



PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS BAJO EL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR (EC)

Fajardo Martínez Daniela¹, Arrieta Loyo Gabriela²

^{1,2} Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

¹dfajardom@unal.edu.co, ²garrietal@unal.edu.co

RESUMEN

A partir del año 2016 y como parte del cumplimiento de los compromisos adquiridos en la COP 21 de 2015, Colombia inicia el desarrollo de diferentes instrumentos normativos que facilitan la creación de programas que contribuyen a dichos fines; para este trabajo, especialmente los asociados al concepto de EC. Para el año 2019 se establece en el país, la ENEC buscando la eficiencia en el uso de los recursos, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los materiales, agua y energía. El presente trabajo tiene como propósito establecer una alternativa en el contexto del flujo de agua definido en la ENEC con el fin de aprovechar las ARD en viviendas dispersas, contribuyendo así, a la problemática actual del país en cuanto a la carencia de alternativas de disposición y tratamiento de efluentes que garanticen el acceso de tecnologías no convencionales en el contexto rural. Como resultados parciales, se presenta el contexto rural clasificado en lineamientos conceptuales y técnicos referentes a las políticas y normas actuales del país. Asociado a esto, se ha estado definiendo una base de datos que compila alternativas de aprovechamiento de ARD de potencial interés para este estudio.

Palabras clave

Economía Circular (EC), Aguas Residuales Domésticas (ARD), Viviendas Dispersas.

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales han sido una problemática ambiental persistente en el mundo, donde se evidencia que un mal manejo trae consigo efectos nocivos tanto para la salud como para el ambiente [1]. Colombia como país enfrenta grandes retos referentes a seguridad hídrica a causa del desequilibrio entre demanda y disponibilidad del recurso hídrico, que de acuerdo a los datos recientes del Programa Conjunto de Vigilancia del Abastecimiento de Agua, Saneamiento e Higiene (JMP por sus siglas en inglés), al año 2020 tan solo el 18% de la población a nivel nacional maneja de forma segura las aguas residuales y sólo el 12% de las aguas servidas son tratadas, siendo únicamente el 2% tratado en la parte rural del territorio colombiano [2]. Por otra parte, Camacho Botero refiere a nivel rural que el 76% de la población cuenta con algún servicio básico, 4% un servicio limitado, 7% sin mejoramiento, 13% defecan al aire libre y además de esto, el autor afirma que el 60% de las aguas residuales de tipo doméstico son vertidas sin ningún tratamiento a fuentes receptoras en términos de caudal tratado [3].

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Es por lo anterior, que el país ha intentado encaminar sus políticas y normativas a nuevas soluciones sostenibles que sean viables económicamente y puedan orientarse a nivel urbano y rural para el adecuado tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas. Acorde con esto, se acoge a través de la Ley 1955 de 2019 el *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022* el cual adopta el concepto de EC que tiene por objeto enfocar una nueva visión que agregue un valor a los resultantes de los ciclos lineales de producción, y a su vez, estos puedan ser usados nuevamente como materias primas, reduciendo así el uso de los recursos naturales no renovables y minimizando los impactos sobre el ambiente [4]. Bajo este criterio, surgió la *Estrategia Nacional de Economía Circular* (ENEC) que establece seis líneas de acción prioritarias siendo una de estas el flujo de agua, haciendo referencia que los efluentes tratados pueden ser aprovechados en reúso y recirculación supliendo la demanda del agua y reduciendo cargas contaminantes a fuentes receptoras, lo que disminuye problemas de escasez, estrés hídrico y logrando mantener el suministro de agua segura con aperturas a nuevos beneficios ambientales y económicos [5].

En razón a lo anterior, el territorio colombiano a nivel rural debe enfocarse en lograr adaptar alternativas sostenibles en el manejo y gestión de las aguas residuales domésticas, considerando los diversos criterios que se asocian al entorno y contexto, permitiendo definir opciones tecnológicas accesibles y de bajo costo que simultáneamente generen un beneficio ambiental y económico a la población asentada en viviendas rurales. En virtud de ello, el presente trabajo se encuentra alineado a los nuevos rumbos que está tomando el país para poder entregar soluciones viables y de circularidad a comunidades dispersas, por lo que como objetivo principal se establece proponer una alternativa en el contexto del flujo de agua definido en la ENEC con el fin de aprovechar las aguas residuales domésticas (ARD) en viviendas dispersas. Incorporado a esto, el Ministerio de Vivienda actualizó el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) cuyo funcionamiento permite dar flexibilidad al acceso e implementación de sistemas diferenciados a las condiciones rurales del territorio, expidiendo la resolución 844 de 2018. Por su parte el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualizó a partir de la resolución 1256 de 2021 los criterios para el uso de aguas residuales en Colombia.

Por tanto, la EC y la gestión del agua tienen una relación más estrecha evidenciando algunos hallazgos que permiten promover el agua residual como un recurso de potencial valor, transformando patrones de consumo y brindando servicios resilientes [6]. A grandes rasgos, varios autores han expuesto algunos resultados y beneficios en la adopción de tecnologías sostenibles [7][8][9][10][11].

Este documento está encaminado en poder presentar los resultados parciales de investigación de maestría titulado “*Propuesta técnica para el aprovechamiento de ARD en zonas rurales de Colombia*”, bajo la línea de investigación de saneamiento hídrico. A continuación, se muestra en primer lugar la metodología general del estudio y se exponen los resultados obtenidos de la Fase I y parciales de la Fase II del estudio, clasificándose en el contexto rural, lineamientos conceptuales y estructurales para Colombia y por último la identificación de alternativas de aprovechamiento con potencial implementación para viviendas dispersas. Por último, se presentan las conclusiones parciales y los agradecimientos.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

1. METODOLOGÍA

El presente estudio se clasifica como una investigación empírico analítica de tipo cualitativo, fundamentada en la recolección y análisis de información secundaria que da respuesta a la necesidad y problemática definida con anterioridad. El estudio se plantea en tres fases, las cuales se muestran a continuación:

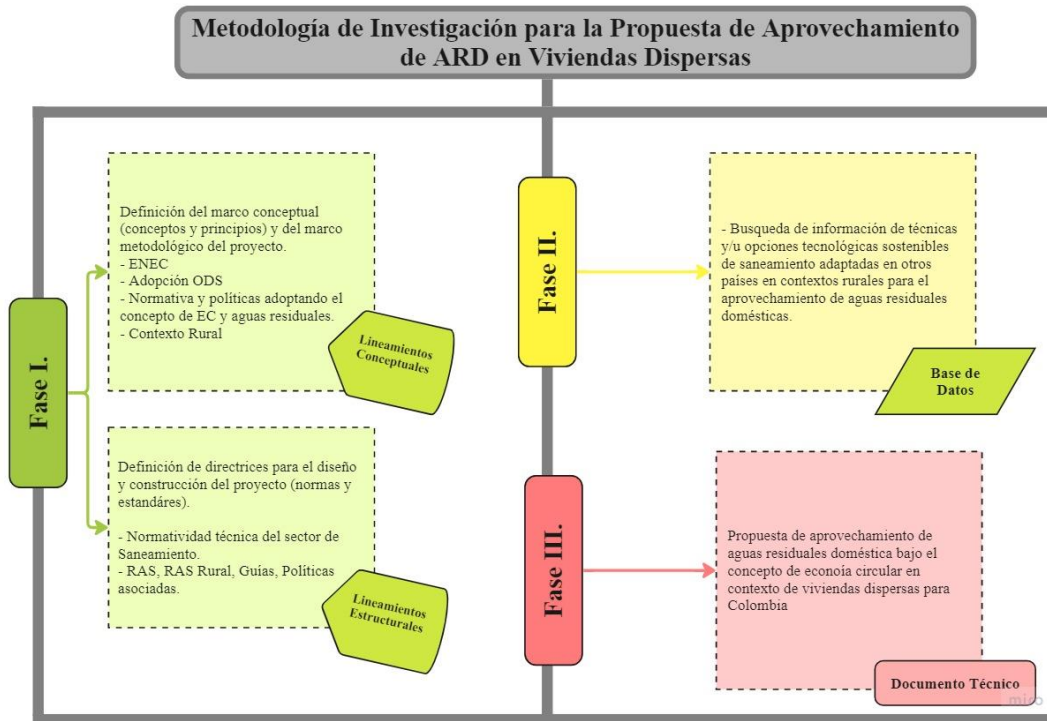


Figura 1. Diagrama metodológico general del proyecto

2. RESULTADOS

3.1. CONTEXTO RURAL

Colombia es un país con gran diversidad en términos ecosistémicos y socio-culturales, lo que supone una limitante a la hora de poder definir una única propuesta que pueda llegar a ser aplicable en las distintas zonas rurales del país. Por esta razón, es necesario poder abordar el contexto rural entendiendo un poco las regiones del territorio colombiano, las cuales se distinguen en 6: la *región caribe* comprendida por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Chocó, Antioquia y Sucre; está la *región amazónica* incluyendo departamentos como Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Meta, Putumayo, Vaupés y Vichada, la *región andina* con Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca, *región orinoquía* con Arauca, Casanare, Meta y Vichada, *región pacífica* con Cauca, Valle del Cauca, Chocó y Nariño y la *región insular* con San Andrés y Providencia, Bolívar, Cauca y Valle del Cauca. Cada una de estas regiones poseen atributos parecidos asociados al relieve, clima, promedio de lluvias, vegetación, clases de suelo y distancia al mar. Ahora bien, acorde a la población rural de país, el RAS rural en su título J define diferentes tipos de asentamiento para la ruralidad tales como corregimientos, centros poblados, resguardos, rancherías, parcelaciones campestres, otros

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

tipos de asentamientos humanos y viviendas dispersas, siendo esta última de interés para el presente proyecto, definiéndose como propiedades separadas por áreas cultivadas, vegetación primaria o secundaria, caminos o carreteras [12].

Con esta introducción y acorde a lo consultado en el Sistema de Inversiones en Agua Potable y Saneamiento Básico (SINAS), la población asentada por regiones naturales es la siguiente (véase la tabla 1) [13]:

Tabla 1. Contexto de habitantes y viviendas rurales por regiones

Región	Total Habitantes	# Viviendas Rurales
Amazonía	280.410	89.875
Andina	4.536.884	1.345.852
Caribe	4.187.397	315.336
Insular	5.868	1.467
Orinoquía	420.515	106.953
Pacífica	1.724.632	458.792

Teniendo como base esta información y considerando la información analizada del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Básico Rural (SIASAR) que departamentos como Santander, Vichada y Caquetá tienen viviendas rurales con acceso a infraestructura no mejorada con porcentajes entre 43-89%, mientras que departamentos como la Guajira, Chocó, Guainía y Vaupés son los que tienen mayor número de viviendas rurales sin algún tipo de acceso a infraestructura de saneamiento teniendo valores entre el 64-92% de viviendas rurales aproximadamente, seguido a estos departamentos se encuentran porcentajes entre 31-63% en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Vichada, Guaviare y Nariño. Así mismo, se pudo evidenciar que departamentos como La Guajira, Córdoba, Chocó, Guainía y Vaupés son los de mayor porcentaje de miembros de viviendas rurales que practican la defecación al aire libre donde los porcentajes oscilan entre el 53-92%, siendo Guainía el departamento que más tiene miembros que defecan al aire libre [14].

Como alternativas usadas en la actualidad para el manejo de agua residual se encontró que la mayoría de las regiones de Colombia hacen uso de soluciones individuales no mejoradas adaptadas a las viviendas y la infraestructura menos usada es la de descarga hidráulica (automática o manual) [13].

Ahora bien, en alusión a términos de salud desde el saneamiento básico el *Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia del Instituto Nacional de Salud*, ha identificado que cada año 17.549 personas fallecen por exponerse a una mala calidad del agua como a una mala calidad del aire, lo que representa el 8% de las muertes en el territorio Colombiano, detectando que en saneamiento no mejorados hay exposición a leptospirosis, giardiasis, sibilancias, asma, alergias en la piel, helmintiasis y poli-parasitismo intestinal [15].

3.2. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES Y ESTRUCTURALES PARA COLOMBIA

Tal como se mencionó con antelación, los lineamientos conceptuales (LC) hacen referencia a la base teórica del estudio que lista las políticas, mientras que los lineamientos estructurales

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

(LE) son aquellos que se refieren a las normas y estándares adoptados por Colombia los cuales deben adaptarse a las soluciones tecnológicas que se pretenden proponer en el estudio. La figura 2 resume la información encontrada para el territorio colombiano y la cual es el trazo orientador del proyecto:

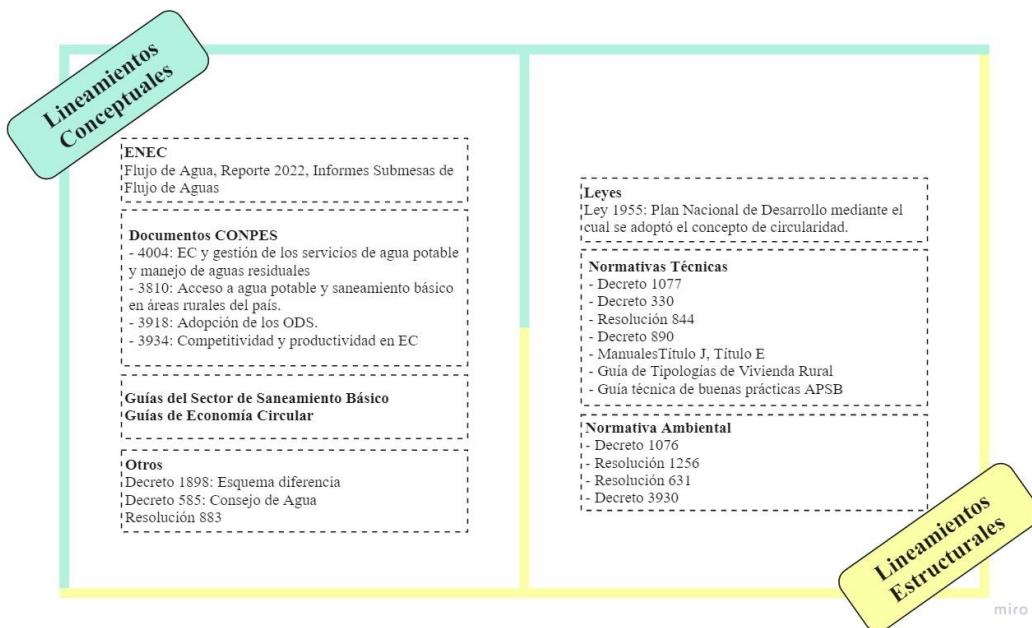


Figura 2. Lineamientos conceptuales y estructurales para Colombia en referentes a saneamiento básico y EC

3.3. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

A partir de la revisión bibliográfica que se ha estado desarrollando en el proyecto, algunas de las alternativas vistas hasta el momento se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Revisión Bibliográfica - potenciales alternativas para el aprovechamiento de ARD

Alternativa	Reúso/Reutilización /Aprovechamiento
Tratamiento hidropónico [16]	Aprovechamiento nutrientes
Aprovechamiento de aguas grises [17]	Reúso
Uso de microalgas [18]	Reutilización y Aprovechamiento
Baños composteros [19]	Aprovechamiento nutrientes
Depuración interacción simbiótica entre microalgas y bacterias [20]	Aprovechamiento y Reutilización

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Soluciones basadas en naturaleza [21]	Todas
Aprovechamiento de lodos residuales [22]	Aprovechamiento, Reúso
Casos de Éxito de EC y ARD [23]	Todas
Proyectos de Saneamiento Sostenible “SuSanA” [24]	Todas

3. CONCLUSIONES

Parcialmente en este estudio se puede inferir que Colombia siendo uno de los países con mayor riqueza hídrica a nivel mundial también posee grandes desafíos y problemáticas en cuanto al acceso de saneamiento básico en comunidades rurales debido a la falta de acceso a tecnología adaptadas a su contexto, ocasionando malas prácticas y generando factores de riesgo, no solo a nivel ambiental debido a la contaminación de los recursos naturales, sino que, a su vez, repercute en la salud de la población.

El país tiene grandes retos en materia de la aplicación y adaptación de las nuevas políticas y normas que han surgido en torno a las necesidades del territorio, por lo que se deben unificar esfuerzos para lograr adaptar los principios orientadores establecidos en la resolución 844 de 2018 y cumplir con las metas establecidas al año 2030 tras la adopción de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

A raíz de esto, se quiere dar hincapié a la importancia de este proyecto de investigación cuyo objeto funcional es proponer y definir un documento técnico que presente alternativas flexibles a los diferentes contextos de ruralidad (regionales) refiriéndose específicamente a las viviendas dispersas.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia, especialmente a la Dirección de Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola por su apoyo económico para la presentación de la presente investigación. Así mismo, a la Coordinación Curricular de la Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos.

Por otro lado, quisiera dar las gracias al grupo RESA y al semillero SIRSA por brindar espacios académicos que fomentan la investigación en temas tan imprescindibles como lo es la problemática del agua desde diferentes aspectos ambientales y sociales que permiten dar una visión más holística.

REFERENCIAS

- [1] OMS/OPS, “Informe Quinquenal 2018-2022 del Director de la Oficina Sanitaria Panamericana: Defender la equidad en la salud en pro del desarrollo sostenible”,

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

- 30ª Conferencia Sanitaria Panamericana, 74ª Sesión del Comité Regional de la OMS para las Américas, Washington D.C: Organización Panamericana de la Salud (OPS) – Organización Mundial de la Salud (OMS), Agosto. 2022.
- [2] WHO/UNICEF, “Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs”, Geneva: World Health Organization (WHO) – United Nations Children’s Fund (UNICEF), Julio. 2021.
- [3] Camacho Botero, L.A, “La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural Colombiano”, Revista en Ingeniería, vol. 1, no. 49, Enero. 2020, pp. 38-51.
- [4] DNP, “Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, Bogotá: Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2019.
- [5] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Estrategia Nacional de Economía Circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio”, Bogotá: Presidencia de la República, 2019.
- [6] World Bank Group, “Water in circular economy and resilience (WICER)”, Washington D.C: International Bank for Reconstruction and Development, 2021.
- [7] Lehtoranta S., et. al., “Circular economy in wastewater management – the potential of source – separating sanitation in rural and peri-urban areas of Northern Finland and Sweden”, *Frontiers in Environmental Science*, vol. 1, no. 10, Febrero, 2022.
- [8] López Arias, P. C., “Economía circular aplicada a los recursos hídricos”, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2020.
- [9] Roos Lindgreen., et. al., “A critical review of academic approaches, methods and tools to assess circular economy at the micro level”, *Sustainability*, vol. 12, no. 12, Junio, 2020.
- [10] Smol, M., “Chapter 1: Circular economy approach in the water and wastewater sector”, *Circular Economy and Sustainability*, vol. 2. Isla de Creta: Grecia. 2021, pp. 1-19.
- [11] Vetroni B., et. al., “Mapping of research lines on a circular economy practices in agriculture: from waste to energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 131, 2020, pp. 1-12.
- [12] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, “Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – manual título J: alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural”, Bogotá: 2021.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

- [13] SINAS, “Reportes BI – Inventario de Comunidades Rurales y Sistemas Rurales”, Bogotá: 16 de Agosto de 2022.
- [14] SIASAR, “Reportes Colombia: Síntesis de Nivel de Servicio de Saneamiento”, Bogotá: 2023.
- [15] INS, “Carga de Enfermedad Ambiental: Décimo Informe Técnico Especial”, Instituto Nacional de Salud, Observatorio Nacional de Salud, Bogotá: 2018.
- [16] Magwaza. et.al., “Hydroponic technology as decentralized system for domestic wastewater treatment and vegetable production in urban agriculture: a review”, *Science of the Total Environment*, vol. 698, 2020.
- [17] Van de Walle., et.al., “Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management”, *Environmental Science and Ecotechnology*, 2023.
- [18] Moondra., et. al., “Sustainable treatment of domestic wastewater through microalgae”, *International Journal of Phytoremediation*, 2020.
- [19] García-Ubaque C., et. al., “Sanitario seco: una alternativa para el saneamiento básico en zonas rurales” *Revista salud pública*, vol. 16, no. 4., Bogotá: 2014
- [20] CONAMA., “Informe Agua y economía circular: anexo II – fichas de proyectos de innovación en materia de agua y economía circular”, 2019
- [21] Meza, L.E., Rodriguez, A.E, “Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía: contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID 19”, *Serie Recursos Naturales y Desarrollo*, no. 220, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago: 2022.
- [22] Mantilla Morales, A., et. al., “Energía limpia del agua sucia: aprovechamiento de lodos residuales”, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Ciudad de México: 2017
- [23] Rodríguez D., et.al., “De residuo a recurso: cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe”, Banco Mundial, Washington D.C: 2020.
- [24] SuSanA., “Working Group 4: Sanitation systems and technology options”, Sustainable sanitation alliance, 2023.