaciones Clave

1. **Aumentar la Sensibilización Comunitaria:** Fortalecer campañas educativas para aumentar la aceptación y el conocimiento de los beneficios del sistema.
2. **Establecer Mecanismos de Financiamiento:** Implementar subsidios y microcréditos para cubrir costos iniciales y asegurar la equidad en la adopción.
3. **Garantizar el Cumplimiento Normativo:** Desarrollar procesos específicos para cumplir con los estrictos parámetros establecidos por la Ordenanza 138 del M-DMQ.
4. **Fortalecer la Coordinación Logística:** Planificar rutas y accesos para camiones eductores, asegurando un mantenimiento eficiente.
5. **Monitorear Continuamente:** Establecer un sistema de monitoreo participativo que permita evaluar el rendimiento del Biotanque y su impacto ambiental.

6. **Promover la Escalabilidad:** Utilizar la experiencia piloto como base para ampliar su implementación en otras comunidades con condiciones similares

Desarrollo

La sistematización de información en esta sección constituye la transcripción íntegra de los formatos del *Technology Applicability Framework* (TAF) empleados en el **paso 2 – Assessment** del marco metodológico. En este estadio se califican los 18 indicadores que, agrupados en seis dimensiones de sostenibilidad, permiten estimar la aplicabilidad, escalabilidad y durabilidad de una tecnología WASH en un contexto dado, siguiendo la estructura y las hojas de indicadores descritas en el manual oficial del TAF. Las respuestas consignadas se fundamentan exclusivamente en la evidencia levantada durante la observación directa en Yunguilla y en las entrevistas semiestructuradas realizadas a los actores comunitarios, institucionales y técnicos, garantizando así que la valoración responde a la realidad diagnosticada en campo.

Es importante señalar que para facilitar la comprensión del lector en el Paso 1 las respuestas correspondientes para este estudio se encuentran resaltadas en gris, mientras que en el Paso 2, cada una de las respuestas pertinentes están precedidas por la palabra “Respuesta” en negrillas.

Technology Applicability Framework (TAF) – Paso 1: Evaluación Inicial

Identificación, Contexto y Preguntas de Evaluación

Tecnología Específica:	Biotanque Séptico Integrado – WAVIN Plastigama
Función Técnica:	Recolección, almacenamiento y tratamiento

IDENTIFICACIÓN

1	¿Cómo se introdujo la tecnología?	☒ Donado por autor de tesis
2	¿Cuál es el nombre de la iniciativa o proyecto bajo el cual se introdujo la tecnología?	Trabajo de titulación de postgrado: Retos y soluciones para el acceso al saneamiento en la región del Chocó Andino: El caso de Yunguilla
3	Si la introducción de esta tecnología será subsidiada, ¿qué proporción del subsidio se proporcionará en relación con el costo total de introducción o el costo relativo por unidad sin subsidios?	Subsidio completo en el equipo, mas no en la instalación, operación y mantenimiento
4	Proporcione detalles sobre dónde y cómo se instalará la tecnología, el propósito que debe cumplir, y por qué, en particular, esta tecnología será adoptada en este lugar.	Comunidad de Yunguilla. Será instalada en colaboración con Plastigama (fabricante) y la comunidad. Tratará las aguas residuales de dos viviendas para mejorar su sistema actual (pozo séptico). Será implementada en este lugar, puesto que es óptimo físicamente a gravedad y cuenta acceso para eductor, lo que beneficia al mantenimiento del sistema.
5	Nombre de la persona de contacto responsable de la aplicación del TAF y dirección y contactos de las instituciones para las que trabaja:	Nombre de la persona: Juan Carlos Jaramillo Nombre de la institución: Universidad San Francisco de Quito Contactos: 0998783382

CONTEXTO

1	¿Dónde se encuentra el área del proyecto para el cual se está evaluando la tecnología específica?	País: Ecuador Provincia/Región: Pichincha Cantón: Distrito Metropolitano de Quito Parroquia: Calacalí Comunidad/Pueblo: Yunguilla Coordenadas GPS (si están disponibles):
2	¿Qué tipo de área socioeconómica predomina?	☒ Aldeas/Comunidades ☐ Pueblos ☐ Pequeñas ciudades ☐ Áreas urbanas ☐ Otros:

3 Cuál es el estado de WASH en el área y cuáles son los principales problemas relacionados con el agua, saneamiento e higiene en esta región? Por favor, indique también la cobertura de saneamiento en el país respectivo basándose en datos del JMP o estadísticas nacionales: http://www.wssinfo.org/	Estado del Agua: Disponibilidad de Agua Potable: • La comunidad obtiene agua de vertientes naturales y sistemas de tanques, pero gran parte de la población carece de sistemas adecuados de tratamiento. • En época seca, la disponibilidad de agua es limitada debido a la pérdida de cobertura vegetal que afecta los acuíferos. • Aunque se cuenta con sistemas básicos de filtración, el agua no está completamente tratada, lo que representa un riesgo para la salud. Estado del Saneamiento: Falta de Alcantarillado: • Yunguilla no cuenta con un sistema de alcantarillado. La mayoría de las viviendas utiliza pozos sépticos, algunos de los cuales se encuentran en mal estado, con riesgo de colapso o contaminación de fuentes de agua cercanas. • Las aguas residuales (grises y negras) se vierten directamente al suelo o quebradas en algunas áreas, exacerbando el problema de contaminación. • Los pozos sépticos suelen llenarse rápidamente debido a la mezcla de aguas grises y negras, lo que incrementa los costos de mantenimiento y el impacto ambiental. Impacto Ambiental: • La descarga de aguas residuales no tratadas afecta los ecosistemas locales y aumenta la carga
---	---

		contaminante en los cuerpos de agua receptores. <i>Problemas Relacionados con la Higiene:</i> Carencia de Soluciones Permanentes: • No existe un manejo adecuado de las aguas residuales que garantice la higiene y salud de la población. • La falta de infraestructura adecuada dificulta la implementación de medidas de saneamiento sostenible. Iniciativas Comunitarias Limitadas: • A pesar de los esfuerzos de la comunidad para buscar soluciones (como el manejo de tanques sépticos y propuestas para plantas de tratamiento), las acciones no han sido respaldadas con asistencia técnica y financiera constante (Vega Chuquisala, 2023). Cobertura WASH según INEC (estadística nacional): En la parroquia de Calacalí la cobertura de agua por red pública es del 85.5% y de alcantarillado es de 74.1% (INEC, 2022). Mientras que en Yunguilla hay 0% de cobertura de alcantarillado y acceden a agua segura a través de prestación comunitaria.
4	¿Se ha utilizado esta tecnología o sustitutos en el área del proyecto anteriormente?	SI → se le llama “Existente” tecnología

NECESIDAD

1	¿Qué tipo de práctica de saneamiento principal se utiliza actualmente?	Para hogares: Pozos sépticos/ciegos Para comunidades: Pozos sépticos/ciegos _ Comentarios: inodores y lavamanos
2	¿Cuál es el estado actual y qué problemas existen en términos de la infraestructura de saneamiento e higiene existente y relacionada?	☐ Sin letrinas ☐ No uso de letrinas y defecación al aire libre ☐ Mala higiene dentro o alrededor de las letrinas ☐ Sin lavado de manos ☐ Falta de tratamiento de lodos fecales ☒ Falta de disposición segura y sanitaria de desechos ☒ Mal mantenimiento de la infraestructura ☐ Otros:
3	¿Cuáles son los principales problemas que esta tecnología podría resolver?	☒ Recolección segura de heces y orina ☒ Tratamiento seguro de heces y orina ☒ Disposición segura de heces y orina ☒ Reducción de riesgos para la salud en los asentamientos ☒ Contribución al ciclo de nutrientes ☒ Otros: Disminución de la contaminación ambiental (cuerpos de agua)
4	¿Para qué grupo de usuarios está destinada esta nueva tecnología?	☒ Hogares ☐ Comunidad ☐ Instituciones, por ejemplo, escuelas ☐ Otros: _____
5	¿Proporciona esta tecnología el nivel de servicio necesario en términos de capacidad técnica?	☒ Sí ☐ No Comentarios: _____
6	¿Existe una necesidad clara o incluso una demanda expresada para mejorar la situación con respecto al saneamiento e higiene en esta región? ¿Es el saneamiento e higiene una prioridad principal?	☐ Perspectiva de los usuarios potenciales: ☒ Sí ☐ No Comentarios: _____ ☐ Perspectiva de autoridades y expertos externos: ☒ Sí ☐ No Comentarios: _____
	Basado en la información mencionada anteriormente, por favor responda la pregunta de evaluación:	☒ Sí ☐ No Comentarios: _____

	¿Puede esta tecnología contribuir sustancialmente a satisfacer esta necesidad?	
--	--	--

APLICABILIDAD

1	¿Cuál es el nivel más alto del agua subterránea por debajo de la superficie? ¿El nivel del agua subterránea está siempre a más de 2 m del punto más bajo de la infraestructura (por ejemplo, el fondo de una letrina)?	Nivel más alto del agua subterránea debajo de la superficie:[m] ☐ Sí ☐ No Comentarios: Los estudios han indicado que durante la temporada de lluvias, el nivel del agua subterránea en algunas zonas puede estar a menos de 2 metros de profundidad, afectando potencialmente las infraestructuras como las letrinas (Torres Paucar, 2022, p. 36).
2	¿Existen riesgos de inundaciones en el área?	☒ Sí ☐ No Comentarios: Sí, existen riesgos de inundaciones en ciertas partes de la comunidad de Yunguilla. El PDOT 2019 de Calacalí señala la vulnerabilidad a inundaciones debido a la cercanía con microcuencas como la del río Tanachi y la geografía montañosa que intensifica el flujo de agua durante las lluvias intensa
3	¿Es la distancia común entre las letrinas y los edificios frecuentados por personas más de 10 m?	☐ Sí ☒ No Comentarios:
4	¿Es la distancia común entre las instalaciones de saneamiento y el agua subterránea más de 30 m?	☐ Sí ☒ No Comentarios:
5	¿Cómo se recolectan, eliminan o tratan las heces y la orina en el sistema actual?	☒ Dentro de la unidad/sin remoción ☐ Dentro de la unidad CON remoción ☐ Necesita tanque séptico o alcantarillado ☐ Se prevé reutilización de heces/orina ☐ Otro:
6	En general: ¿Es esta tecnología parte de un sistema que se compone de varios componentes? Si es así, ¿qué otros sistemas se necesitan? Por ejemplo, pozos, tanque, alcantarillado, electricidad, generador diésel de respaldo, otros.	☒ Sí → La tecnología es parte de un sistema. ¿Qué elementos necesitan estar en su lugar?: Acceso a educador para mantenimiento ☐ Sí, y todos los componentes necesarios están funcionando. ☐ Sí, pero otros componentes necesarios no están en su lugar o no funcionan correctamente.

	Para más información sobre los requisitos de esta tecnología WASH: www.akvopedia.org	Comentarios: _____ ☐ No, no se necesitan otros componentes.
7	Basado en evidencia científica y buenas prácticas, ¿son los requisitos clave para esta tecnología cumplidos en este contexto particular?	☒ Sí, completamente ☐ Solo parcialmente o no Comentarios: _____
8	Si el inodoro utiliza agua, ¿existen fuentes de agua en la región/área que proporcionen suficiente agua durante todo el año para este propósito?	☐ Sí ☒ La mayoría del año ☐ No, raramente
9	Aceptación: ¿Existen hábitos o tradiciones culturales que no permitan el uso o mantenimiento de esta tecnología o excluyan a algunos miembros de la comunidad	☐ Sí ☒ No Comentarios: _____
10	Aceptación: ¿Existen hábitos culturales que entren en conflicto con la reutilización de heces tratadas o orina en la agricultura o huertos domésticos?	☐ Sí ☒ No Comentarios: _____
	Por favor responda la pregunta de evaluación: ¿Es esta tecnología APLICABLE en el contexto?	☒ Sí ☐ No ☐ Solo con mejoras importantes: _____ Comentarios: _____

Paso 2 - Evaluación del potencial del Biotanque Séptico Integral en Yunguilla

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la aplicación del Marco de Aplicabilidad Tecnológica (TAF) al Biotanque Séptico Integrado en Yunguilla. En ella se sintetizan 18 indicadores distribuidos en seis dimensiones de evaluación: social, económica, ambiental, institucional-legal, de capacidades y técnica. Cada indicador fue valorado desde tres perspectivas (usuario, proveedor y regulador/inversor), sustentando dichas valoraciones en respuestas argumentadas y empleando una escala de colores donde el verde indica una evaluación favorable, el amarillo representa un resultado intermedio y el rojo señala un aspecto crítico.

En todas estas dimensiones (preguntas) se ha incluido la respuesta para el caso de Yunguilla, para facilitar la lectura el espacio de las mismas precede con “**Respuesta:**”

Social

1 - Demanda por la tecnología Usuario, comprador.

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 1.1	¿La mayoría de los usuarios expresa una fuerte demanda por esta tecnología de saneamiento? Respuesta: No necesariamente por esta tecnología, pero si por una mejor tecnología de la que poseen ¿Qué otras tecnologías podrían proporcionar el mismo servicio? Respuesta: En el sentido de sostenibilidad y tratamiento de aguas podrían ser algunas SbNs o soluciones combinadas como baños secos,	Una demanda fuertemente expresada es vital si se espera que las perspectivas de sostenibilidad sean buenas.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	vermifiltros o biodigestores que permiten el cierre del ciclo de nutrientes.	
GQ 1.2	¿Esta tecnología satisfará genuinamente las demandas y expectativas de la mayoría de los usuarios objetivo? Respuesta: Si, tomando en cuenta que se lo haría en máximos dos hogares ¿Hay muchas personas que no se beneficiarán? Respuesta: Si	La probabilidad de que una tecnología sea sostenible solo será buena si realmente satisface las necesidades y expectativas de los usuarios objetivo.
GQ 1.3	¿Todos los usuarios de la región objetivo aceptan esta tecnología en relación con tabúes, hábitos y tradiciones culturales y religiosas? Respuesta: Si. ¿Cuáles serían posibles barreras o áreas de conflicto? Respuesta: El biotanco séptico integral tiene una operatividad similar a la de un biodigestor, salvo que este requiere del mantenimiento mensual con pastillas de cloro, que no sobrepasan los 5 dólares mensuales.	La aceptación cultural y social es esencial para la adopción sostenible. Si una tecnología se percibe como inferior por cualquier razón, puede que no sea aceptada.
GQ 1.4	¿Qué grupos dentro de la población no pueden usar esta tecnología o están excluidos de su uso, por ejemplo, personas con discapacidad, ancianos o personas muy pobres? Respuesta: Personas muy pobres	Los niveles de servicio inclusivos y equitativos deberían ser una alta prioridad.
GQ 1.5	¿Los usuarios potenciales expresan disposición a invertir en el costo de capital (CapEx) de esta tecnología? ¿Han contribuido al CapEx de otros servicios de saneamiento antes? Si no, ¿por qué estarían dispuestos a hacerlo ahora? Respuesta: Yunguilla se posiciona como una comunidad ecológica y sostenible por lo que en el marco de esos criterios los habitantes de la comunidad si están disponibles a invertir en el mantenimiento y operación del biotanco	El costo total de capital de esta tecnología y su introducción debe calcularse antes de plantear esta pregunta a los usuarios para que se pueda llevar a cabo una discusión informada.

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 1.6	¿Los usuarios están dispuestos a llevar a cabo actividades de mantenimiento regular y a pagar por los costos de operación y mantenimiento (OpEx) de manera regular? ¿Están dispuestos a pagar por rehabilitaciones importantes (CapManEx) si el servicio falla? ¿Han contribuido al OpEx o CapManEx para el saneamiento antes? Si no, ¿por qué estarían dispuestos a hacerlo ahora? Respuesta: Yunguilla se posiciona como una comunidad ecológica y sostenible por lo que en el marco de esos criterios los habitantes de la comunidad si están disponibles a invertir en el mantenimiento y operación a largo plazo del biotanque considerando que también se contempla el servicio del eductor (limpieza de lodos), que podría ser proporcionado de forma privada o a través del ente responsable del saneamiento, la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS	El costo total de operación y mantenimiento de esta tecnología, así como el costo de rehabilitación importante, debe calcularse antes de plantear esta pregunta a los usuarios, para que se pueda llevar a cabo una discusión informada.

Pregunta de puntuación SQ 1: Respuesta: Si (VERDE)

Puntuación para el indicador 1: VERDE

Social

2 - La necesidad de promover la tecnología y realizar investigaciones de mercado Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 2.1	¿Saben realmente todos los usuarios objetivo que esta tecnología de saneamiento existe y entienden qué nivel de servicio puede proporcionar? Respuesta: Si	Generalmente, las personas solo consideran invertir en una tecnología si saben que existe y comprenden el nivel de servicio que puede ofrecer.
GQ 2.2	¿Existen subsidios disponibles para esta tecnología (por ejemplo, del gobierno o donantes), y los productores y proveedores están al tanto de esto? (ver indicador 6) Respuesta: Si (la adquisición del sistema ha sido subsidiada). De igual manera, se cuenta con subsidio para la eventual realización de pruebas de calidad del agua saliente	Los subsidios pueden estimular la demanda de una tecnología y ayudar a aumentar la conciencia sobre el nivel de servicio que proporciona.
GQ 2.3	¿Cómo capturan y entienden los productores/proveedores la demanda de esta tecnología de saneamiento y los problemas que los usuarios tienen con ella? ¿Cómo actualizan esta información? Respuesta: A través de retroalimentación con el fabricante (Plastigama). Es importante recordar que en colaboración con el fabricante se hará la instalación.	La investigación de mercado y el seguimiento son esenciales si los productores y proveedores quieren seguir satisfaciendo las necesidades y demandas de los usuarios. Los fallos de diseño deben ser abordados.
GQ 2.4	¿Quién promoverá esta tecnología de saneamiento a nivel local? Respuesta: La directiva de la comunidad Cómo se enterarán los nuevos usuarios potenciales de esta tecnología? Respuesta: Mediante asamblea general	Una buena promoción de las tecnologías de saneamiento es esencial para la escalabilidad. Requiere habilidades y financiamiento dedicados.
GQ 2.5	Según el productor, ¿qué medios son los más apropiados para la promoción de esta tecnología de saneamiento? (por ejemplo, TV, radio, obras teatrales, sitios de demostración, otros)	La promoción debe dirigirse al público objetivo utilizando los medios más adecuados.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	Redes sociales y asamblea de socialización	
GQ 2.6	¿Cómo consideran los productores/proveedores las necesidades para que la tecnología sea accesible para los grupos pobres y excluidos en el desarrollo del producto? ¿Dirigen la promoción a todos los grupos en la población de usuarios? Si no, ¿qué grupos están excluidos y por qué? Respuesta: El sistema como tal, es decir los tanques tienen su costo, en el caso del tanque disponible de 2 metros cúbicos, oscila entre \$1.600 dólares, lo que podría abastecer hasta 14 personas. Es importante tener en cuenta que Yunguilla no cuenta con habitantes por debajo de línea de pobreza	Las tecnologías deben ser accesibles para los grupos pobres y marginados si quieren satisfacer las necesidades de los usuarios.

Pregunta de puntuación SQ 2:

¿Tienen los productores recursos y mecanismos efectivos para llevar a cabo investigación de mercado dirigida, promoción, desarrollo del producto y seguimiento de esta tecnología de saneamiento según sea necesario?

Puntuación para el indicador 2:

Respuesta: SI (VERDE)

Social

3 - La necesidad de cambio de comportamiento y mercadeo social Regulador, inversionista, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 3.1	¿Cómo abordan actualmente las comunidades y los proveedores de servicios (incluido el departamento de salud) los problemas de saneamiento en el área objetivo? Respuesta: La Epmaps no cuenta con el servicio de alcantarillado en la Zona. Para lo que se refiere enfermedades de origen hídrico esta el Ministerio de Salud Pública (gratuito), la Secretaría de Salud (gratuito) y el Seguro Social (para afiliados) ¿Cuáles son los comportamientos y prácticas comunes? Respuesta: Con respecto a saneamiento no hay problemas en practicas de higiene sin embargo si se reconoce la falta del tratamiento de aguas residuales y el impacto que tiene en el ambiente	Esta pregunta establece el contexto para preguntas de seguimiento sobre la necesidad de cambio de comportamiento y mercadeo social.
GQ 3.2	¿Son necesarios cambios en las percepciones, actitudes y comportamientos de los usuarios objetivo para estimular la demanda de servicios de saneamiento asequibles y rentables utilizando esta tecnología? Respuesta: Si, sobre todo en comparación de costo beneficio. Puesto que si bien un biotank séptico integral es más costoso que un pozo séptico puede brindar muchas más ventajas, sobre todo en el campo ambiental. En el caso de la implementación, con la medida de la calidad del agua y si esta cumple con los parámetros de la normativa nacional, contaría con argumentos para ser promocionados y conseguir también cambio comportamental	Si este es el caso, entonces la necesidad de un cambio sustancial de comportamiento debe abordarse con habilidades y recursos para lograrlo.

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 3.3	¿Son necesarios cambios en las percepciones y actitudes de los reguladores, inversionistas y facilitadores para estimular la demanda de servicios de saneamiento asequibles y efectivos utilizando esta tecnología? Respuesta: Si, sobre todo en la desmitificación del alcantarillado como única forma de saneamiento. Ante esto es importante anotar que la EPMAPS cuenta con la Estrategia para la Descontaminación de los Ríos de Quito, ante la cual en entrevista con Irina Moncayo, servidora de la Gerencia Técnica de Infraestructura y la cual hizo la presentación de la Estrategia ante la alcaldía, se ha señalado que el enfoque de la Estrategia, para sectores rurales no consolidados y que se encuentren en sectores de difícil acceso para alcantarillado como el Chocó Andino, a nivel geográfico y dado que es una área de conservación, se plantea el servicio de eductores que puedan hacer la limpieza de pozos sépticos y en este caso del Biotanque séptico integrado para que luego puedan ser trasladados a la red de alcantarillado más cercana y luego a una planta de tratamiento de aguas residuales en el área consolidada de Calacalí, lo que si se cuenta en la planificación.	Percepciones/actitudes incorrectas de los reguladores, inversionistas y facilitadores sobre esta tecnología o los grupos objetivo pueden inhibir su escalabilidad y sostenibilidad.
GQ 3.4	¿Tienen los proveedores de servicios y facilitadores las habilidades y recursos necesarios para implementar cambios en las percepciones, actitudes y comportamientos requeridos para la adopción sostenible de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: Si	Si los proveedores y facilitadores no tienen las habilidades y recursos necesarios para implementar cambios, esta tecnología de saneamiento puede ser rechazada.
GQ 3.5	¿Están los usuarios en el área objetivo involucrados en la elección de tecnologías, procesos de introducción y modelos de costos? Respuesta: En este caso fueron consultados en asamblea (directiva de Yunguilla) para la instalación del tanque.	La elección de tecnologías a menudo es de arriba hacia abajo, con poca participación de aquellos que se ven afectados por la tecnología elegida. Si este es el caso, la necesidad de cambios esenciales en el comportamiento podría pasarse por alto.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	¿Quién decide qué tecnologías deben implementarse? ¿Políticos, tecnócratas, gobiernos locales, ONG o usuarios? Respuesta: Al descartarse por parte de Epmaps la inversión en alcantarillado, esto está a cargo de la directiva de la comunidad (prestador comunitario de agua y saneamiento) considerando las posibilidades de servicio subsidiado (eductores) por parte de la EPMAPS	

Pregunta de puntuación SQ 3:

¿Es posible la introducción de esta tecnología sin ningún esfuerzo de cambios de comportamiento? ¿Tienen los proveedores y facilitadores las habilidades y recursos necesarios para implementar cambios en las percepciones, actitudes y comportamientos para que esta tecnología sea sostenible y escalable?

Puntuación para el indicador 3:

Respuesta: SI (VERDE)

Económico

4 – Asequibilidad

Usuario, comprador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 4.1	¿Pueden los usuarios pagar el costo total de capital requerido para esta tecnología de saneamiento (CapEx)? Respuesta: En su operación y mantenimiento sí. ¿Qué contribución hacen los usuarios al CapEx en efectivo o en especie como porcentaje del CapEx total? Respuesta: 5 dólares mensuales para la sustitución de pastillas de cloro, y colaboración en la instalación guiada (especie)	El costo total de capital de esta tecnología y su introducción debe calcularse antes de plantear esta pregunta a los usuarios para que se pueda llevar a cabo una discusión informada.
GQ 4.2	¿Pueden los usuarios pagar el costo total de operación y mantenimiento (OpEx)? Respuesta: Si ¿Qué porcentaje del OpEx anual total pagan actualmente? Respuesta: Actualmente no se paga nada por el mantenimiento de los pozos sépticos	El costo total operativo de esta tecnología debe calcularse antes de plantear esta pregunta a los usuarios (ver comentario anterior).
GQ 4.3	¿Pueden los usuarios pagar los costos de reparaciones mayores (CapManEx)? Respuesta: El sistema cuenta con garantía en su operación sin embargo los repuestos en su costo (exteriores) son accesibles.	Para CapManEx, ver los comentarios anteriores.
GQ 4.4	¿Cuánto pagan los usuarios actualmente por año por los servicios existentes para cubrir OpEx, CapManEx, y CapEx de su instalación actual de saneamiento? Respuesta: Nada	Esto da una indicación de cuánto están dispuestos a pagar los usuarios por servicios similares de saneamiento.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	¿Cuál sería el CapEx para una nueva instalación de la tecnología de saneamiento que tienen ahora? Respuesta: Al menos 60 dolares anuales, que puede abastecer a hasta 14 personas	
GQ 4.5	¿Cuál es el ingreso promedio estimado en efectivo por familia por mes entre el grupo objetivo en esta región? Respuesta: No se cuenta con esa información	Los usuarios pueden mostrarse reacios a divulgar esta información. Intente inferir preguntando sobre otros gastos, como cuotas escolares y atención médica.
GQ 4.6	¿Los hogares pobres que no pueden pagar el hardware están excluidos de aplicar esta tecnología de saneamiento? Respuesta: No, necesariamente ¿Existen subsidios disponibles? Respuesta: No, al momento ¿Hay instalaciones de saneamiento compartidas mejoradas que puedan usar? Respuesta: Si las hay	Esto da una indicación de si la asequibilidad es una barrera para el acceso de los hogares pobres y si existen mecanismos alternativos.
GQ 4.7	¿Esta tecnología de saneamiento ofrece beneficios económicos potenciales al usuario, por ejemplo, permitiendo el uso de orina recolectada por separado como fertilizante? Respuesta: Si, sin embargo no representa la posibilidad de conseguir un rédito económico pero si de aprovechamiento de nutrientes.	Los ingresos generados a través del uso de la tecnología podrían ayudar a pagar el CapEx, OpEx y CapManEx.

Pregunta de puntuación SQ 4:

¿Es la cantidad de dinero que los usuarios pagan actualmente suficiente para cubrir CapEx, OpEx y CapManEx de esta tecnología/servicio? Si no, ¿seguiría siendo asequible esta tecnología sin subsidios?

Puntuación para el indicador 4: SI AMARILLA

- **Regla de puntuación:** Si los usuarios solo pueden pagar la tecnología con subsidios externos, la puntuación necesita ser **amarilla**. Si estos subsidios no existen, necesita ser **roja**.

Económico

5 - Rentabilidad

Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 5.1	¿Cuánto cuesta producir una unidad de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: 60 dólares anuales. El servicio del educador es subsidiado por EPMAPS.	Estime los costos fijos anuales totales, los costos variables anuales totales, sume ambos y divida por el número de unidades que el vendedor anticipa vender en un año. Agregue el costo de producción por unidad, beneficio y transporte. Esta información debe obtenerse del productor/proveedor antes de usar el TAF.
GQ 5.2	¿A qué precio se vende una unidad de esta tecnología de saneamiento en los mercados locales? Esto debe incluir entrega e instalación. Respuesta: Al menos \$1600 dolares, el tanque de 2 metros cúbicos.	Si compara el costo de producción (GQ 5.1) con el precio en el mercado (GQ 5.2), ¿queda algún margen? ¿Cuánto es el margen por unidad?
GQ 5.3	¿Hay un buen y rentable potencial de mercado para esta tecnología de saneamiento en esta región o incluso en el país? Respuesta: Si	¿El productor espera ventas sustanciales y rentables en la región o más allá?
GQ 5.4	¿Está la tecnología completamente desarrollada (lista para usar) o se necesita financiamiento adicional para continuar su desarrollo y prepararla para la venta? Respuesta: No	Proporciona información sobre el estado de desarrollo en el que se encuentra la tecnología de saneamiento.
GQ 5.5	¿Existen otras tecnologías de saneamiento "comparables" que realicen la misma función disponibles en el mercado local, y cuál es su precio de venta? Respuesta: Si, sin embargo no serían equiparables en los	La respuesta proporciona una indicación del nivel de competencia en el mercado.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	resultados esperados, sobre todo en el cumplimiento de la normativa ambiental para descargas de aguas residuales. Además, la operación	
GQ 5.6	¿Qué apoyo está disponible para la promoción y desarrollo de esta tecnología de otros actores, por ejemplo, préstamos bancarios o subvenciones? Respuesta: El servicio de eductores a través de EPMAPS en el marco de la EDRQ	Da una idea de qué otros actores apoyarán la promoción y el desarrollo del producto (triangular respuesta con GQ para el indicador 18).

Pregunta de puntuación SQ 5:

¿Puede el productor/proveedor generar ingresos suficientes por ventas para cubrir los costos de desarrollo del producto, promoción, desarrollo de la cadena de suministro y soporte postventa?

Puntuación para el indicador 5:

Respuesta: SI (VERDE)

- **Regla de puntuación:** Si el productor/proveedor no puede generar ingresos suficientes para cubrir estos costos, el puntaje debe reflejar una necesidad de intervención.

Económico

6 - Mecanismos financieros de apoyo Regulador, inversor, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 6.1	¿Existen subsidios disponibles para CapEx, OpEx o CapManEx de esta tecnología de saneamiento cuando se utiliza a nivel comunitario? Respuesta: Si, en el mantenimiento ¿El gobierno proporciona algún subsidio para servicios de saneamiento o para infraestructura relacionada? Respuesta: Si, en el mantenimiento a través de los eductores para la recolección de lodos	Los subsidios gubernamentales para saneamiento son indicativos del compromiso del gobierno para apoyar la tecnología o el servicio proporcionado por la tecnología.
GQ 6.2	¿Existen subsidios disponibles para CapEx, OpEx o CapManEx si esta tecnología de saneamiento se utiliza solo a nivel doméstico? Respuesta: Si, en el mantenimiento a través de los eductores para la recolección de lodos ¿El gobierno proporciona algún subsidio para CapEx, OpEx o CapManEx para los hogares? Respuesta: Si, en el mantenimiento a través de los eductores para la recolección de lodos	Los subsidios gubernamentales para saneamiento son indicativos del compromiso del gobierno para apoyar la tecnología o el servicio proporcionado por la tecnología.
GQ 6.3	¿Se aplican reglas y precondiciones para subsidiar esta tecnología de saneamiento en particular? Si es así, proporcione detalles. Respuesta: No	Si se otorgan subsidios, se necesitan reglas claras.
GQ 6.4	¿Existen mecanismos financieros viables en la región que permitan a los posibles compradores adquirir esta tecnología de saneamiento, por ejemplo, fondos	Los mecanismos financieros asequibles podrían ser la única forma de permitir que los hogares más pobres compren algunas de las tecnologías de saneamiento, por ejemplo,

GQ	Pregunta guía	Explicación
	rotatorios, cooperativas de ahorro, microfinanzas? Respuesta: Si	utilizando esquemas SACCO o fondos rotatorios.

Pregunta de puntuación SQ 6: SI

¿Están disponibles o se espera que estén disponibles a corto plazo subsidios o financiamiento de apoyo?

Puntuación para el indicador:

Respuesta: SI (VERDE)

Ambiental

7 - Impactos negativos potenciales en el medio ambiente o en el usuario

Usuario, comprador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 7.1	¿Esta tecnología presenta riesgos para el usuario si no se opera o mantiene correctamente? Respuesta: Para el usuario no representa riesgo, pero si para el ambiente. Similar a un pozo séptico. ¿Los usuarios son conscientes de estos riesgos potenciales? ¿Saben cómo gestionarlos? Respuesta: Si	Podrían surgir riesgos, por ejemplo, si los usuarios no limpian las superficies de las letrinas.
GQ 7.2	¿Esta tecnología presenta algún riesgo para el medio ambiente? Respuesta: Si, el mismo que un pozo séptico sin mantenimiento	Los posibles riesgos podrían incluir la contaminación de cuerpos de agua cercanos y fuentes de agua.
GQ 7.3	¿Están los usuarios conscientes de las restricciones sobre el uso de esta tecnología? Respuesta: Si, sobre todo la necesidad de que este accesible al traslado de un camión educor.	Indica si los usuarios están al tanto de restricciones operativas, como límites en la ubicación de instalaciones de almacenamiento de residuos cerca de fuentes de agua y pozos.

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 7.4	¿Existe un mecanismo para informar a los usuarios sobre los riesgos y restricciones asociados con el uso de esta tecnología? Respuesta: Si	Si los usuarios no están conscientes de los riesgos o restricciones, el potencial de impactos negativos será mayor.

Pregunta de puntuación SQ 7: NO

¿Existe un riesgo de que los impactos negativos puedan resultar del uso de esta tecnología de saneamiento?

Puntuación para el indicador 7: Respuesta: VERDE

- **Regla de puntuación:** Si no hay riesgo, use la puntuación **verde**.

Ambiental

8 - Potencial para la producción local del producto y repuestos

Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 8.1	¿Esta tecnología de saneamiento o alguno de sus componentes principales se produce actualmente en el país o incluso a nivel local? Respuesta: SI	Las tecnologías dependientes de importaciones de productores extranjeros corren el riesgo de altos impuestos de importación, control de calidad deficiente y líneas de suministro poco confiables. La producción local ahorra en transporte y emisiones de carbono.
GQ 8.2	¿El proceso utilizado para producir esta tecnología de saneamiento daña potencialmente al medio ambiente de alguna manera? Respuesta: No	Los impactos negativos potenciales podrían incluir la eliminación de productos químicos nocivos utilizados en la producción o el desmonte de grandes áreas de vegetación.
GQ 8.3	¿Es posible producir esta tecnología de saneamiento o repuestos a nivel local en términos de habilidades/capacidades y disponibilidad de talleres? Respuesta: SI	Indica si existe el potencial de crear ingresos o empleo a través de la producción local con el beneficio añadido de un menor consumo de combustible/polución.

Pregunta de puntuación SQ 8:SI

¿Es posible la producción local de esta tecnología a nivel nacional o local? ¿Existe una probabilidad de que la producción de esta tecnología a nivel nacional tenga un impacto negativo en el medio ambiente?

Puntuación para el indicador 8:

SI (VERDE)

Ambiental

9 - Potencial de impactos negativos al ampliar la escala Regulador, inversor, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 9.1	Si esta tecnología de saneamiento se utiliza a gran escala, ¿podrían haber impactos ambientales más amplios que los identificados en el indicador 7? Respuesta: Efectivamente la eliminación insegura de lodos puede ser un riesgo	El uso localizado de la tecnología de saneamiento puede no tener impactos ambientales significativos, pero si se usa a gran escala, podrían ocurrir impactos acumulativos.
GQ 9.2	¿Esta tecnología de saneamiento ofrece beneficios sobre otras tecnologías mediante un menor consumo de combustible o agua, o menor uso de materias primas mientras proporciona el mismo nivel de servicio? Respuesta: No	Las reducciones sustanciales en el consumo de combustible o recursos naturales pueden aportar beneficios ambientales.
GQ 9.3	¿Tiene la tecnología de saneamiento la capacidad para funcionar bajo condiciones variables, como nubes densas, altas temperaturas, humedad relativa baja o alta, sequías, inundaciones o terremotos? Respuesta: Si	Los niveles de servicio podrían verse seriamente afectados durante días o incluso semanas si la tecnología de saneamiento no tiene la capacidad para funcionar bajo condiciones variables.
GQ 9.4	¿Hay agencias u organizaciones a nivel distrital o nacional que monitoreen activamente los impactos ambientales que podrían resultar del uso de esta tecnología, como la disposición de lodos? Respuesta: Si, la EPMAPS y la Secretaría del Ambiente del Municipio del DMQ, sin embargo no de manera activa	La falta de monitoreo por parte de agencias responsables podría significar que los problemas ambientales no se detecten.
GQ 9.5	¿Estas agencias/organizaciones de monitoreo están suficientemente equipadas con habilidades, personal, equipos y financiamiento para monitorear eficazmente cualquier impacto y hacer cumplir medidas correctivas? Respuesta: Si	Las instituciones con habilidades, personal, equipos y financiamiento adecuados deben estar en su lugar para monitorear impactos ambientales y hacer cumplir medidas correctivas si los riesgos ambientales deben ser gestionados adecuadamente.

Pregunta de puntuación SQ 9: SI, pero requiere seguimiento institucional

Si esta tecnología de saneamiento se amplía, ¿podrían haber impactos negativos en el medio ambiente, y hay agencias monitoreando activamente los posibles impactos con un mandato para hacer cumplir acciones correctivas?

Puntuación para el indicador 9: Amarillo

- **Regla de puntuación:** Si no hay riesgo, use la puntuación **verde**.

Legal, institucional, organizacional

10 - Estructuras legales para la gestión de tecnología y la rendición de cuentas

Usuario, comprador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 10.1	¿Está claro quién es responsable del pago del CapEx para instalar esta tecnología de saneamiento, el OpEx para mantenerla funcionando y el CapManEx en caso de un fallo importante? Respuesta: SI ¿Quién es responsable de realizar el O&M? Respuesta: Los usuarios	Los usuarios, gobiernos locales, ONG, agencias externas de apoyo, proveedores de servicios privados y el gobierno nacional pueden tener roles que desempeñar.
GQ 10.2	¿El nivel actual de O&M llevado a cabo en la instalación de saneamiento existente es suficiente para mantener esta tecnología de saneamiento funcionando a largo plazo? Respuesta: SI ¿Se lleva a cabo el mantenimiento preventivo necesario en la actualidad? Respuesta: No	Un mantenimiento preventivo efectivo puede ayudar a prevenir fallas costosas, reduciendo los costos de gestión.
GQ 10.3	¿Con quién debe contactar el usuario o el grupo de usuarios de esta tecnología de saneamiento en caso de un fallo del servicio? Respuesta: Proveedor, Plastigama	Los contactos claros deben ser conocidos por los operadores o usuarios en caso de fallos o mantenimiento importante.
GQ 10.4	Si la estructura de O&M para los servicios de saneamiento actuales no está funcionando, ¿qué arreglos institucionales y financieros se requieren para que funcione? Respuesta: Mayor apoyo por parte de la EPMAPS para proveer del servicio de educadores	¿Cómo podría organizarse mejor el O&M? Por ejemplo, ¿qué apoyo externo necesitan las comunidades para mantener los servicios funcionando?
GQ 10.5	¿Qué tan probable es que el régimen de O&M requerido para mantener este servicio funcionando sea posible dentro del marco legal y regulatorio actual?	¿Existen barreras legales o institucionales para obtener el apoyo necesario para el O&M fuera de la comunidad?

GQ	Pregunta guía	Explicación
	Respuesta: Muy probable	
GQ 10.6	¿La estructura de O&M requerida para esta tecnología puede ser gestionada de manera realista solo por los usuarios? Respuesta: SI	Es útil entender los niveles de dependencia para el O&M y la financiación.

Pregunta de puntuación SQ 10: AMARILLO

Basado en la estructura actual de O&M, ¿la tecnología está siendo gestionada adecuadamente, y se están aplicando buenas prácticas de gobernanza y rendición de cuentas? ¿La estructura de O&M requerida para operar y mantener esta tecnología es factible y sostenible dentro de la comunidad, considerando las capacidades financieras disponibles de los hogares o instituciones financieras?

Puntuación para el indicador 10: AMARILLO

Legal, institucional, organizacional

11 - Regulación legal y requisitos para el registro de productores Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 11.1	¿Es posible para el productor o proveedor de esta tecnología de saneamiento (o de repuestos) operar legalmente sin estar registrado o certificado? Respuesta: No	En algunos países, los productores o proveedores de tecnologías y servicios de saneamiento necesitan estar registrados con agencias gubernamentales. ¿Es este el caso en tu país?
GQ 11.2	¿Existen reglas/leyes gubernamentales claras y específicas para el registro de productores o proveedores de tecnologías de saneamiento? Respuesta: SI	Pueden requerirse licencias para producir o suministrar tecnologías de saneamiento.
GQ 11.3	¿Existen pautas claras para que los productores y proveedores sepan cómo registrarse? Respuesta: Si	Procedimientos claros y bien publicitados para el registro ayudan a garantizar que los productores/proveedores sepan lo que deben hacer para operar legalmente.
GQ 11.4	¿Qué institución tiene un mandato específico para regular la calidad de esta tecnología de saneamiento y el servicio que proporciona? Respuesta: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ¿Esta institución realmente regula la calidad de esta tecnología de saneamiento en la práctica? Respuesta: No ¿Quién puede ser considerado responsable si la producción o instalación de calidad es deficiente? Respuesta: Proveedor	¿Saben los productores/proveedores quién es responsable de regular la calidad de sus tecnologías y servicios?
GQ 11.5	¿Cómo garantizan los productores/proveedores que sus tecnologías y repuestos cumplen con los estándares de producción?	¿Qué controles de calidad tienen implementados los propios productores/proveedores?

GQ	Pregunta guía	Explicación
	Respuesta: El proveedor, Plastigama, cuenta con: Certificaciones de calidad: ISO 9001 calidad, ISO 14001: Medio ambiente; ISO 45001: seguridad y Salud ocupacional; ISRS 6th; clasificación internacional de seguridad. Acreditación ISO/IEC 17025 Laboratorio	
GQ 11.6	¿Existe un proceso para la validación gubernamental de esta tecnología, y es transparente? Respuesta: Si	¿Existen intereses creados relacionados con la validación y adquisición de tecnologías de saneamiento?

Pregunta de puntuación SQ 11: SI

¿La regulación de los productores/proveedores y la calidad de las tecnologías de saneamiento/repuestos que entregan es transparente, se aplica y es efectiva?

Puntuación para el indicador 11: VERDE

Legal, institucional, organizacional

12 - Alineación con estrategias nacionales y procedimientos de validación Regulador, inversor, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 12.1	¿Existen estándares nacionales para este tipo de tecnología de saneamiento? Si es así, ¿esta tecnología de saneamiento cumple con estos estándares? Respuesta: Tiene el potencial de que cumpla con la normativa, sin embargo, desde la EPMAPS no se ha comprobado ni promocionado ningún sistema de saneamiento fuera del convencional. Es necesario anotar que la EPMAPS a través de la Gerencia del Ambiente en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) se ha planificado la ejecución de un estudio para implementar el saneamiento sostenible en el DMQ, incluyendo SbNs, entre las que se considerará a los Biotanques Sépticos. En entrevista con al Gerente del Ambiente de EPMAPS, Viviana Muñoz se ha manifestado que este estudio de alternativas de saneamiento para áreas como el Chocó Andino abrirá las puertas a la Empresa para invertir en estas tecnologías una vez que se haya comprobado su efectividad y cumplimiento de la normativa ambiental. Por lo que es importante la gestión conjunta con las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS) puesto que la empresa pueda colaborar y fortalecer a los prestadores comunitarias (JAAPS) más no invertir en infraestructura en predios privados. ¿Esta tecnología entra en conflicto con alguna ley o directriz? Respuesta: No	Si la tecnología de saneamiento no está en línea con políticas o estándares nacionales, será necesario un caso sólido para obtener la aprobación del gobierno o del Buró de Normas.

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 12.2	¿Cuál es el proceso nacional para obtener la validación y aprobación de esta tecnología? Respuesta: Obtención de normas técnicas INEN	Pregunte al regulador/inversor/facilitador para describir este proceso. Por lo general, este es un tema nacional.
GQ 12.3	¿El diseño de esta tecnología puede adaptarse a las condiciones locales o es rígido debido a patentes? Respuesta: No, pero puede ser complementado con otros sistemas (humedal artificial) sin interferir en su operación	Este es un tema importante que a menudo se pasa por alto: ¿la tecnología está patentada o es de dominio público?
GQ 12.4	¿Qué institución tiene un mandato específico para regular la calidad de esta tecnología de saneamiento y el servicio que proporciona? Respuesta: La Secretaría del Ambiente en lo que es descarga del agua. Y en el caso que se requiera aprovechamiento del agua para riego la autorización debe darla la Agencia Reguladora de Control para el Agua (ARCA) ¿Esta institución realmente regula la calidad de esta tecnología? Respuesta: SI ¿Quién puede ser considerado responsable si la calidad es deficiente? Respuesta: El proveedor	Esta pregunta se formuló intencionalmente para permitir la triangulación con la respuesta proporcionada por el productor/proveedor bajo el indicador 11.
GQ 12.5	¿Existen reglas o directrices para decidir y definir qué estructura de O&M es más apropiada para esta tecnología en este contexto? Respuesta: SI	¿Cuáles son las reglas que definen las estructuras de O&M?
GQ 12.6	¿Esta agencia de control tiene suficiente capacidad y recursos para seguir el control de calidad y hacer cumplir las regulaciones? Respuesta: SI	¿Hay ejemplos de esta agencia ejerciendo su autoridad en relación con tecnologías similares?

Pregunta de puntuación SQ 12:

¿Esta tecnología está alineada con los estándares y estrategias nacionales, y cumple con los estándares nacionales de calidad? ¿Existen capacidades suficientes a nivel nacional y local para ejercer control de calidad sobre esta tecnología?

Puntuación para el indicador 12; VERDE

- **Regla de puntuación:** Si la tecnología no está alineada con políticas y estándares, la puntuación debe ser **roja**.

Habilidades y conocimiento

13 - Conjunto de habilidades del usuario u operador para gestionar la tecnología, incluyendo O&M

Usuario, comprador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 13.1	¿Están los usuarios, cuidadores y mecánicos locales familiarizados con este tipo de tecnología de saneamiento, y saben cómo usarla, operarla y mantenerla? Respuesta: SI, salvo la colocación de las pastillas de cloro. ¿Saben cómo verificar si se necesita mantenimiento o reparaciones? Respuesta: Si con revisión visual	¿Qué tan seguros están aquellos encargados de gestionar esta tecnología de que pueden hacerlo?
GQ 13.2	¿Es necesaria una capacitación inicial intensiva para usuarios, cuidadores y mecánicos locales o proveedores de servicios para el adecuado O&M de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: No	Esto requerirá recursos por parte del proveedor o facilitador.
GQ 13.3	¿Tienen los usuarios, cuidadores o mecánicos las capacidades técnicas para llevar a cabo el O&M de esta tecnología de saneamiento? ¿Qué hay de sus capacidades de gestión para administrarla? ¿Tienen las herramientas adecuadas? Respuesta: Si	Si se necesitan reparaciones menores, ¿pueden realizarlas los usuarios, compradores, cuidadores o mecánicos locales?
GQ 13.4	¿Quién es responsable de organizar y proporcionar la capacitación necesaria sobre O&M y gestión? Respuesta: El proveedor ¿Existen capacidades y recursos suficientes para llevar a cabo una capacitación de seguimiento? Respuesta: Si	La capacitación de seguimiento es importante, ya que las personas cambian y las habilidades se pierden.
GQ 13.5	Si ha habido una capacitación inicial de los usuarios, ¿ha habido un seguimiento, por ejemplo, después de 6 meses? Respuesta: Todavía no	La necesidad de capacitación de seguimiento a menudo se descuida.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	¿Cuándo se llevará a cabo la próxima capacitación de seguimiento y quién la proporcionará? Respuesta: Al momento de la instalación	

Pregunta de puntuación SQ 13: SI

Basado en el nivel actual de habilidades y capacidad dentro del grupo objetivo de usuarios, ¿podrán los usuarios, cuidadores o mecánicos locales gestionar la tecnología de saneamiento y proporcionar O&M de forma regular?

Puntuación para el indicador 13: VERDE

Habilidades y conocimiento

14 - Nivel de habilidades técnicas y empresariales

Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 14.1	¿El productor/proveedor de esta tecnología de saneamiento tiene suficientes habilidades empresariales, técnicas y de promoción para operar de manera competitiva y rentable en el mercado? Respuesta: SI	Se necesitan habilidades específicas para la introducción de la tecnología; triángule esta respuesta con los indicadores 2 y 5.
GQ 14.2	¿Es necesario capacitar a proveedores de servicios adicionales para apoyar el O&M de esta tecnología de saneamiento o proporcionar servicios requeridos, por ejemplo, para deslodar letrinas? Respuesta: NO	Se necesitan habilidades específicas para realizar el O&M adecuado de algunas tecnologías de saneamiento. Estos servicios pueden estar estigmatizados, por lo que la capacitación de estos proveedores de servicios requiere esfuerzos específicos.
GQ 14.3	¿El productor/proveedor necesita apoyo externo para definir y desarrollar estas competencias? Respuesta: NO	¿Quién puede proporcionar apoyo para cubrir la brecha de habilidades?
GQ 14.4	¿Existe un proveedor de capacitación local que pueda proporcionar habilidades empresariales, técnicas y de promoción a nivel local? SI	¿El apoyo está disponible localmente?

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 14.5	¿El productor/proveedor tiene habilidades adecuadas para los servicios postventa de esta tecnología de saneamiento? SI	Los servicios postventa pueden ser necesarios además de la cadena de suministro de repuestos, etc.

Pregunta de puntuación SQ 14: SI

¿El productor/proveedor de esta tecnología tiene suficientes habilidades técnicas y empresariales para introducir esta tecnología utilizando un modelo de costos que garantice tarifas competitivas, asequibles pero también rentables?

Puntuación para el indicador 14: VERDE

Habilidades y conocimiento

15 - Capacidad del sector para validación, introducción de tecnologías y seguimiento Regulador, inversor, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 15.1	¿El sector de saneamiento nacional y local/distrital tiene capacidad suficiente para coordinar las actividades de los diferentes actores que podrían estar involucrados en el proceso de introducción de tecnologías de saneamiento? Respuesta: SI	¿El gobierno o la sociedad civil poseen capacidades adecuadas de coordinación?
GQ 15.2	¿Existen suficientes capacidades institucionales y recursos financieros a nivel nacional para proporcionar asesoramiento técnico y seguimiento a la introducción de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: SI	Aquí el enfoque está en las capacidades y recursos a nivel nacional para el asesoramiento técnico y el seguimiento en la introducción de tecnologías.
GQ 15.3	¿Existen suficientes capacidades institucionales y recursos financieros a nivel distrital para proporcionar asesoramiento técnico y seguimiento a la introducción de esta tecnología de saneamiento (puede ser también una ONG local)? Respuesta: SI	El enfoque específico aquí está en las capacidades y recursos a nivel distrital para el asesoramiento técnico y el seguimiento en la introducción de tecnologías.
GQ 15.4	¿Existen suficientes capacidades institucionales y recursos financieros a nivel local y nacional que permitan la gestión, coordinación, M&E y documentación del proceso de introducción de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: SI	Aquí el enfoque está en la capacidad a nivel nacional para planificar y gestionar un proceso de introducción.
GQ 15.5	¿Cómo y dónde pueden los compradores potenciales acceder a información imparcial sobre tecnologías de saneamiento nuevas y existentes de este tipo? Respuesta: EPMAPS, Secretaría del Ambiente	Si una tecnología de saneamiento va a ser escalable, es importante que los compradores potenciales puedan acceder a información detallada sobre ella.

Pregunta de puntuación SQ 15: SI

¿Son las capacidades actuales y los recursos financieros a nivel nacional y distrital suficientes para proporcionar asesoramiento técnico adecuado y apoyo para la introducción de esta tecnología de saneamiento, incluyendo la coordinación, gestión, M&E, investigación de mercado y seguimiento?

Puntuación para el indicador 15: VERDE

Tecnológico

16 - Fiabilidad de la tecnología y satisfacción del usuario

Usuario, comprador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 16.1	¿Los usuarios aprecian el nivel de servicio esperado/proyectado que se proporciona con esta tecnología de saneamiento? Respuesta: SI	Pregunta qué tan bien esta tecnología de saneamiento cumpliría con las expectativas de los usuarios.
GQ 16.2	¿El usuario puede confiar en el rendimiento adecuado de esta tecnología de saneamiento en cada temporada del año? Respuesta: SI	Pregunta sobre el nivel de robustez para funcionar incluso si las condiciones han cambiado.
GQ 16.3	¿Puede esta tecnología de saneamiento ser utilizada por todos los usuarios objetivo, en particular mujeres, niños y también personas mayores o discapacitadas? Respuesta: SI	Destaca qué tan inclusivo es el diseño del producto.
GQ 16.4	Si esta tecnología de saneamiento falla, ¿pueden los usuarios, los grupos de usuarios o su cuidador reparar la tecnología ellos mismos basándose en la capacitación recibida o solo con apoyo externo como mecánicos? Respuesta: NO	Se enfoca en el nivel de capacidad de reparación de esta tecnología de saneamiento por parte de los usuarios; permite la triangulación con el indicador 13.
GQ 16.5	¿Hay algún componente de esta tecnología que pueda no funcionar correctamente en el contexto local, basándose en experiencias con tecnologías comparables? ¿Qué parte debería mejorarse? ¿Cómo debería mejorarse en detalle? Respuesta: En el caso que el tanque colapse debe ser cerrado, no podría ser reparado, lo cual podría ser una forma de mejoramiento en el diseño	Pregunta por áreas específicas de mejora en el diseño técnico.

Pregunta de puntuación SQ 16: SI

Considerando todos los grupos de usuarios, ¿cuál es el nivel actual/esperado de satisfacción del usuario con respecto al rendimiento actual/proyectado de esta tecnología de saneamiento?

Puntuación para el indicador 16: VERDE

Tecnológico

17 - Cadenas de suministro viables para tecnología, repuestos y servicios Productor, proveedor

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 17.1	¿Cómo se entregan físicamente esta tecnología de saneamiento y repuestos a los usuarios/compradores? Respuesta: A la directiva de la comunidad ¿Alguien más está involucrado en la entrega además del productor/proveedor? Respuesta: NO	Los detalles sobre quién es responsable de la construcción también son útiles.
GQ 17.2	¿La cadena de suministro prevista es viable en el contexto actual, por ejemplo, en asentamientos dispersos en áreas remotas? ¿La cadena de suministro prevista parece viable para esta tecnología de saneamiento en el entorno legal y de mercado actual? Respuesta: SI,	¿La cadena de suministro parece viable y sostenible actualmente?
GQ 17.3	¿Existen minoristas y cadenas de suministro ya establecidos para otras tecnologías de saneamiento, que podrían convertirse en la cadena de suministro para esta tecnología también? Respuesta: SI	¿Qué opciones existen para la distribución de repuestos?
GQ 17.4	¿Cuál es la vida útil del diseño de esta tecnología si se usa de acuerdo con las instrucciones? Respuesta: 50 años ¿Qué partes o componentes necesitan ser reemplazados dentro de un año de operación? Respuesta: Las pastillas de cloro	Los usuarios deben ser conscientes de cuándo será necesario reemplazar componentes.
GQ 17.5	¿Los usuarios objetivo han estado involucrados en el desarrollo de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: No	Por lo general, la participación temprana de los usuarios objetivo ayuda a mejorar significativamente una tecnología de saneamiento.

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 17.6	¿Existe algún mecanismo para capturar la retroalimentación de los usuarios, documentar ideas para un mayor desarrollo del producto y planificar un seguimiento específico? Respuesta: Si, mediante asamblea y a través de la directiva	Capturar retroalimentación es esencial, pero a menudo no hay un mecanismo en marcha para hacerlo.

Pregunta de puntuación SQ 17: SI

¿Existen cadenas de suministro viables o se pueden desarrollar para esta tecnología de saneamiento y sus repuestos en esta región objetivo? ¿Y existe algún mecanismo para dar seguimiento a los usuarios después de la introducción de la tecnología?

Puntuación para el indicador 17: SI, VERDE

Tecnológico

18 - Mecanismos de apoyo para ampliar la tecnología

Regulador, inversor, facilitador

Escenario: Saneamiento - Existente - General

GQ	Pregunta guía	Explicación
GQ 18.1	¿Hay artesanos, emprendedores o contratistas a nivel local o nacional con capacidades y recursos financieros interesados en apoyar el desarrollo, introducción y ampliación de esta tecnología de saneamiento? Respuesta: Si	Las condiciones de apoyo que lleven a un vibrante sector privado local ayudarán a respaldar la introducción.
GQ 18.2	¿Existen programas gubernamentales o mecanismos financieros que respalden al productor en el desarrollo e introducción de esta tecnología de saneamiento, por ejemplo, un fondo para WASH o innovación en tecnologías de saneamiento? Respuesta: Si, fondo ambiental y cooperación internacional AECID-EPMAPS	La introducción de una tecnología puede acelerarse si se integra en programas gubernamentales, como un proyecto específico de saneamiento/higiene o un programa de innovación. El gobierno puede eximir productos específicos de impuestos.
GQ 18.3	¿Existen terceros, como socios de desarrollo, redes de conocimiento o ONG internacionales con financiamiento a largo plazo, que puedan asumir y apoyar el desarrollo, prueba piloto e introducción de esta tecnología de saneamiento, y	Los socios de desarrollo son actores importantes para respaldar la innovación e investigación en tecnologías WASH. La pregunta es más de naturaleza general que específica para esta tecnología de saneamiento.

GQ	Pregunta guía	Explicación
	estructurar el aprendizaje sobre este tipo de tecnología? Respuesta: Si, AECID y Fondo Ambiental del Municipio de Quito	

Pregunta de puntuación SQ 18:

¿Cuál es el nivel de estructuras de apoyo para esta tecnología de saneamiento, en particular para financiar más innovación y desarrollo, superar el "Valle de la Muerte" y alcanzar el punto de inflexión (ver Manual TAF)?

Puntuación para el indicador 18: VERDE

CONCLUSIONES

Este estudio confirma que el Biotanque Séptico Integrado **SÍ** es viable como solución de saneamiento sostenible para Yunguilla, pero con condiciones específicas que deben cumplirse para garantizar su éxito a largo plazo. Los resultados obtenidos evidencian que, si bien esta tecnología puede satisfacer las necesidades de saneamiento de la comunidad y mitigar los impactos ambientales, su implementación exitosa depende del cumplimiento de diversos requisitos técnicos, socioeconómicos y institucionales. En este contexto, se exponen a continuación los principales hallazgos del estudio, junto con las limitaciones identificadas y las recomendaciones propuestas, los cuales en conjunto delinearán las condiciones necesarias para asegurar la sostenibilidad y la eficacia de la solución propuesta.

- Principales hallazgos

La evaluación integral realizada mediante el TAF confirmó que el Biotanque Séptico Integrado es, en términos generales, viable como solución de saneamiento para la comunidad rural de Yunguilla. En particular, se comprobó una alta pertinencia técnica y ambiental de esta tecnología en el contexto local: el biotanque séptico integrado mejora el tratamiento de aguas residuales con bajo impacto ecológico y operación sencilla, alineándose con las necesidades y capacidades de la comunidad. Este hallazgo concuerda con la literatura sobre tecnologías apropiadas, que destaca la eficacia de sistemas compactos y de fácil operación en entornos rurales de difícil acceso. La comunidad de Yunguilla, situada en un área protegida y de baja densidad poblacional (~250 habitantes dispersos), enfrenta limitaciones severas para soluciones convencionales —como alcantarillado centralizado— debido a los altos costos y a la geografía accidentada. En este escenario, el biotanque séptico integrado emergió como opción factible,

al adaptarse a dichas condiciones y evitar los impactos ambientales y económicos que acarrearía la infraestructura tradicional.

No obstante, el estudio evidenció que la viabilidad del biotanque está condicionada por factores económicos e institucionales, los cuales resultaron ser las dimensiones más críticas en la evaluación TAF. Por un lado, el alto costo inicial de implementación excede la capacidad financiera local, constituyendo el obstáculo principal para su adopción. Sin apoyo externo o subsidios, la comunidad difícilmente podría asumir la inversión requerida, situación que refleja la realidad de muchas comunidades rurales con recursos limitados. Por otro lado, existen importantes desafíos institucionales y normativos: cumplir con la regulación ambiental vigente y asegurar el respaldo interinstitucional necesario se perfilan como condiciones indispensables para el éxito del proyecto. La legislación hídrica ecuatoriana, por ejemplo, impone restricciones al uso y reutilización de aguas residuales tratadas si no se garantizan ciertos estándares, lo que puede dificultar la implementación local de tecnologías innovadoras. Este marco normativo exige la coordinación con autoridades estatales y sectoriales para validar la solución propuesta, de modo que el biotanque opere dentro de la legalidad y cuente con soporte institucional para su mantenimiento a largo plazo. En suma, la respuesta a la pregunta de investigación indica que sí, la tecnología es aplicable en Yunguilla, pero su adopción sostenible dependerá de superar las barreras económicas (financiamiento) e institucionales (alianzas y adecuaciones normativas) identificadas.

En cuanto a la dimensión social, los hallazgos sugieren una actitud favorable pero cautelosa de la comunidad hacia el biotanque. La necesidad de mejorar el saneamiento es reconocida en Yunguilla, lo que implica una demanda latente por soluciones más eficientes. Durante el proceso participativo, se observó apertura inicial a la tecnología; sin embargo, la aceptación comunitaria no está garantizada y puede depender de la sensibilización y

capacitación que se brinde. Esto coincide con estudios recientes sobre saneamiento “verde” que resaltan la importancia de manejar las expectativas y percepciones de los usuarios mediante programas educativos, pues los cambios de comportamiento son críticos para el éxito de sistemas novedosos. En otras palabras, aunque no se identificaron objeciones culturales de fondo al biotanco, será necesario involucrar activamente a la población en su implementación, asegurando que comprendan sus beneficios y participen en el monitoreo y mantenimiento del sistema para lograr una adopción duradera. Solo integrando estos aspectos sociales y organizativos –tal como señala la literatura sobre enfoques participativos en WASH– se podrá traducir la viabilidad técnica del biotanco en sostenibilidad real a largo plazo.

En síntesis, los principales hallazgos de la investigación responden afirmativamente a la pregunta planteada: el Biotanco Séptico Integrado puede ser una solución de saneamiento sostenible en Yunguilla, siempre que se atiendan las condiciones identificadas. El análisis multidimensional TAF permitió determinar que la tecnología funciona técnicamente y se adapta al entorno natural, al tiempo que satisface una necesidad social urgente de la comunidad. Al combinar estos resultados con la revisión de literatura, se refuerza la conclusión de que las tecnologías descentralizadas apropiadas –como el biotanco– son viables en zonas rurales ambientalmente sensibles, pero requieren un entorno habilitante: financiamiento adecuado, apoyo institucional y gestión comunitaria informada. Esta conclusión integra la evidencia empírica local con el conocimiento global en saneamiento rural, brindando una visión completa de la pertinencia y los retos de implementar el Biotanco Séptico Integrado en Yunguilla.

- Limitaciones del estudio

Al interpretar estos hallazgos, es importante reconocer las limitaciones del estudio que pueden haber influido en los resultados. En primer lugar, el alcance territorial y poblacional fue

enfocado: la investigación se circunscribió exclusivamente a la comunidad de Yunguilla, con una muestra reducida de participantes locales en las evaluaciones. Dado que Yunguilla es una comunidad pequeña y particular (por su estatus de área protegida y su modelo de turismo comunitario), la generalización de los resultados a otras localidades debe hacerse con precaución. Los factores de viabilidad identificados –por ejemplo, la crítica situación financiera o el marco institucional– podrían manifestarse de forma distinta en comunidades con mayor población, diferentes dinámicas sociales o en áreas no protegidas. Por tanto, el estudio se limita en su representatividad a contextos similares al de Yunguilla. Asimismo, el perfil de los participantes en el análisis TAF (miembros de la comunidad y actores locales) podría no haber abarcado todas las perspectivas demográficas; por ejemplo, es posible que no se haya capturado plenamente la opinión de grupos etarios muy jóvenes o muy mayores sobre la tecnología, lo cual sugiere una ventana de sesgo en la información recabada.

En segundo lugar, existen limitaciones metodológicas inherentes al enfoque empleado. La aplicación del marco TAF, si bien proporcionó una visión estructurada y multicriterio, conlleva cierto grado de subjetividad. Las puntuaciones y valoraciones de cada indicador dependieron de las percepciones y conocimiento de los participantes locales, guiados por el facilitador. A pesar de haberse seguido las guías estandarizadas del TAF, la evaluación cualitativa de criterios (ej. aceptación social, capacidad institucional, etc.) puede variar según la interpretación y franqueza de los actores involucrados. En comunidades con recursos limitados o poca experiencia en ejercicios participativos, este proceso de evaluación puede ser desafiante, pudiendo haberse producido sesgos de información o entendimiento parcial de algunas preguntas. Por ejemplo, ciertos aspectos técnicos o legales complejos pudieron no ser plenamente comprendidos por todos los participantes, afectando la calificación otorgada a esos criterios. Esta dependencia en datos subjetivos implica que los resultados del TAF no son

absolutamente precisos, sino aproximaciones informadas que deben complementarse con evidencia adicional.

Otro aspecto a considerar es la limitación en la comprobación empírica. El estudio se basó principalmente en análisis documental, consultas a partes interesadas y evaluaciones teóricas de viabilidad, sin desarrollar un proyecto piloto físico del biotank en la comunidad. Por ende, no se obtuvieron datos directos de desempeño in situ (por ejemplo, mediciones de calidad de efluentes, tasas reales de remoción de contaminantes en campo o nivel de uso efectivo por los habitantes). La ausencia de un ensayo práctico implica que las proyecciones de impacto ambiental y funcionamiento se apoyan en información secundaria (fichas técnicas del fabricante, experiencias referenciales en otros sitios) más que en resultados medidos localmente. Del mismo modo, aspectos como la dinámica de uso y mantenimiento cotidiano del sistema, o eventuales dificultades de instalación en terreno real, no pudieron observarse dentro del alcance de este trabajo. Estos vacíos empíricos limitan la certeza con la que pueden extrapolarse los beneficios y desafíos identificados: es distinto anticipar, por ejemplo, que el biotank alcanzará cierto rendimiento depurador en teoría, a verificarlo operando bajo las condiciones específicas de Yunguilla.

Adicionalmente, se reconoce que la información de base disponible presentó algunas restricciones. Si bien se recopiló bibliografía actual y relevante, en ámbitos específicos (como datos recientes de calidad de agua local, o experiencias documentadas de saneamiento en comunidades análogas) la información fue escasa o dispersa. Algunos documentos clave usados para contextualizar –por ejemplo, el Plan de Manejo de Yunguilla de 2011– tienen más de una década de antigüedad, lo que pudo implicar que ciertos datos (p. ej., crecimiento poblacional, estado actual de ecosistemas) no reflejen a cabalidad la situación presente. No obstante, se complementó con fuentes más recientes siempre que fue posible (e.g., estudios de 2023) para

mitigar este efecto. En cuanto a la revisión de literatura, si bien se incluyeron fuentes tanto nacionales como internacionales, el corpus de estudios específicos sobre biotankes integrados en Ecuador es muy limitado, dado lo novedoso de la tecnología en el país. Esta carencia de antecedentes locales supuso que varios supuestos en el análisis debieran apoyarse en extrapolaciones de contextos externos o en información proporcionada por el desarrollador de la tecnología, lo cual constituye otra limitación en el rigor de la evaluación.

Finalmente es pertinente señalar, tal y como se realizó en una nota aclaratoria en la metodología de este documento, que dado que en este estudio se trata sobre una tecnología (biotankes séptico integrado) donado por el autor en colaboración con Plastigama WAVIN, existe un potencial sesgo hacia resultados favorables, a pesar de haber mantenido rigurosidad en la ejecución de este estudio.

En resumen, las principales limitaciones del estudio radican en su escala reducida, enfoque metodológico cualitativo-subjetivo y falta de validación práctica, además de ciertas restricciones en la información disponible. Si bien estas limitaciones no invalidan los hallazgos, sí acotan el alcance de las conclusiones y sugieren prudencia al momento de transferir las lecciones de Yunguilla a situaciones más generales. Reconocer estas fronteras es fundamental para ubicar los aportes de la investigación en su justa dimensión y para orientar los pasos siguientes en investigación y aplicación.

- Importancia del estudio

Pese a las limitaciones mencionadas, esta investigación reviste una gran importancia por varios motivos. En primer lugar, responde a un problema crítico de saneamiento rural en un contexto de alta sensibilidad ecológica. Yunguilla, enclavada en el Chocó Andino (Reserva de Biosfera), carecía de alternativas sostenibles de tratamiento de aguas residuales, lo cual ponía

en riesgo tanto la salud pública de sus habitantes como la integridad de un entorno biodiverso de valor internacional. En este sentido, el estudio ofrece una solución concreta y adaptada a dichas condiciones: la introducción del Biotanque Séptico Integrado representa una alternativa de saneamiento innovadora frente a la infraestructura convencional inviable. Esto es significativo porque demuestra en la práctica cómo los principios del saneamiento sostenible y las tecnologías apropiadas pueden materializarse en comunidades rurales, contribuyendo a cerrar la brecha histórica que las separa de los servicios urbanos. Al validar técnicamente la opción del biotanque y evaluar sus requerimientos de adopción, la investigación aporta evidencia para diversificar el paradigma predominante en políticas de agua y saneamiento, que tradicionalmente ha privilegiado soluciones centralizadas. En otras palabras, el estudio cuestiona la presunción de que el alcantarillado convencional es la única vía para garantizar saneamiento de calidad, y confirma que existen alternativas descentralizadas viables que pueden brindar iguales o mejores beneficios ambientales y sociales en entornos rurales dispersos.

En segundo lugar, la relevancia del estudio se manifiesta en quiénes se benefician de sus hallazgos. La comunidad de Yunguilla es la beneficiaria directa más evidente: los resultados le proveen un diagnóstico claro de su situación sanitaria y una hoja de ruta hacia una posible solución, sentando las bases para mejorar su calidad de vida. De implementarse el biotanque u otra intervención derivada de este análisis, los habitantes podrían ver reducciones en la contaminación hídrica local, disminución de riesgos sanitarios (menos enfermedades de origen hídrico) y un entorno más limpio propicio para sus actividades productivas (p. ej., el ecoturismo). Pero más allá de Yunguilla, otras comunidades rurales con características similares (baja densidad poblacional, riqueza natural protegida, acceso limitado a infraestructura) podrán beneficiarse de este estudio como caso modelo. Las lecciones

aprendidas en cuanto a evaluación de tecnologías, participación comunitaria y articulación institucional sirven de referente para localidades que enfrenten desafíos análogos. En efecto, el trabajo propone un marco replicable: tanto la metodología TAF empleada como los criterios identificados pueden aplicarse en evaluaciones en otras parroquias del Chocó Andino u regiones comparables, guiando a técnicos y planificadores en la selección de soluciones de saneamiento adecuadas.

Asimismo, el estudio tiene implicaciones valiosas para el ámbito académico y profesional de la gestión del agua y saneamiento. En el plano científico, llena un vacío en la literatura local al generar conocimiento original sobre la viabilidad de tecnologías de saneamiento emergentes en el Ecuador rural. Hasta donde se tiene registro, no existían evaluaciones documentadas del Biotanque Séptico Integrado en comunidades de la Sierra norcentral; esta tesis por tanto inaugura una línea de investigación y sienta un precedente que futuras investigaciones podrán comparar, refinar o ampliar. En el plano aplicado, los hallazgos orientan la toma de decisiones de actores clave: autoridades municipales y entidades proveedoras de servicios (como EPMAPS) obtienen insumos técnicos y sociales para considerar alternativas descentralizadas en sus planes (por ejemplo, identificar dónde tecnologías como el biotanque podrían incorporarse dentro de estrategias de saneamiento rural). Igualmente, organismos de cooperación y ONGs dedicadas al desarrollo comunitario encuentran en este estudio datos y análisis que resaltan la importancia del acompañamiento institucional y financiero para implementar soluciones innovadoras de saneamiento, lo cual puede guiar la focalización de futuros proyectos y fondos.

En términos de aporte conceptual, esta investigación reafirma un enfoque holístico del saneamiento rural. Al evaluar simultáneamente dimensiones técnicas, ambientales, sociales, económicas e institucionales, el estudio pone de relieve que el saneamiento no debe entenderse

como la mera construcción de obras físicas, sino como un ejercicio multidimensional que involucra la dignidad humana, la sostenibilidad ecológica y la organización comunitaria. Este mensaje es especialmente importante en el contexto del derecho humano al agua y saneamiento, consagrado en la normativa ecuatoriana e internacional. La tesis aporta evidencia de cómo materializar ese derecho en comunidades rurales de manera sostenible, ayudando a confirmar presunciones fundamentales (por ejemplo, que el acceso al saneamiento puede lograrse con soluciones alternativas cuando el esquema convencional falla) y a cambiar otras (por ejemplo, la noción de que las comunidades rurales no adoptarían nuevas tecnologías: aquí se muestra que, con la apropiada socialización y apoyo, sí pueden hacerlo). En suma, la importancia del estudio radica en que articula datos locales con objetivos globales: contribuye a garantizar condiciones básicas de salud y ambiente para poblaciones vulnerables, mientras abre caminos de innovación en el campo del saneamiento rural sostenible.

- Recomendaciones para investigaciones futuras

Derivado de los hallazgos y limitaciones de este trabajo, se proponen varias recomendaciones para orientar futuras investigaciones en esta temática:

- Ampliar la evidencia empírica mediante proyectos piloto: Es prioritario diseñar e implementar un piloto del Biotanque Séptico Integrado en Yunguilla u otra comunidad similar, que permita monitorear en terreno el desempeño de la tecnología a mediano y largo plazo. Un estudio de este tipo debería recoger datos cuantitativos de calidad de efluentes, tasas de remoción de contaminantes y comportamiento hidráulico, así como observaciones sobre el uso real por parte de la comunidad (frecuencia de mantenimiento, cumplimiento de rutinas, etc.). Esto no solo validaría (o refinaría) las proyecciones hechas en esta tesis, sino que generaría información científica sobre la eficacia y resiliencia del sistema bajo condiciones locales específicas. Idealmente,

dichos pilotos podrían desarrollarse con apoyo de instituciones como universidades o financiadores internacionales, asegurando un seguimiento técnico riguroso.

- Explorar mecanismos de financiamiento y modelos de gestión: Dado que la sostenibilidad económica emergió como un factor crítico, futuras investigaciones deberían indagar formas innovadoras de costear la implementación y operación de tecnologías como el biotanque en comunidades de escasos recursos. Esto puede incluir estudios de viabilidad sobre subsidios cruzados, microcréditos, fondos ambientales o alianzas público-comunitarias que alivien la carga financiera local. Asimismo, sería valioso investigar modelos de gestión comunitaria del saneamiento: por ejemplo, evaluar cómo Juntas de Agua u organizaciones locales podrían encargarse de la administración del biotanque, qué capacitación y estructura requieren, y qué marcos legales serían necesarios para formalizar su rol. Comparativas con casos exitosos (nacionales o internacionales) de gestión descentralizada de saneamiento podrían ofrecer lecciones aplicables a Yunguilla y el Chocó Andino.
- Evaluar la aceptabilidad social y estrategias de educación: Profundizando en la dimensión social, se recomienda llevar a cabo investigaciones focalizadas en la percepción y cambio de comportamiento de la población frente a nuevas tecnologías de saneamiento. Por ejemplo, estudios sociológicos o antropológicos podrían determinar qué factores fomentan o inhiben la aceptación comunitaria del biotanque (o de alternativas similares), considerando elementos culturales, nivel educativo, demostraciones prácticas, etc. Ensayos con diferentes enfoques de educación sanitaria participativa serían útiles para identificar las metodologías más eficaces de involucramiento comunitario. Este conocimiento ayudaría a diseñar campañas de

sensibilización más acertadas y a fortalecer el componente social en proyectos de saneamiento rural, incrementando las probabilidades de adopción exitosa.

- Analizar el entorno institucional y normativo a mayor profundidad: Otra línea de investigación necesaria es la que aborde cómo adaptar o flexibilizar las políticas públicas para incentivar la introducción de tecnologías de saneamiento no convencionales en áreas rurales. Estudios jurídicos y de políticas públicas podrían examinar, por un lado, los obstáculos regulatorios vigentes –como las restricciones identificadas en la Ley de Recursos Hídricos– y, por otro, proponer reformas o directrices que habiliten la gestión comunitaria del saneamiento sin menoscabar la protección ambiental. También sería pertinente investigar el rol de las instituciones locales y nacionales en la escalabilidad de estas soluciones: ¿qué arreglos interinstitucionales y de gobernanza son óptimos para replicar proyectos de biotancoque integrado en múltiples comunidades? Abordar estas preguntas ayudaría a crear un marco habilitante más sólido, donde iniciativas tecnológicas innovadoras puedan prosperar con el respaldo oficial necesario.
- Comparar alternativas tecnológicas complementarias: Si bien este estudio se centró en el Biotancoque Séptico Integrado, futuras investigaciones podrían evaluar otras soluciones de saneamiento sostenible aplicables en contextos como Yunguilla. Por ejemplo, comparar el desempeño, costos y aceptación de tecnologías como humedales construidos, biodigestores anaerobios, biofiltros u otras unidades compactas existentes en el mercado. Un análisis comparativo multidimensional ayudaría a afinar la selección tecnológica según las prioridades locales (sea máxima remoción de contaminantes, facilidad de operación, aprovechamiento de subproductos, etc.). Del mismo modo, podría investigarse la combinación de técnicas –por ejemplo, pre-tratamientos con

biotanques seguidos de filtración natural adicional– para lograr estándares más altos de depuración aptos para la reutilización segura del agua, explorando así rutas de economía circular en la comunidad.

En conclusión, las investigaciones futuras deberían profundizar y expandir los conocimientos sentados por esta tesis, pasando de la evaluación teórica a la implementación práctica monitoreada, y abordando las incógnitas económico-institucionales y socioculturales que quedaron evidenciadas. Tales estudios complementarios fortalecerán la base de evidencia en torno al saneamiento rural sostenible en el Ecuador y la región, beneficiando tanto a tomadores de decisión como a las propias comunidades. Solo mediante un esfuerzo continuo de investigación y desarrollo –que incluya pruebas de campo, evaluaciones longitudinales y análisis interdisciplinarios– se podrá consolidar el camino hacia soluciones de saneamiento equitativas, apropiadas y duraderas para Yunguilla y otras poblaciones rurales que comparten su desafío.

REFERENCIAS

- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (Eds.). (2010). *Sick water? The central role of wastewater management in sustainable development*. United Nations Environment Programme & UN-Habitat.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4.^a ed.). SAGE Publications.
- EAWAG. (2014). *Compendio de tecnologías de saneamiento*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology.
- EPMAPS. (2023). *Memoria de Sostenibilidad 2023 EPMAPS – Agua de Quito*. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- EPMAPS. (2024). *Estrategia para la Descontaminación de los Ríos de Quito* [Folleto corporativo]. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- EPMAPS. (2025). *Certificación PAC 001-2025 y Plan Anual de Contrataciones Inicial 2025*. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- Fondo de Soluciones Basadas en la Naturaleza. (2023). *Mecanismos de financiamiento para SBN*. Autor.
- Kaiser, M., Smith, S., Gómez, A., & Patel, R. (2023). *Social acceptability and household expectations of green sanitation systems*. *Environmental Research Letters*, 15(2), 1525. <https://doi.org/10.1088/17489326/acb123>
- Martí-Herrero, J. (2015). *Biodigestores tubulares*. Editorial XYZ.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE.
- Olschewski, A. (2013a). *TAF (Step 0): Manual. Read me first!* WASHTech Project.
- Olschewski, A. (2013b). *TAF (Step 1): Sanitation – Latrine. Screening sheet (20 de septiembre)*. WASHTech Project.
- Olschewski, A. (2013c). *TAF (Step 2): Sanitation – Existing – General. Assessment indicator sheet (20 de septiembre)*. WASHTech Project.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Informe sobre saneamiento sostenible*. Autor.
- PDOT Calacalí. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Calacalí.
- Plan de Manejo Yunguilla. (2011). *Diagnóstico ambiental y social de Yunguilla*. Autor.

Plastigama Wavin. (2023). *Ficha técnica del Biotanque Séptico Integrado*. Autor.

Sustainable Sanitation Alliance. (2008). *Planeamiento del saneamiento sostenible (ficha técnica, versión 1.2)*. Sustainable Sanitation Alliance.

Technology Applicability Framework. (s. f.). Background: The challenge of technology in WASH. En *Technology Applicability Framework*. Recuperado el 29 de abril de 2025 de <https://technologyapplicability.wordpress.com/home/background/>

UNHabitat. (2008). *Manual de humedales construidos*. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

Vega Chuquisala, R. M. (2023). *Buenas prácticas ambientales como aporte al desarrollo sostenible en el manejo de residuos sólidos: La experiencia del turismo comunitario Yunguilla, Ecuador* [Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador]. <https://www.flacsoandes.edu.ec>

Woode, P. A., Nyarko, K. B., & Dwumfour-Asare, B. (2013). *TAF (Step 2.1): Cost calculation. Assessment support tool (Versión 1.1, 8 de noviembre de 2012)*. KNUST / WASHTech Project.

Yuctor Álvarez, M. E. (2015). *Las dinámicas de desarrollo territorial en la consolidación de la comunidad de Yunguilla* [Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador]. <https://www.flacsoandes.edu.ec>