



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis Comparativo de las Herramientas Jurídicas y Técnicas Asociadas al Tratamiento de Aguas Residuales en el Marco de la Economía Circular para Colombia

Maria Fernanda Chaves Arturo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Química y Ambiental
Bogotá D.C, Colombia
2023

Análisis comparativo de las herramientas jurídicas y técnicas asociadas al tratamiento de aguas residuales en el marco de la economía circular para Colombia

Maria Fernanda Chaves Arturo

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería Ambiental

Directora:
Dra., Gabriela Arrieta Loyo

Línea de Investigación: Economía Circular
Grupo de Investigación: Grupo de Investigación en Resiliencia y Saneamiento - RESA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Química y Ambiental
Bogotá D.C, Colombia
2023

Dedicatoria

A Dios fuente de sabiduría, por ser guía en el desarrollo de mis proyectos.

A mi esposo Julián, por ser mi compañero de vida, quien es mi apoyo y soporte para lograr mis metas.

A la memoria de mi padre Luis Carlos, que desde el sitio que Dios le asignó, siento su presencia y energía para cumplir mis propósitos.

A mi madre María del Socorro, por su amor y apoyo incondicional, gracias por su comprensión, dedicación y confianza en todos mis proyectos.

A mis hermanas Viviana y Mónica, por su entusiasmo y ánimo brindado para seguir adelante.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Maria Fernanda Chaves Arturo

Fecha: 22 de junio de 2023

Agradecimientos

A Dios fuente de sabiduría, por su ayuda, fortaleza y guía en el desarrollo de este Trabajo de Grado.

A la Universidad Nacional de Colombia por las herramientas y apoyo brindado durante mi formación como Magíster en Ingeniería - Ingeniería Ambiental.

A la Coordinación de la Maestría en Ingeniería Ambiental y a la Coordinación de la Maestría en Ingeniería de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia, por su continuo apoyo y por las orientaciones brindadas.

A mi Directora de Trabajo de Grado, Doctora Gabriela Arrieta Loyo, por su esfuerzo, dedicación, integridad, constancia, apoyo incondicional y conocimientos brindados para realizar este Trabajo de Grado.

A los expertos sectoriales, gracias por sus aportes y conocimientos brindados los cuales fueron parte esencial en el desarrollo de este Trabajo de Grado.

A todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron y que desinteresadamente estuvieron siempre dispuestos a brindarme su amistad y colaboración en este proceso.

A todos,

¡Mil Gracias!

Resumen

Análisis comparativo de las herramientas jurídicas y técnicas asociadas al tratamiento de aguas residuales en el marco de la economía circular para Colombia.

La Economía Circular de Agua Residual es una estrategia que ha surgido en el contexto de la sostenibilidad para aprovechar al máximo el valor económico de los recursos hídricos y, a su vez, aportar beneficios técnicos y ambientales al momento de acceder a fuentes alternativas para el uso del agua. De igual forma, permite alcanzar las metas establecidas en los ODS relacionadas con el aumento de las aguas residuales tratadas de manera sostenible.

El reúso, la recirculación y el aprovechamiento de subproductos del agua residual son algunos de los mecanismos que permiten materializar la estrategia de economía circular de agua residual, sin embargo, su implementación depende de tecnologías para su tratamiento, inversión, aceptación social, y políticas públicas que respalden o fortalezcan la formulación y ejecución de proyectos bajo este contexto. Por lo anterior y con el fin de conocer el estado de la estrategia de economía circular en Colombia en el marco del agua residual, se realizó una revisión de los documentos de política y reglamentación técnica asociados a la economía circular y a la gestión de aguas residuales en Colombia, acompañado de una validación de información con expertos sectoriales para determinar su estado de avance en Colombia. Los resultados de este estudio permiten identificar algunos aspectos que han limitado la aplicación de dicha economía circular del agua residual en el país.

Palabras clave: Estrategia Nacional de Economía Circular, Economía Circular, Agua Residual, Reúso, Reutilización, Uso de Agua Residual, Gestión del de Agua Residual.

Abstract

Comparative analysis of legal and technical tools associated with wastewater treatment within the framework of the circular economy for Colombia.

The Circular Economy of Wastewater is a strategy that has emerged within the sustainability framework to maximize the economic value of water resources. In turn, it provides technical and environmental benefits when accessing alternative sources for water use. Moreover, it enables the achievement of goals outlined in the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly those related to sustainable wastewater treatment coverage.

Reuse, recirculation, and utilization of wastewater by-products are some of the mechanisms that materialize the wastewater circular economy strategy. However, their successful implementation depends on wastewater treatment technologies, investment, social acceptance, and public policies that support or strengthen the formulation and execution of projects in this context. For the aforementioned reasons and to know the current state of the circular economy strategy in Colombia concerning wastewater, a review of policy documents and technical regulations associated with the circular economy and wastewater management was conducted. This review was complemented by validation of information with sectoral experts to determine the progress in Colombia. The study results allow identifying some aspects that have limited the application of the circular economy of wastewater in the country.

Keywords: Colombia's National Circular Economy Strategy, Circular Economy, Wastewater, Reuse, Recirculation, Wastewater utilization, Wastewater Manager.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de Gráficas	XI
Lista de tablas	XII
Lista de Siglas	XIII
Introducción	15
1. Capítulo 1. Marco de referencia sobre la economía circular del agua residual .	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Conceptualización de le Economía Circular del Agua Residual.....	22
1.2.1 Economía Circular.....	22
1.2.2 Economía Circular del Agua Residual	25
1.3 Normativa.....	28
2. Capítulo 2. Metodología de estudio	29
2.1 Análisis sistemático de la literatura relacionada con la economía circular aplicada al manejo de aguas residuales en el contexto internacional y nacional.....	29
2.2 Aspectos limitantes para la implementación de lineamientos en el marco de la economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia	32
2.3 Aspectos de mejoramiento en la estrategia de economía circular para el manejo de aguas residuales municipales en Colombia.....	33
3. Capítulo 3. Análisis de resultados	34
3.1 Análisis sistemático de la literatura relacionada con la economía circular aplicada a la gestión de aguas residuales en el contexto internacional y nacional.	34
3.2 Aspectos limitantes para la implementación de lineamientos en el marco de la economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia	39
3.2.1 Revisión de lineamientos o marco normativo dirigido a la Economía circular en Colombia.....	39
a. Estado actual del CONPES 3934 - Política de Crecimiento verde	39
b. Estado actual de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) en Colombia.. ..	42
c. Estado actual Conpes 4004 - Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales	45
3.2.2 Revisión de Herramientas o actos administrativos que reglamentan el tratamiento de agua residual en Colombia.....	50

3.2.3 Consulta a expertos del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en Colombia	54
3.3 Aspectos de mejoramiento en la estrategia de economía circular para el manejo de aguas residuales municipales en Colombia	56
3.3.1 Aspectos sobre Linamientos o Marcos Normativos	56
3.3.2 Aspectos Técnicos	58
3.3.3 Aspectos Económicos y Financieros	61
3.3.4 Aspectos Administrativos	62
3.3.5 Aspectos sobre los Sistemas de Información	62
4. Conclusiones y Recomendaciones	65
4.1 Conclusiones	65
4.2 Recomendaciones	67
5. Anexos	68
A. Anexo A: Marco normativo dirigido a la Economía circular en Colombia	69
B. Anexo B: Herramientas que reglamentan el tratamiento de agua residual en Colombia	76
C. Anexo C: Formato de Requerimiento a las Entidades Sectoriales	78
D. Anexo D: Respuestas de requerimientos por parte de las Entidades Sectoriales	81
E. Anexo E: Entrevistas a expertos y matriz de consolidación de resultados	82
6. Bibliografía	89

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Economía Lineal vs Economía Circular.....	24
Gráfica 2. Marco conceptual REsolve.....	25
Gráfica 3. Ventajas de las modalidades de EC del Agua Residual.....	26
Gráfica 4. Limitaciones de las modalidades de EC del Agua Residual.....	27
Gráfica 5. Línea del tiempo del marco normativo colombiano.....	28
Gráfica 6. Hoja de ruta metodológica.....	29
Gráfica 7. Instrumentos objeto de revisión.....	33
Gráfica 8. Número de documentos publicados relacionados con economía circular del agua residual por año a marzo 2022.....	35
Gráfica 9. Palabras clave.....	36
Gráfica 10. Coautoría por países.....	37
Gráfica 11. Densidad en citaciones.....	38
Gráfica 12. Estado de avance en el cumplimiento general del Conpes 3934.....	40
Gráfica 13. Estado de avance en el cumplimiento de las metas propuestas para el Conpes 3934.....	40
Gráfica 14. Estado de cumplimiento - Conpes 3934.....	41
Gráfica 15. Estado de cumplimiento ENEC – Acciones Flujo Agua.....	44
Gráfica 16. Estado de avance en el cumplimiento general del Conpes 4004.....	45
Gráfica 17. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 1 – Gobernanza y Capacidad Institucional - Conpes 4004.....	46
Gráfica 18. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 2 – Estrategias para promover la Economía Circular - Conpes 4004.....	46
Gráfica 19. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 3 – Información Sectorial - Conpes 4004.....	46
Gráfica 20. Estado de cumplimiento Conpes 4004 – Información Sectorial.....	49
Gráfica 21. Demanda de agua para el sector agrícola.....	59

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Antecedentes sobre manejo de Aguas Residuales.....	18
Tabla 2. Definiciones e Interpretaciones de Economía Circular	22
Tabla 3. Consultas para el análisis bibliométrico.....	31
Tabla 4. Estado de las acciones Conpes 3934	41
Tabla 5. Estado de las acciones Estrategia Nacional de Economía Circular	42
Tabla 6. Estado de las metas Estrategia Nacional de Economía Circular	43
Tabla 7. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 1.....	47
Tabla 8. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 2.....	48
Tabla 9. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 3.....	49
Tabla 10. Departamentos susceptibles al desabastecimiento en temporada seca	58
Tabla 11. Demanda Hídrica por sectores 2008-2020	60
Tabla 12. Resumen del análisis comparativo de las herramientas técnicas y jurídicas de la EC del AR con los aspectos por mejorar.....	63
Tabla 13. Acciones y Metas del Conpes 3934	69
Tabla 14. Acciones y Metas - Estrategia de Economía Circular	70
Tabla 15. Acciones y metas Conpes 4004	71

Lista de Siglas

Sigla	Término
<i>ADEME</i>	Agencia Francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía (French Environment and Energy Management Agency)
<i>APSB</i>	Agua Potable y Saneamiento Básico
<i>AR</i>	Agua residual
<i>CAR</i>	Corporación Autónoma Regional
<i>CEPAL</i>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
<i>CNA</i>	Consejo Nacional del Agua
<i>CRA</i>	Comisión de Regulación para Agua Potable y Saneamiento Básico
<i>DANE</i>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<i>DNP</i>	Departamento Nacional de Planeación
<i>EC</i>	Economía Circular
<i>EEA</i>	Agencia Europea del Medio Ambiente (European Environment Agency)
<i>ENEC</i>	Estrategia Nacional de Economía Circular
<i>GEI</i>	Gases de Efecto Invernadero
<i>MGEI</i>	Mesa Técnica de Gestión Eficiente de la Información
<i>MVCT</i>	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
<i>ODS</i>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<i>ONU</i>	Organización de las Naciones Unidas
<i>RAS</i>	Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
<i>SAVER</i>	Programa Saneamiento de Vertimientos
<i>SEN</i>	Sistema Estadístico Nacional
<i>SSPD</i>	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
<i>UE</i>	Unión Europea

Introducción

Alrededor del mundo diferentes países han encontrado con la gestión de las aguas residuales, una opción para afrontar las situaciones de escasez o falta de disponibilidad por calidad o cantidad de recursos hídricos. Dicho manejo, data desde la edad de bronce de la cual no se conocen los criterios para su uso y las medidas de protección. Sin embargo, con el paso del tiempo, países como Roma, Estados Unidos, Francia, entre otros, presentaron los primeros indicios sobre la reglamentación del uso de agua residual (Angelakis, et al, 2018). En la actualidad el manejo de aguas residuales presenta diferentes alternativas con propósitos de mejora para los factores económicos, sociales, técnicos y ecosistémicos de diferentes territorios; uno de los enfoques que han tomado mayor significancia a nivel mundial para atender estas necesidades es la economía circular, la cual busca la sostenibilidad de los recursos, sin que estos pierdan su valor económico y así obtener beneficios técnicos, económicos y ambientales (Fundación Ellen McArthur, 2023). La implementación de la economía circular de aguas residuales genera beneficios como la recuperación de metales, materia orgánica, nutrientes, energía y otros subproductos, que pueden ser útiles para nuevos procesos productivos y a su vez contribuyen al crecimiento económico (Rodríguez, et al, 2020).

Según la UNESCO, para lograr la implementación de una política de economía circular de aguas residuales, se debe contar con un entorno apropiado, para lo cual es necesario establecer marcos, normas técnicas y jurídicas adecuadas, mecanismos de financiación y aceptación social (UNESCO, 2017), razón por la cual, durante el desarrollo del presente documento, se estudian los avances que Colombia ha desarrollado en materia de economía circular del agua residual.

Colombia se rige bajo un modelo de gobernanza¹ en el cual se armonizan diferentes entidades, actores, procesos y procedimientos, que permiten generar políticas públicas sobre asuntos importantes para el desarrollo del país y las cuales se ejecutan mediante normativas o lineamientos en cada asunto particular.

En este sentido, se ve necesario analizar desde un punto de vista técnico, las herramientas desarrolladas en Colombia asociadas a la gestión de aguas residuales, con el fin de conocer las posibles limitaciones en la aplicación y ejecución de la economía circular del agua residual en el marco del sector de agua y saneamiento básico del país. Por lo anterior, se analizaron las principales herramientas técnicas y jurídicas desarrolladas en Colombia, en el marco de la Economía Circular para la gestión de aguas residuales mediante una revisión detallada de los instrumentos existentes y la consulta a expertos del país.

Este documento se desarrolló considerando tres objetivos específicos, así:

1. Analizar sistemáticamente la literatura relacionada con la economía circular aplicada al manejo de aguas residuales en el contexto internacional y nacional.
2. Identificar los aspectos limitantes para la implementación de lineamientos en el marco de la economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia.
3. Proponer aspectos de mejoramiento en la estrategia de economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia.

Finalmente, la consolidación de los resultados obtenidos permitió obtener algunas recomendaciones que pueden ser consideradas en próximos instrumentos técnicos o normativa a expedirse y así contribuir a la política de la economía circular de aguas residuales en Colombia.

¹ Gobernanza: *“El concepto de gobernanza hace referencia a todos los procesos de gobierno, instituciones, procedimientos y prácticas mediante los que se deciden y regulan los asuntos que atañen al conjunto de la sociedad”*. (ONU, 2023)

1. Capítulo 1. Marco de referencia sobre la economía circular del agua residual

1.1 Antecedentes

El concepto de economía circular se puede usar en diferentes ámbitos de aplicación, como el aprovechamiento de residuos sólidos, fuentes de energía, residuos peligrosos, transporte, extracción de nutrientes, agricultura, agua, entre otros, de esta manera el término de economía circular aplica para todos los objetos y recursos que puedan aprovecharse; sin embargo, el presente trabajo de grado, se delimitó al estudio de la economía circular del agua residual, teniendo en cuenta el gran potencial que tiene este recurso para su aprovechamiento y su aporte a las problemáticas ambientales presentes alrededor del mundo.

En consecuencia, diferentes países han avanzado en materia del aprovechamiento, circularidad o reúso de agua con fines diferentes, la Tabla 1, presenta cronológicamente algunos criterios, regulaciones y estándares de reutilización de agua en todo el mundo desde finales del siglo XX y principios del siglo XXI, evidenciando que la recuperación y reutilización del agua han ganado la importancia necesaria debido al crecimiento de las ciudades y por ende poblaciones, el cambio climático y la progresiva necesidad de agua para diferentes aplicaciones (Angelakis., et al, 2018).

Tabla 1. Antecedentes sobre manejo de Aguas Residuales

AÑO	CONTINENTE	PAÍS/CIUDAD	ESTRATEGIA
Antes de 1918	-	-	Desde la edad de bronce, las aguas residuales se aplicaban a la tierra para diferentes propósitos en varias regiones, sin embargo, no existe algún indicio de los criterios que tuvieron, probablemente usaron practicas comunes y aplicaron medidas de protección.
1974	América del Sur	Colombia	Se expide el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
1977	Europa	Roma - Italia	Se regula la reutilización del agua para el riesgo describiendo extensos procesos de tratamiento.
1978	América del norte	Estados Unidos - California	Se establece la regulación para la reutilización del agua en riego sin restricciones.
1978	Medio Oriente	Israel	Emite una normativa para la reutilización del agua en el riego en la que se definen los requisitos de tratamiento, los límites de calidad, cultivos y barreras adicionales.
1979	América del Sur	Colombia	Reglamentación de los primeros lineamientos relacionada con salud pública y protección del ambiente.
1984	América del Sur	Colombia	Reglamentación en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
1989	América del norte	Estados Unidos	La OMS presenta la primera revisión de los lineamientos de reúso de agua.
1989	África	Túnez	Emite normas para la reutilización del agua en riego con base en las directrices de la FAO (1985) y la OMS (1989) y un enfoque de barreras múltiples.
1991	Europa	Francia	El Ministerio de salud emite una circular con recomendaciones para el reúso de agua basado en los lineamientos de la OMS.
1992, 2012	América del norte	Estados Unidos	La Agencia de Protección Ambiental (EPA) publicó lineamientos sobre la reutilización del agua reúso y guiar a los diferentes estados al momento de establecer sus propios criterios.
1996	América del norte	México	Se cambian las normas para controlar los vertidos de aguas residuales considerando como necesidad la calidad de este, para su reutilización.

Continuación Tabla 1

AÑO	CONTINENTE	PAÍS/CIUDAD	ESTRATEGIA
1997	América del norte	México	Expedición de la norma oficial mexicana NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
1999	Oceanía	Australia	Se publicaron directrices que definen cuatro cualidades microbiológicas del agua reciclada correspondientes a los usos previstos en el país.
2000	América del norte	Estados Unidos - California	Se revisa la normativa para incluir aplicaciones adicionales del agua reciclada.
2003	Europa	Italia	Mediante decreto se realiza la revisión de la regulación para el reúso del agua.
2005	Europa	Chipre	Se establecen criterios para la reutilización del agua en la agricultura.
2006	América del norte	Estados Unidos	La OMS publica su segunda revisión de directrices sobre reutilización del agua en la agricultura: Análisis y gestión de riesgos, adoptan una metodología cuantitativa de evaluación de riesgos.
2006	Oceanía	Australia	Se expide guías para el reciclaje del agua: Gestión de los riesgos sanitarios y medioambientales.
2006	Europa	Portugal	Publica la normativa sobre reutilización del agua.
2007	Europa	España	Mediante decreto real se publica el reglamento de reutilización de aguas.
2008	Asia	China	Se generan los lineamientos estándar para el reúso de agua.
2010	Europa	Francia	Se establecen criterios de reutilización del agua.
2011	Europa	Grecia	Se emiten normas de reutilización del agua.
2013	Europa	Holanda	Hoja de ruta holandesa para el tratamiento de aguas residuales al 2030.
2014	América del norte	Estados Unidos - California	El Departamento de Salud Pública emite una normativa para la reutilización del agua potable mediante la recarga de acuíferos.
2014	Europa	Francia	Revisión de la regulación de reúso del agua.

Continuación Tabla 1

AÑO	CONTINENTE	PAÍS/CIUDAD	ESTRATEGIA
			Adicionalmente se estableció la "Nueva Visión de Aguas Residuales" que describe un plan de acción para la reutilización del agua.
2014	América del Sur	Argentina	Se propuso el Nuevo Código Civil y Comercial de la Nación
2014	América del Sur	Colombia	Reglamentación para establecer las disposiciones relacionadas con el uso del agua residual tratada.
2015	Asia	Japón	Se estableció la "Política de Recursos Hídricos", para promover la reutilización del agua.
2016	Asia	India	Se establecen directrices para el desarrollo y la gestión integrada de los recursos hídricos.
2018	Europa	Unión europea	Se establecen requisitos mínimos en materia de agua para el riego y la recarga de acuíferos.
2018	Asia	China	Se expide la ley sobre la promoción de la economía circular. (Capítulo 4 y 5 reutilización de agua)
2018	América del Sur	Colombia	Política de crecimiento verde. Promueve el uso del agua residual tratada.
2020	Europa	Unión Europea	Adopción del reglamento sobre los requisitos mínimos para la reutilización del agua por parte de los países miembro (vigencia 2020-2023)
2020	América del Sur	Colombia	Establece la conveniencia de modificar la reglamentación sobre el uso de agua residual tratada y se relaciona con la estrategia de economía circular expedida el mismo año.
2020	América del Sur	Colombia	Estrategia nacional de economía circular
2020	América del Sur	Colombia	Economía Circular en la Gestión de los Servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales
2020	América del Sur	Perú	Resolución ministerial N°203-2020-MINAGRI: establece los niveles de calidad para el agua residual tratada con fines de reúso agrarios.
2021	América del Sur	Colombia	Se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones.
-	América del Sur	Brasil Chile Argentina	Sin datos de políticas exclusivas frente al reúso del agua o economía circular del agua residual.

Fuente. Adaptado de Angelakis., et al, 2018, pág. 10
Actualizado por este estudio, mayo 2023.

Aunado a lo anterior, es necesario mencionar que, en diferentes conferencias o acuerdos internacionales, el recurso agua ha tomado un papel fundamental debido a que se reconoce como derecho fundamental para los seres humanos (ONU, 2010). En la actualidad, se encuentra vigente la agenda 2030 de las Naciones Unidas (ONU), la cual mediante el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados en 2015, busca el fin de la pobreza universal, entre otros objetivos.

Se destacan los objetivos 6 “*Agua Limpia y Saneamiento*” y 12 “*Modalidades de consumo y producción sostenibles*”, que establecen, entre otros, el mejoramiento de la calidad de agua reduciendo la contaminación, eliminando vertimientos, minimizando la emisión de sustancias contaminantes a las aguas residuales sin tratar; el aumento del reciclaje y reutilización del agua sin riesgo a nivel mundial y disminuir en gran escala la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización con meta al 2030.

En este sentido, aquellos países que han establecido marcos, políticas o lineamientos en materia de economía circular frente al manejo y acceso al agua, podrían aportar al cumplimiento universal de los ODS (Schroeder, et al, 2018), sin embargo en América Latina, resulta necesario comprender las particularidades de cada país sobre la institucionalidad de la política de aguas residuales, porque al no contar con responsabilidades jurisdiccionales, las ciudades latinoamericanas seguirán enfrentándose a retos insuperables en materia de aguas residuales. (Pacheco Vega, 2015).

Colombia es un país que ha logrado obtener avances a través de la expedición de la estrategia de Economía Circular en el 2018 por parte del Gobierno Nacional, con el fin de transitar a una mejor calidad de vida con el uso reducido de materiales, agua y energía, lo cual es un insumo fundamental para el presente estudio, debido a que este permitirá analizar las herramientas y políticas generadas en torno a dicha estrategia, frente a la gestión, aprovechamiento y circularidad del agua residual en Colombia.

1.2 Conceptualización de la Economía Circular del Agua Residual

1.2.1 Economía Circular

El modelo de economía circular resume las escuelas de pensamiento a saber: economía del rendimiento de Walter Stahel; la filosofía del diseño Cradle to Cradle de William McDonough y Michael Braungart; la idea de biomimética presentada por Janine Benyus; la ecología industrial de Reid Lifset y Thomas Graedel; el capitalismo natural de Amory y Hunter Lovins y Paul Hawken; y lo referente a economía azul según Gunter Pauli (Fundación Ellen McArthur, 2013).

Sin embargo, no se cuenta con una definición universal de Economía Circular, razón por la cual diferentes autores han proporcionado sus interpretaciones para lograr un acercamiento dependiendo su enfoque. Aun así, se conserva la misma visión frente a la reducción del consumo de recursos dentro de un proceso mediante flujos cerrados. A continuación, se presentan diferentes definiciones e interpretaciones de la Economía Circular:

Tabla 2. Definiciones e Interpretaciones de Economía Circular

Fuente	Definición/Interpretación
(Sauvé, et al, 2016)	<i>"Economía circular: producción y consumo de bienes a través de flujos de materiales de bucle cerrado que internalizan las externalidades medioambientales vinculadas a la extracción de recursos vírgenes y la generación de residuos (incluida la contaminación)".</i>
(Preston, 2012)	<i>"Una economía circular es un enfoque que transformaría la función de los recursos en la economía. Los residuos de las fábricas se convertirían en un insumo valioso para otro proceso y los productos podrían repararse, reutilizarse o mejorarse en lugar de desecharse".</i>
(European Commission, 2014)	<i>"Se refiere principalmente a los aspectos de los recursos físicos y materiales de la economía se centra en el reciclaje, la limitación y la reutilización de los insumos físicos de la economía, y el uso de los residuos como un recurso que conduce a la reducción de los recursos primarios".</i>
(Mitchell, 2015)	<i>"Una economía circular es una alternativa a la economía lineal tradicional (fabricar, usar, desechar) en la que mantenemos los recursos en uso el mayor tiempo posible, extrayendo el máximo valor de ellos mientras están en uso extrayendo el máximo valor de los mismos durante su uso, para luego recuperar y reutilizar productos y materiales."</i>
Heck (2006)	<i>"La utilización de energía sostenible es crucial en una economía circular. La transición hacia una economía circular requeriría abordar el reto de establecer un suministro de energía sostenible, así como una acción decisiva en otros ámbitos como la agricultura, el agua, el suelo y la biodiversidad" la agricultura, el agua, el suelo y la biodiversidad".</i>
(Su, et al, 2013)	<i>"El enfoque de la economía circular se extiende gradualmente más allá de las cuestiones relacionadas con la gestión de materiales y abarca otros aspectos, como la eficiencia energética y la conservación, la gestión de la tierra, la protección del suelo y el agua".</i>

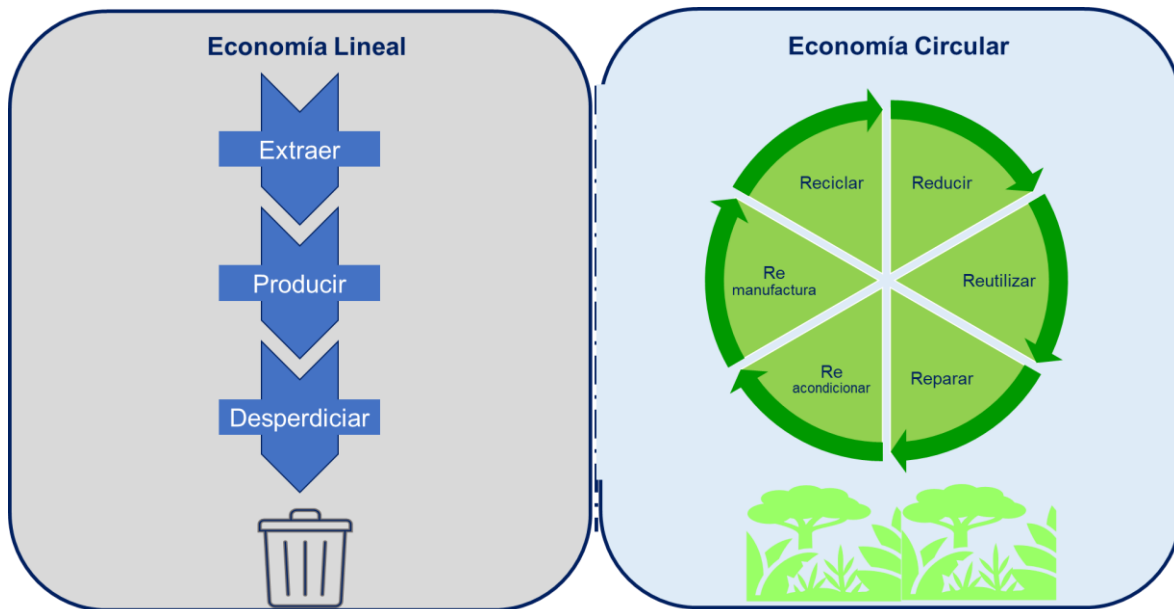
Fuente	Definición/Interpretación
(Bastein, et al, 2013)	<i>"La transición a la economía circular es una condición esencial para un sistema industrial resiliente que facilite nuevos tipos de actividad económica, refuerce la competitividad y genera empleo"</i>
EEA (2016)	<i>"Una economía circular ofrece oportunidades para crear bienestar, crecimiento y empleo, al tiempo que se reducen las presiones medioambientales. En principio, el concepto puede aplicarse a todo tipo de recursos naturales, incluidos los materiales bióticos y abióticos, el agua y la tierra".</i>
(Ghisellini, et al, 2016)	<i>"La remodelación radical de todos los procesos a lo largo del ciclo de vida de los productos llevada a cabo por agentes innovadores tiene el potencial no solo de lograr la recuperación de materiales o energía recuperación, sino también para mejorar todo el modelo de vida y económico."</i>
(ADEME, 2014)	<i>"El objetivo de la economía circular es reducir el impacto medioambiental del consumo de recursos y mejorar el bienestar social"</i>
(Fundación Ellen MacArthur, 2015)	<i>"La economía circular es un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo por intención y diseño. Sustituye el concepto de 'fin de vida' por el de restauración, se desplaza hacia el uso de energías renovables, elimina el uso de productos químicos tóxicos, que dificultan la reutilización, y aspira a la eliminación de residuos mediante el diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de éstos, modelos de negocio". El objetivo general es permitir flujos eficaces de materiales, energía, trabajo e información para que pueda reconstruirse el capital natural y social".</i>
(European Commission, 2015)	<i>"La economía circular es una economía en la que el valor de los productos, materiales y recursos se mantiene en la economía durante el mayor tiempo posible, y la generación de residuos se minimiza. La transición a una economía más circular supondría una contribución esencial a los esfuerzos de la UE para desarrollar una economía sostenible, con bajas emisiones de carbono, eficiente en el uso de los recursos y competitiva"</i>

Fuente. (Rizos, et al, 2017, pág. 9)

En Colombia, el Gobierno Nacional adoptó la definición establecida por la Fundación Ellen MacArthur teniendo en cuenta que dicha fundación se ha convertido en una promotora y originaria del concepto de economía circular en el mundo, por tanto es entendida como: *"sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales a través la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible"* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Adicionalmente, la fundación Ellen MacArthur establece que la Economía Circular, se rige bajo los siguientes principios básicos:

- Eliminación de residuos y contaminación
- Circulación de materiales y productos
- Regeneración de la naturaleza



Gráfica 1. Economía Lineal vs Economía Circular.

Fuente. Elaboración propia – mayo 2023

Estos principios permitirán contar con un modelo que cambia el sistema basado en extraer-producir-desperdiciar (economía lineal) a definir con responsabilidad la administración, fabricación y uso de los productos y materiales para así crear una economía circular fundamentada en compartir, reducir, reutilizar, reparar, reacondicionar, remanufacturar o reciclar, de tal manera que se apoyan los procesos naturales, permitiendo que la naturaleza prospere para el beneficio de todos los habitantes del planeta y a su vez se conserve el valor intrínseco de los productos y materiales puesto que estos no se convierten en residuos. (Fundación Ellen McArthur, 2023)

A su vez, la Fundación Ellen MacArthur desarrolló el marco conceptual *REsolve* mediante el cual los tres principios se enmarcan en seis acciones de negocio, así:

REgenerate:

- Cambiar hacia materiales y energías renovables. Reclamar, retener y restaurar la salud de los ecosistemas. Devolver los recursos biológicos recuperados a la biósfera.

Share:

- Compartir bienes; reusar; alargar la vida de los productos a través del mantenimiento, el diseño para la durabilidad, para la mejora, etc

Optimize:

- Aumentar la eficiencia de los productos. Eliminar los desechos en la producción y en las cadenas de abastecimiento. Aprovechar la bigdata, la automatización, etc.

Loop:

1. Remanufacturar productos o componentes. Reciclar materiales. Digestión anaeróbica. Extraer bioquímicos de la basura orgánica.

Virtualize:

- Libros, música, shopping online, vehículos autónomos.

Exchange:

- Reemplazar lo viejo con lo avanzado. Aplicar tecnologías como la impresión 3D. Escoger nuevos productos o servicios, como el transporte multimodal.

Gráfica 2. Marco conceptual RESolve

Fuente. Adaptado de Fundación Ellen McArthur, 2016

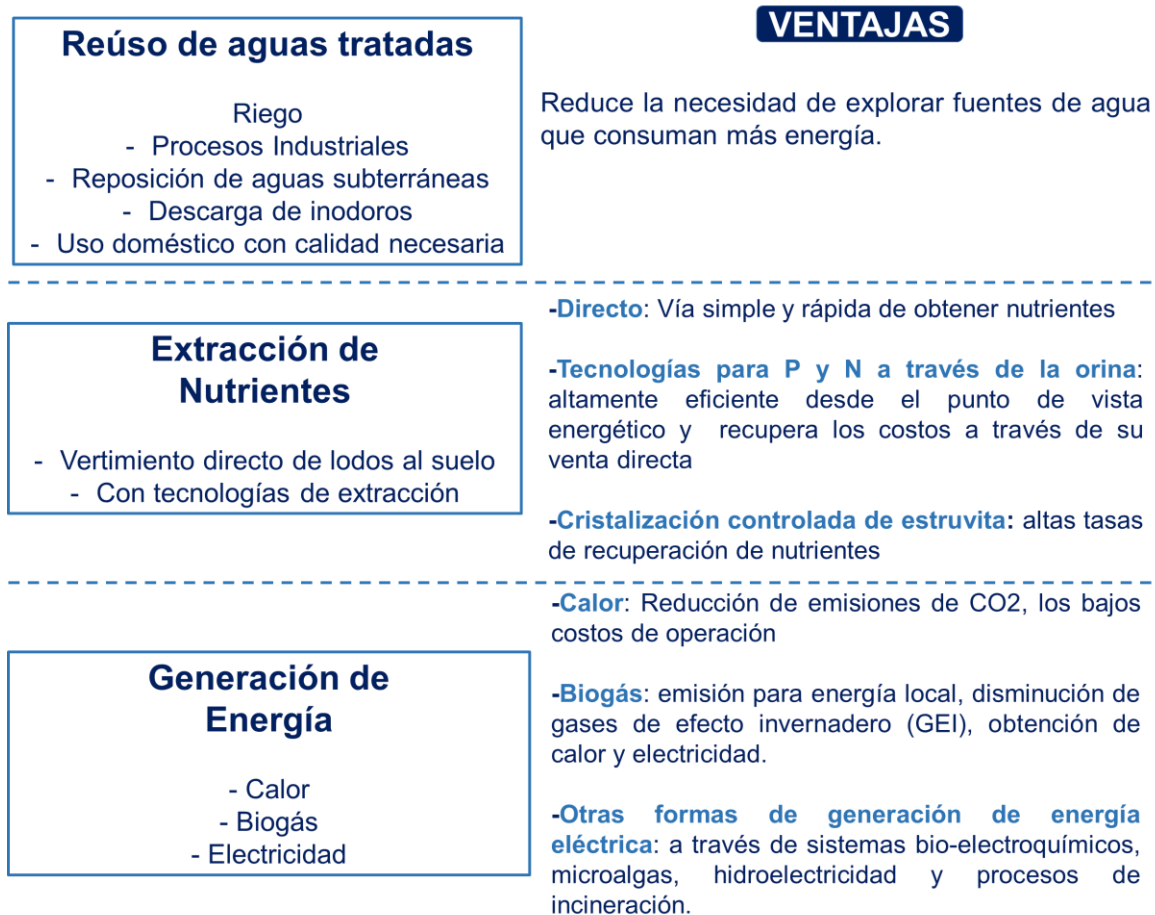
Este marco, demuestra que existen varias potencialidades de la aplicación de la Economía Circular, la cual permite generar alternativas para definir nuevos modelos de negocios e innovación que aumentan el aprovechamiento de los recursos, generan nuevos empleos y aportan al desarrollo sostenible desde lo, económico, ambiental y social (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

1.2.2 Economía Circular del Agua Residual

Desde el marco de la Economía Circular, la adecuada gestión de las aguas residuales se convierte en una propuesta de valor teniendo en cuenta que, de ellas se pueden obtener energía y nutrientes e incluso ser una fuente alternativa de agua potable, por la cual un adecuado tratamiento de las aguas residuales, permitirán satisfacer la demanda de sectores como el industrial y el agrícola. En este sentido, el reúso del agua residual posibilita la toma de acciones frente a la problemática de escasez de agua. De igual forma, las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden ser sostenibles desde los aspectos ambientales y financieros considerando que los ingresos adicionales obtenidos a partir de la adecuada gestión de subproductos (energía, agua reutilizable, biosólidos, nutrientes,

entre otros) podrían cubrir los costos de operación y mantenimiento. (Rodríguez, et al, 2020)

En consecuencia, la economía circular de aguas residuales se puede presentar en diferentes modalidades, a través del reúso de aguas tratadas, la generación de energía y a través de la extracción de nutrientes, las siguientes graficas describen sus principales ventajas y desventajas de cada modalidad:



Gráfica 3. Ventajas de las modalidades de EC del Agua Residual

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Saravia Matus, y otros, 2022)



Gráfica 4. Limitaciones de las modalidades de EC del Agua Residual

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Saravia Matus, y otros, 2022)

Es así como el agua residual impulsa oportunidades de crecimiento, convirtiéndose en un recurso de alto valor obteniendo los siguientes beneficios:

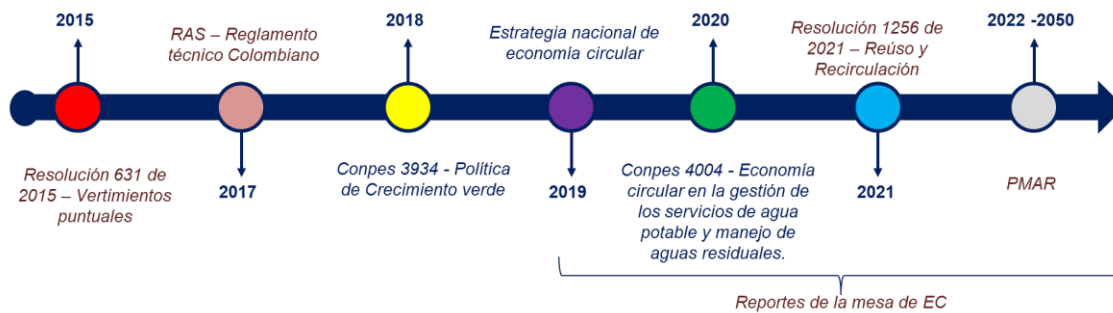
- **Beneficios económicos directos:** venta de aguas tratadas, transferencias intersectoriales de agua, venta de biogás, venta de fertilizantes, venta de fosfato, reducción de costos y ahorro en desechos, aportes al PIB y comercio.
 - **Beneficios Ambientales:** mitigación del cambio climático, protección de la calidad del agua, protección y conservación de los ecosistemas acuáticos, incremento de la sostenibilidad energética.
 - **Sociales:** mejoras en la salud pública y generación de empleos verdes.
- (Saravia Matus, y otros, 2022)

De esta manera, se puede inferir que la Economía Circular del Agua Residual es un mecanismo apropiado para la recuperación de recursos en el marco de los principios definidos para la economía circular y en el ámbito colombiano, la Estrategia Nacional de

Economía Circular, incluye al agua residual como un elemento dentro de su plan de acción
 5. Flujos de Agua que se detallará más adelante.

1.3 Normativa

Con el desarrollo del presente estudio, se explicará minuciosamente los instrumentos normativos colombianos en materia de Economía Circular y Agua Residual, no obstante, y con el fin de tener un contexto inicial, la siguiente gráfica permite conocer de manera general el ámbito normativo que soporta el presente estudio:



Gráfica 5. Línea del tiempo del marco normativo colombiano
 Fuente. Elaboración propia

2. Capítulo 2. Metodología de estudio

La siguiente hoja de ruta permite conocer las acciones realizadas para el desarrollo de cada objetivo:



Gráfica 6. Hoja de ruta metodológica

Fuente. Elaboración propia

2.1 Análisis sistemático de la literatura relacionada con la economía circular aplicada al manejo de aguas residuales en el contexto internacional y nacional.

Se realizó una revisión sistemática de artículos, reseñas, conferencias, capítulos de libros y libros, de la temática en estudio relacionada con economía circular del agua residual, para lo cual se evaluó de manera rigurosa e imparcial las investigaciones relevantes que aporten valor científico a esta investigación.

Para lo anterior, se aplicó el Método de B. Kitchenham (Kitchenham, 2004) para dicha revisión, llevando a cabo las siguientes fases:

Planificación: se realizó con el fin de preparar y validar el protocolo de investigación, que permitió analizar la mayor cantidad de documentos relacionados con la temática de investigación “Economía circular del agua residual”. En este sentido se establecieron los protocolos de búsqueda y revisión de información, y por último se llevó a cabo una fase de evaluación de la planificación.

De esta forma, para establecer un protocolo de búsqueda de documentos, se definió que la fuente de información a utilizar corresponde a las bases de datos electrónicas, razón por la cual se investigó sobre aquellas que contengan resultados confiables, con alto valor científico y con reconocimiento en el ámbito académico. Como resultado se decidió trabajar con *Scopus* debido a que es una base de datos que permite consultar una gran cantidad de citas, resúmenes y bibliografías los cuales son revisados por pares académicos. A su vez, se procedió a definir un protocolo de revisión de documentos, así: en primera instancia, se validó los títulos y el ámbito de aplicación de las investigaciones, posteriormente y para depurar la base de documentos se revisó el resumen del trabajo, la metodología de estudio y las conclusiones.

Desarrollo: conforme al protocolo de búsqueda de los documentos, se definieron las consultas a realizar sobre la base de datos *Scopus*, las cuales se construyeron considerando fundamentalmente las siguientes palabras clave: “economía circular”, “agua residual”, “desarrollo sostenible”, “aguas grises”, “OD6”, e “instrumentos o herramientas”.

A continuación, se presentan las consultas realizadas:

Tabla 3. Consultas para el análisis bibliométrico**Consulta 1:**

(TITLE-ABS-KEY (circular AND economy) AND TITLE-ABS-KEY (wastewater)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "ch"))

Consulta 2:

(TITLE-ABS-KEY (medio ambiente Y sostenibilidad) Y TITLE-ABS-KEY (aguas residuales)) Y (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) Y (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENVI") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "CENG") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "SOCI") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "MATE") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "EART") O LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON")) Y (LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Water Science and Technology") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Science Of The Total Environment") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Journal of Environmental Management") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Water Research") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Sustainability Switzerland") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Conservación y reciclaje de recursos") O LIMIT-TO (EXACTSRCTITLE , "Water Switzerland") Y (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") O LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") O LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch"))

Consulta 3:

TITLE-ABS-KEY (circular Y agua Y economía E instrumentos O herramientas) Y (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) Y (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") O LIMIT-TO (DOCTYPE, "ch") O LIMIT-TO (DOCTYPE, "bk"))

Consulta 4:

TITLE-ABS-KEY (gris Y agua Y circular Y agua Y economía)

Consulta 5:

TITLE-ABS-KEY (agua Y economía Y sostenible Y desarrollo Y objetivos)

Consulta 6:

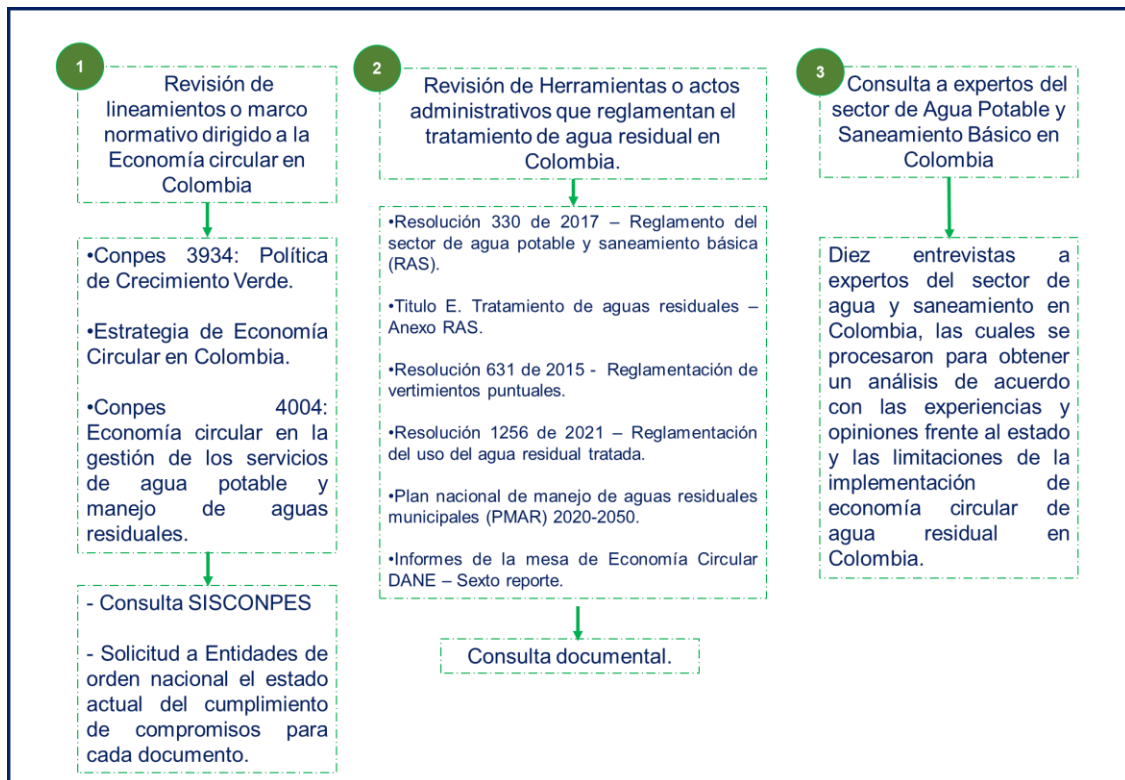
TITLE-ABS-KEY (ods 6 O circular Y economía)

Las diferentes combinaciones de las consultas se mejoraron en la medida que se avanzó con la revisión. Se excluyeron aquellos documentos relacionados con investigaciones de aplicación de procesos en el marco de la ingeniería puesto que la investigación se enmarca en las experiencias o marcos generales de la economía circular de aguas residuales adoptados por diferentes países.

Publicación: una vez se definió la lista de documentos, *Scopus* permite consolidarlos para realizar análisis y filtros adicionales por año, fuente, país, tipo de documento, temática, autores, área de estudio, entre otros, para sintetizar su análisis.

2.2 Aspectos limitantes para la implementación de lineamientos en el marco de la economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia

Este capítulo se compone de tres secciones, la primera consiste en la revisión del estado actual de los instrumentos definidos por el Gobierno nacional de Colombia en el marco de la economía circular, particularmente en lo relacionado con aguas residuales. La segunda sección presenta el análisis de las herramientas o actos administrativos expedidos en materia técnica frente a las aguas residuales en Colombia y finalmente, la tercera sección presenta el análisis de diez entrevistas realizadas a expertos del sector de agua y saneamiento en Colombia, las cuales se procesaron para obtener un consenso basado en las experiencias y opiniones sobre el estado y las limitaciones de la implementación de la economía circular de agua residual en Colombia. La siguiente gráfica presenta el detalle de los instrumentos analizados:



Gráfica 7. Instrumentos objeto de revisión
Fuente. Elaboración propia

En el Anexo A y B, se presenta el detalle de lo establecido por cada uno de los instrumentos enumerados en la gráfica anterior.

2.3 Aspectos de mejoramiento en la estrategia de economía circular para el manejo de aguas residuales municipales en Colombia

De acuerdo con el análisis realizado de la documentación de política, la reglamentación técnica y considerando las entrevistas con los expertos, se definirán aspectos de mejoramiento normativos, técnicos, económicos, financieros y administrativos.

3. Capítulo 3. Análisis de resultados

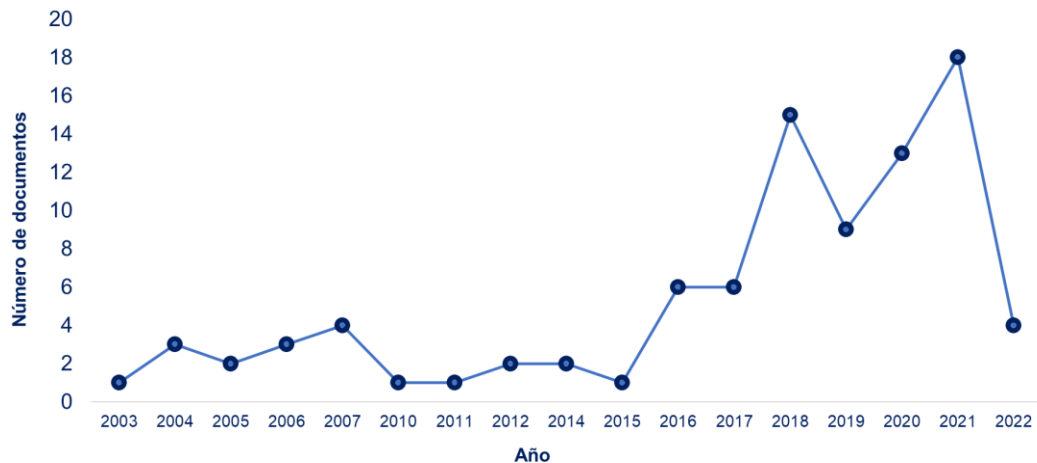
3.1 Análisis sistemático de la literatura relacionada con la economía circular aplicada a la gestión de aguas residuales en el contexto internacional y nacional.

Como resultado del análisis sistemático realizado, se obtuvo un total de 2.649 documentos, la lista se refinó de acuerdo con el protocolo de revisión de documentos, que se basa en una depuración manual de los documentos seleccionados, es así como en una primera fase, se seleccionaron alrededor de 148 publicaciones teniendo en cuenta la lectura manual del título y el resumen.

Posteriormente en una segunda fase, se realizó una lectura más detallada del título, resumen, introducción y conclusiones, reduciendo la cantidad de documentos a 90. Estos documentos se encuentran en un rango de año de publicación entre el 2003 al 2022 y son los definitivos para la elaboración del presente estudio.

Se precisa que la selección de documentos se realizó considerando el objeto de estudio en particular enmarcada dentro de la política de economía circular de aguas residuales en diferentes países. Por su parte, aquellos documentos que trataban de casos de aplicación en proyectos en el marco de dicha economía circular, no se consideraron puesto que desborda el análisis a realizar en este estudio.

Durante la fase de publicación, se analizó los documentos seleccionados considerando que la depuración de estos se realizó asegurando que todos traten sobre economía circular del agua residual, de esta forma, el comportamiento de la publicación de estos documentos por año es el siguiente:

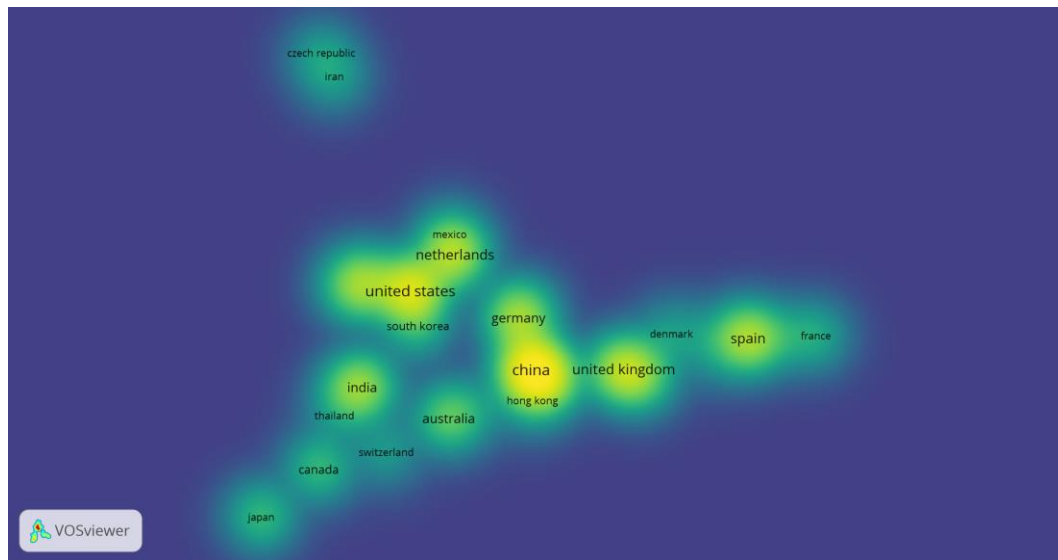


Gráfica 8. Número de documentos publicados relacionados con economía circular del agua residual por año a marzo 2022

Fuente. Scopus – Elaboración propia. Marzo 2022

Aunque *Scopus* permite graficar otras variables, se utilizó como complemento la herramienta *VOS Viewer*, debido a la calidad de graficas generadas, que permiten una mejor comprensión de los análisis a realizar. Para tal fin, se introdujo en *Vos Viewer* un archivo en *csv* generado desde *Scopus* con la información de los 90 documentos, obteniendo los siguientes resultados:

Palabras clave: la siguiente grafica se realizó teniendo en cuenta la concurrencia de las palabras clave de los documentos con el fin de identificar las temáticas más comunes, lo cual se ve reflejado en nodos con un mayor tamaño.



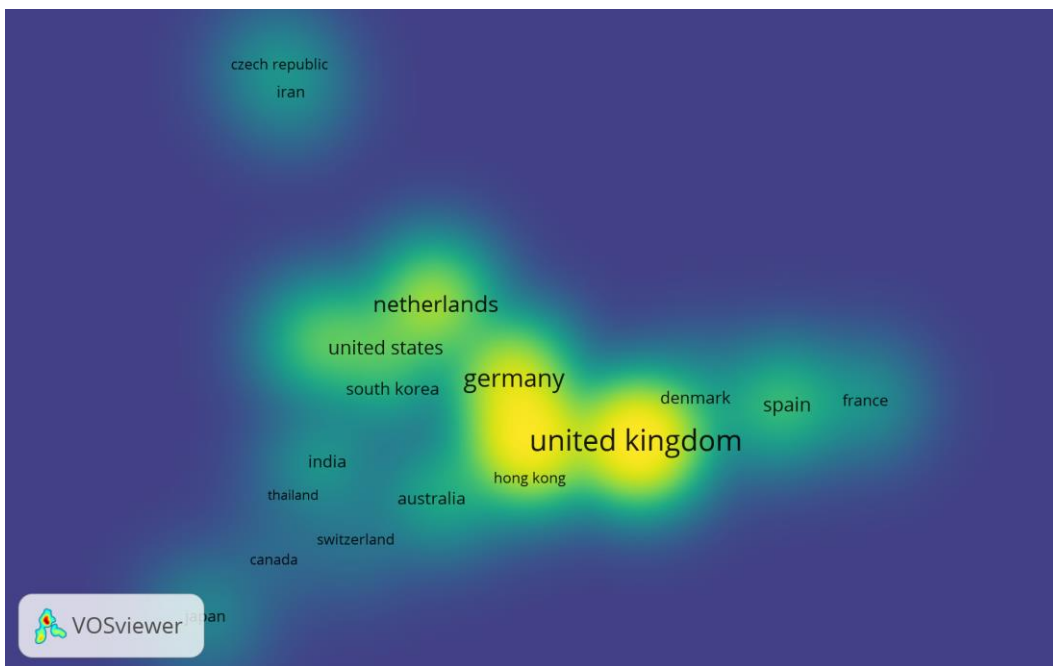
Gráfica 10. Coautoría por países

Fuente. Elaboración propia. Marzo 2022

Cada círculo representa un país y su tamaño refleja la cantidad de documentos publicados en *Scopus*. La distancia entre países evidencia la relación de coautoría, lo que quiere decir que, entre más cercanos, es mayor la fuerza de coautoría entre los países, por su parte, los más alejados reflejan una menor relación de coautoría.

Estados Unidos y La República Popular China, son los países más productivos con 14 y 13 documentos respectivamente. Le sigue Reino Unido, España y Países Bajos con 10 documentos. Por otra parte, los siguientes países cuentan con publicaciones menores a 10 documentos así: Alemania (8), Italia (7), Australia (6), India (6), Singapur y Suecia (5), Canadá, Grecia, Jordán (4), Corea del Sur (3), Dinamarca, Francia, Hong-Kong, Irán, Irlanda, Japón, México, Polonia, Suiza, Taiwán y Finlandia (2), Colombia, República Checa, Hungría, Israel, Líbano, Malasia, Marruecos, Noruega, Qatar, Eslovaquia, Eslovenia, Sur África, República Árabe de Siria, Tailandia, Uruguay, Vietnam (1).

Es importante mencionar que los documentos publicados por Reino Unido, China, Alemania, Países Bajos, Suecia, España, Estados Unidos e Italia, cuentan con más de cien citas siendo los países más representativos en la variable citas de la muestra de estudio como se puede observar a continuación:



Gráfica 11. Densidad en citas

Fuente. Elaboración propia. Marzo 2022

En conclusión, el análisis bibliométrico realizado, permitió evidenciar que los documentos seleccionados son acordes y coherentes con la temática objeto de estudio relacionada con la economía circular del agua residual.

Por otra parte, el análisis permitió identificar aquellos países que realizan más publicaciones en materia de economía circular del agua residual, aunque puede parecer contradictorio con los antecedentes presentados en este documento, teniendo en cuenta que países pioneros en la implementación de la economía circular de aguas residuales, no han realizado publicaciones que permitan conocer sus avances. No obstante, este estudio permitió profundizar en los avances de cada país referente aportando al desarrollo de esta investigación.

3.2 Aspectos limitantes para la implementación de lineamientos en el marco de la economía circular para el manejo de aguas residuales en Colombia

3.2.1 Revisión de lineamientos o marco normativo dirigido a la Economía circular en Colombia

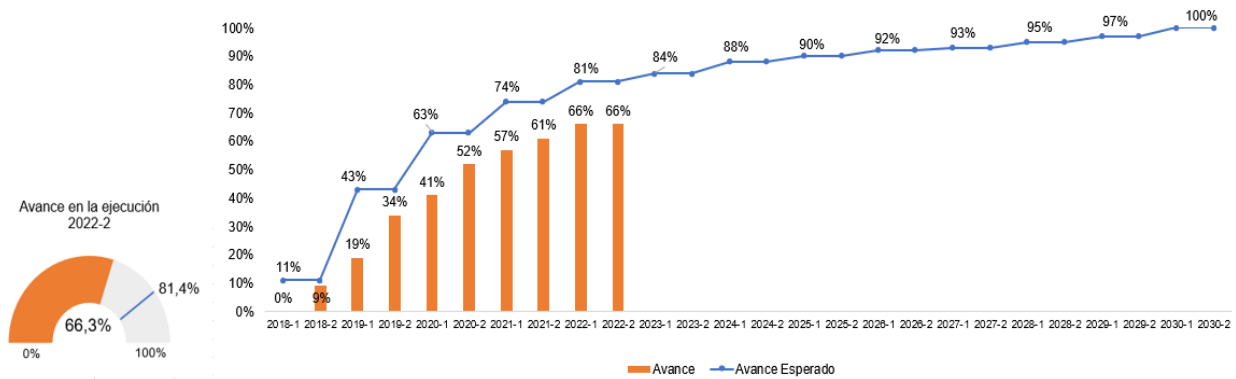
En Colombia, existe un acervo normativo amplio el cual se podría interrelacionar con aspectos de la Economía Circular, por ejemplo, los Conpes relacionados con cambio climático, implementación de ODS, pago por servicios ambientales, edificaciones sostenibles, entre otros. Sin embargo, el propósito de este capítulo es identificar el estado actual de las principales herramientas normativas expedidas propiamente en materia de economía circular de agua residual en el país, lo cual fue obtenido de lo reportado en la página oficial del DNP a través del “SISCONPES²” y adicionalmente, por las respuestas de los requerimientos de información realizados a cada una de las entidades involucradas, mediante los cuales se preguntó sobre el porcentaje de avance de cada acción, si existió algún inconveniente para su cumplimiento o las razones por las cuales no se ha cumplido conforme el cronograma definido. (Ver Anexo C y D).

Como resultado de lo anterior a continuación, se presentan las acciones objeto de análisis para cada instrumento con su respectivo avance:

a. Estado actual del CONPES 3934 - Política de Crecimiento verde

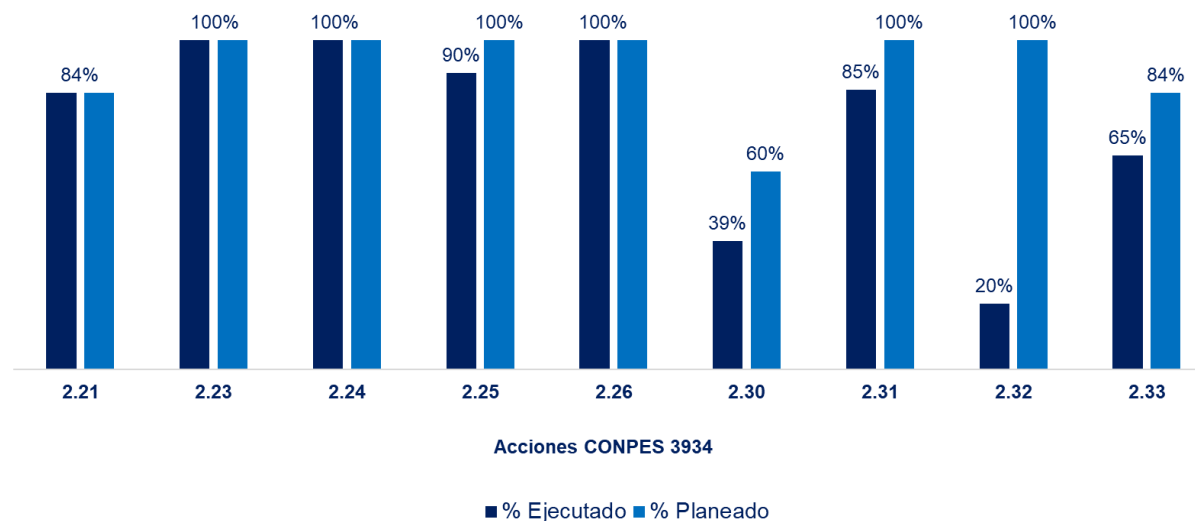
De acuerdo con lo reportado en SISCONPES, se presenta un avance global del 66,33% de cumplimiento para los cinco objetivos del Conpes 3934, como se puede observar en la siguiente gráfica:

² SISCONPES: “Es un aplicativo web desarrollado en el Departamento Nacional de Planeación (DNP) que sirve como herramienta para la gestión de los documentos CONPES”. (DNP, 2023)



Gráfica 12. Estado de avance en el cumplimiento general del Conpes 3934.
Fuente. SISCONPES – abril 2023

Este estudio se enfoca únicamente en el análisis del objetivo 2 del Conpes: “Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo”, debido a que se relaciona con el contexto de economía circular para el flujo de agua. Por lo anterior, la siguiente gráfica presenta el avance del cumplimiento de las nueve metas (ver Anexo A. a) propuestas en dicho objetivo:



Gráfica 13. Estado de avance en el cumplimiento de las metas propuestas para el Conpes 3934.

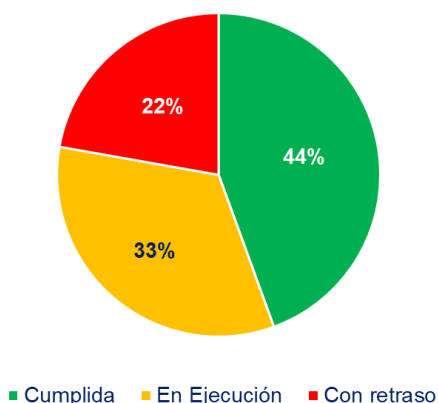
Fuente. Elaboración propia con datos de SISCONPES – abril 2023

Aunado a lo anterior y según las comunicaciones recibidas por parte de las diferentes entidades (ver Anexo D), las acciones adelantadas por cada entidad se presentan a continuación:

Tabla 4. Estado de las acciones Conpes 3934

ACCIÓN	DETALLE
2.21	Se han realizado las asistencias a las CAR conforme lo establecido en el plan.
2.23	Se formuló y publicó el documento "Perdidas en los sistemas de acueducto".
2.24	Se actualizó y publicó el Título E. Tratamiento de Aguas Residuales del RAS y la Resolución 330 de 2017 – RAS.
2.25	Se realizó el documento de Análisis de Impacto Normativo (AIN) titulado "Regulación frente a tarifas por actividad del servicio – tratamiento de vertimientos".
2.26	Se incluyeron fórmulas tarifarias para el cálculo de los costos generados por inversiones ambientales adicionales para la protección de cuencas y fuentes de agua. Se están elaborando estudios para la inclusión de otras temáticas en el componente de sostenibilidad ambiental.
2.30	Las actividades de socialización y participación del programa se retrasaron debido a la pandemia del COVID-19. Se está avanzando en la formulación de la hoja de ruta para la conformación del Comité Nacional del Programa Hidrológico Internacional (ConaPHI-Colombia).
2.31	Se realizó la "Evaluación de la Tasa Retributiva por vertimientos puntuales al agua".
2.32	Se avanzó en la Fase I de diseño de una herramienta de captura de información de la Tasa Retributiva por vertimientos puntuales, no obstante, no han podido culminar el proyecto debido a temas presupuestales.
2.33	Se expidió la resolución 1256 de 2021 y se actualizó el Título E del RAS: Tratamiento de Aguas residuales.

Lo anterior permite concluir que el porcentaje de retraso corresponde al 22% debido a los inconvenientes presentados para las acciones "2.30 Implementar el programa de investigación para la gestión integral del recurso hídrico" y "2.31 Desarrollar un módulo dentro del Sistema de Información del Recurso Hídrico para el seguimiento de la Tasa por Uso de Agua -TUA- y la tasa retributiva".



Gráfica 14. Estado de cumplimiento - Conpes 3934.

Fuente. Elaboración propia con datos de requerimientos – mayo 2023

Como resultado de esta revisión y considerando que el Conpes 3934 busca aportar al país una política de crecimiento económico y sostenibilidad ambiental, mediante este documento se generan lineamientos importantes para la economía circular del agua

residual puesto que sus acciones están encaminadas, entre otras, a la gestión integrada de los recursos hídricos, al tratamiento de aguas residuales que permiten su mejor aprovechamiento y al uso apropiado de tecnologías para el reúso de agua residual.

b. Estado actual de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) en Colombia

La estrategia incluye seis planes de acción para cada flujo de análisis (1. Materiales industriales y productos de consumo masivo, 2. Materiales de envases y empaques, 3. Biomasa, 4. Fuentes y flujos de energía, 5. Agua y 6. Materiales de construcción); para esta investigación se estudia el Flujo de Agua, para el cual se definieron doce acciones y cinco metas. (ver Anexo A. b).

Debido a que no existe un instrumento de seguimiento como el SISCONPES para esta estrategia, los avances que se detallan a continuación se obtuvieron a partir de las respuestas a los requerimientos realizados a cada entidad. A continuación, se resumen los aspectos importantes de cada acción:

Tabla 5. Estado de las acciones Estrategia Nacional de Economía Circular

#	ACCIÓN	DETALLE
1	Esquema de monitoreo y evaluación de la eficiencia e impacto en la implementación de la tasa por uso del agua y la tasa retributiva.	Ninguna entidad se pronunció en esta acción.
2	Implementación de estándares de macro y micro medición en los sistemas de acueducto.	A la fecha todavía no han sido abordadas las acciones consignadas en el plan de acción 5.
3	Pilotos de módulos de consumo de agua en sector agrícola en cultivos priorizados.	Se obtendrá cuatro (4) sistemas productivos con módulos de consumo de agua estimados, articulados al ordenamiento productivo de las cadenas de arroz, papa, ganadería de leche y maíz. No se reporta porcentaje de avance, ya que los procesos de implementación se desarrollan en 2023.
4	Pilotos de aprovechamiento de nutrientes de aguas residuales.	Una vez el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural tengan adjudicados los proyectos piloto se podrán conocer los avances respectivos.
5	Pilotos para medir el aprovechamiento de aguas lluvias.	Se expidió la Resolución 355 de 2021. Se incorporarán acciones a partir del año 2023, con pilotos para medir el aprovechamiento de aguas lluvias.
6	Establecer mecanismos para medir consumos de agua en sector minería, promover ahorro, uso eficiente y criterios de manejo sostenible del agua.	Ninguna entidad se pronunció en esta acción.

Continuación Tabla 5

#	ACCIÓN	DETALLE
7	Implementar 1 plataforma colaborativa para la articulación de las inversiones y acciones públicas y privadas alrededor de economía circular en la línea agua.	La plataforma fue conformada el 30 de noviembre de 2021, con 30 firmantes de actores públicos y privados, entre los que se encuentra el Consejo Nacional del Agua, dos (2) Autoridades Ambientales (Corporinoquia y Corpoboyacá), dos (2) departamentos: Casanare y Boyacá; diez (10) municipios de la cuenca, la empresa de servicios públicos de Yopal: nueve (9) agremiaciones y una (1) organización no gubernamental.
8	Modificación de la Resolución 1207 de 2014 sobre reúso de aguas residuales tratadas.	Se expidió la Resolución 1256 de 2021, relacionada con el uso del agua residual tratada.
9	Modernización del Sistema de Información del Recurso Hídrico para el fortalecimiento de las capacidades de las autoridades ambientales en su ejercicio de comando y control.	Se han adelantado acciones para modernizar el Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH con la inclusión de nuevos módulos y funcionalidades.
10	Piloto de reúso de aguas residuales domésticas tratadas.	Minvivienda, en conjunto con Minambiente, adelanta la implementación de un proyecto piloto de reúso de aguas residuales domésticas tratadas.
11	Documento de política para la gestión de largo plazo de los servicios de agua potable y saneamiento básico hacia el concepto de economía circular y seguridad hídrica.	Ninguna entidad se pronunció en esta acción.
12	Proyecto programa “Clima y sector Agropecuario” para predicción de la oferta hídrica para la planificación de siembras en cultivos priorizados.	El proyecto actualmente se está ejecutando con recursos del BID a través de la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) en el Municipio de San Antero en el Departamento de Córdoba.

Con relación al avance de las metas propuestas y conforme lo informado por las entidades requeridas, el estado es el siguiente:

Tabla 6. Estado de las metas Estrategia Nacional de Economía Circular

INDICADOR	META	DETALLE
Número total de proyectos de reúso de agua (uso seguro del agua residual) autorizados / año	Aumentar en 50% el # de proyectos autorizados de reúso de agua residual tratada a 2022.	En la actualidad existe un reporte de 95 permisos de reúso de agua residual, que corresponden al 41% de las Autoridades Ambientales.
Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado – IPUF	Reducir en un 20,9% el Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado (IPUF) al año 2022	Con corte a 2019 el valor medio nacional del IPUF es de 11,1 m3/suscriptor – mes.
Productividad hídrica	Aumentar a \$5.495,0 pesos de valor agregado por volumen en m3 de agua extraída al 2030	El avance de este indicador es del 100% de acuerdo con lo reportado por la Cuenta Ambiental y Económica de Flujo del Agua, que se realiza bajo el marco conceptual: Oferta – Utilización en unidades Físicas COU – F del agua.
Porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas / total de aguas residuales generadas	Aumentar a 54,3% el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas al 2022	Con corte a 2020, el caudal total tratado por los prestadores del servicio público de alcantarillado de los centros urbanos del país fue de 33,7 m3/s, obteniendo un porcentaje de aguas residuales tratadas del 52,02%, lo que representa un avance en el cuatrienio del 95,80%.

Continuación Tabla 6

INDICADOR	META	DETALLE
Número de Puntos de monitoreo con Índice de Calidad de Agua (ICA) - malo	Disminuir a 20 el número de puntos de monitoreo con índice de Calidad del Agua (ICA) malo al 2022	Según las Metas del Plan Nacional de Desarrollo- SINERGIA, se evidencia un avance cuatrienio del 33,33% de cumplimiento.

Después de analizar la información de las acciones y metas para este instrumento, no es claro el estado real del mismo, teniendo en cuenta que no se cuenta con una línea base de referencia, de igual forma, las metas de los indicadores están sujetas al Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, y aunque el plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 incluye generalidades de circularidad, a la fecha no hay nuevas directrices o lineamientos por parte del Gobierno Nacional frente a esta estrategia y su continuidad con las metas del 2030, aun así, se puede inferir, que el 33% de acciones se han realizado acorde con lo establecido en el plan de acción de la estrategia vigente.



Gráfica 15. Estado de cumplimiento ENEC – Acciones Flujo Agua.

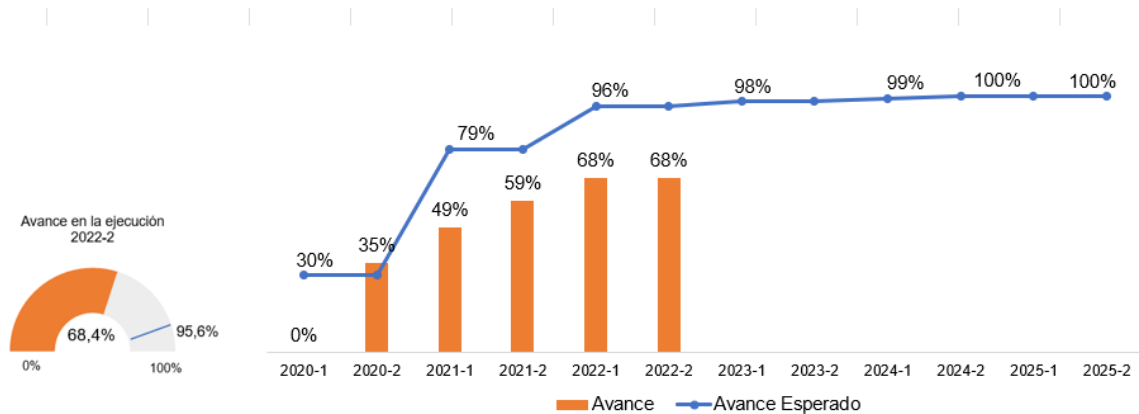
Fuente. Elaboración propia con datos de requerimientos – mayo 2023

La ENEC es el eje central de este estudio debido a que es la estrategia definida por el Gobierno Nacional para los temas de Economía Circular. De esta manera, los lineamientos para el agua residual, se reflejan en el plan de acción del flujo de agua, con las acciones encaminadas principalmente al *“monitoreo y evaluación de la eficiencia e impacto en la implementación de la tasa retributiva”*, la *“ejecución de pilotos para aprovechamiento de nutrientes de aguas residuales”*, para el *“reúso de aguas residuales domesticas tratadas”* y la *“modificación de la Resolución 1207 de 2014 sobre reúso de aguas residuales tratadas”*, con el fin de lograr las metas país, frente al incremento en el tratamiento de aguas residuales urbanas y de los proyectos de reúso de dicha agua.

Aunque se evidencia un esfuerzo para dar cumplimiento a las acciones, el 66% de las mismas aún se encuentran pendientes de culminar, retrasando los avances de la estrategia con corte a 2022.

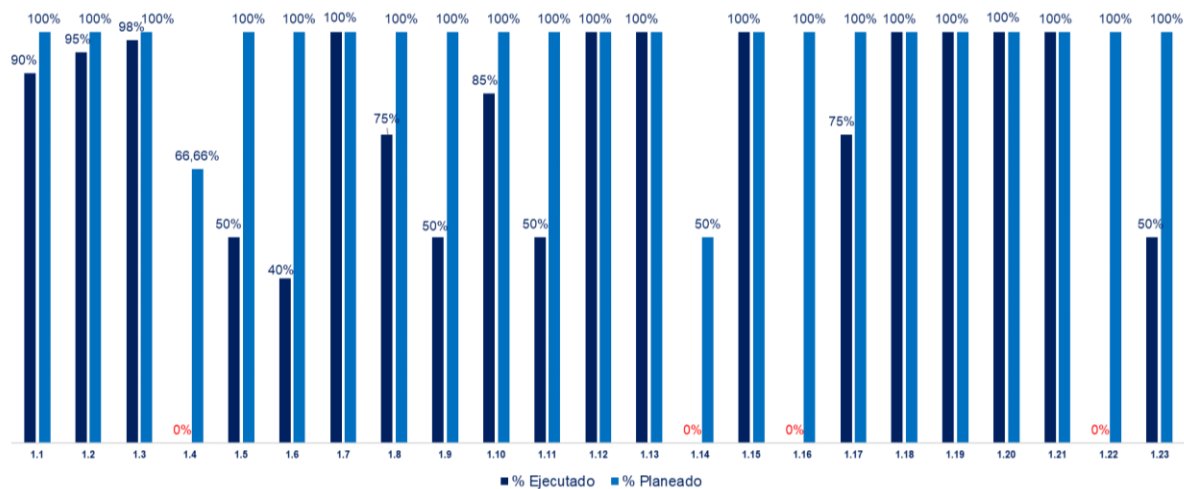
c. Estado actual Conpes 4004 - Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales

De acuerdo con lo reportado en SISCONPES, con corte al primer semestre de 2022, el estado de cumplimiento para los tres objetivos establecidos en el CONPES 4004 cuenta con un porcentaje de avance global igual a 68,4%, como se observa en la siguiente gráfica:

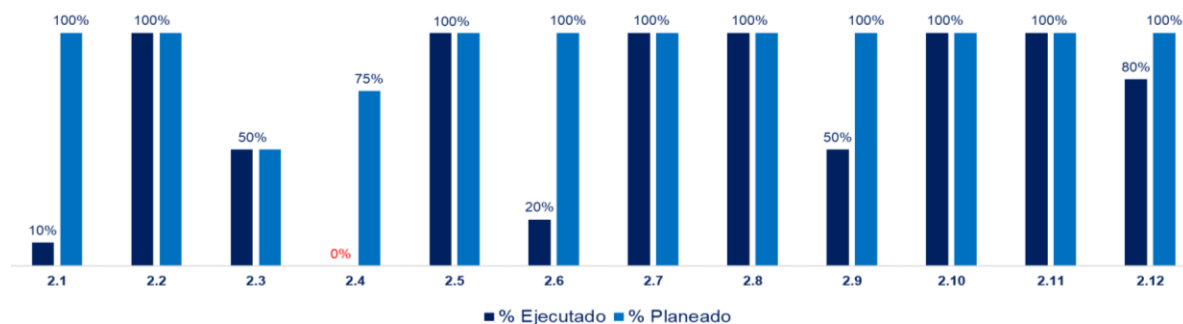


Gráfica 16. Estado de avance en el cumplimiento general del Conpes 4004.
Fuente SISCONPES – abril 2023

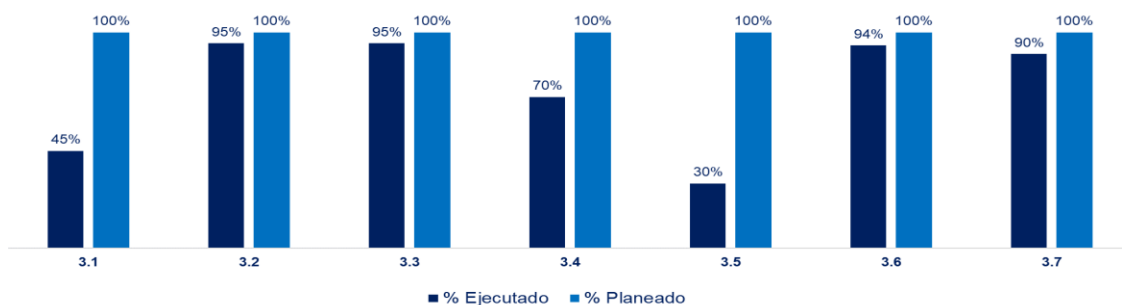
Este estudio analiza los tres objetivos debido a la relación directa en materia de economía circular del agua (ver Anexo A. c). La siguiente gráfica, presenta el avance del cumplimiento por cada objetivo, de acuerdo con la información disponible en SISCONPES:



Gráfica 17. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 1 – Gobernanza y Capacidad Institucional - Conpes 4004.
Fuente SISCONPES – abril 2023



Gráfica 18. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 2 – Estrategias para promover la Economía Circular - Conpes 4004.
Fuente SISCONPES – abril 2023



Gráfica 19. Estado de avance en el cumplimiento del Objetivo 3 – Información Sectorial - Conpes 4004.
Fuente SISCONPES – abril 2023

Según SISCONPES, con corte al 2022-1, el cumplimiento de los objetivos es: 67% para el objetivo 1, 68% para el objetivo 2 y 74% para el objetivo 3.

No obstante, y considerando las comunicaciones recibidas por parte de las diferentes entidades como respuesta frente al requerimiento realizado (Ver Anexo D), los aspectos determinantes para cada acción se resumen así:

Tabla 7. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 1

Objetivo 1: Fortalecer la gobernanza y capacidad institucional del sector para promover la economía circular en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.	
ACCIÓN	DETALLE
1.1	Se formuló y aprobó el plan de acción del Consejo Nacional del Agua (CNA).
1.2	Se elaboró un documento de lineamientos para el desarrollo del plan de acción regional.
1.3	Se sancionó e implementó el Decreto 1425 de 2019.
1.4	Se han adelantado varias acciones conformando una mesa técnica Interinstitucional con la participación del MVCT, DNP, CRA y SSPD para articulación de las entidades del sector en el avance de la gestión de pérdidas y apoyar la formulación y estructuración de los pilotos.
1.5	Se avanzó en el documento de revisión de bases del nuevo marco tarifario relacionados con incentivos para la reducción de pérdidas de agua en los sistemas de acueducto.
1.6	Se formuló la guía para la optimización energética en sistemas de tratamiento de agua.
1.7	Se expidió la Resolución 799 de 2021 y el Decreto 1510 de 2021.
1.8	La SSPD publicó los resultados de IUS.
1.9	Se realizaron mesas de articulación con la SSPD, siendo necesario para esta acción, la versión ajustada del cálculo del IUS.
1.10	Se expidió el Decreto 086 de 2022.
1.11	<ul style="list-style-type: none"> Montes de María - Bolívar, (estructurado e implementado) Regional acueducto metropolitano para los municipios de Cúcuta, Villa Del Rosario y los Patios - Francisco De Paula Santander, Córdoba - Regional Costanero (Canalete, Puerto Escondido y Los córdobas) y San Jorge (La Apartada, Buenavista, Pueblo Nuevo), (en estructuración)
1.12	Asistencia técnica y acompañamiento a dos (2) esquemas regionales: Sur de la Guajira (implementado en la vigencia 2020) y Regional Montes de María (Bolívar) (implementación en la vigencia 2021).
1.13	Se expidió la Resolución CRA 963 de 2022.
1.14	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto en etapa de prefactibilidad: “Embalse Multipropósito Los Besotes” - Cesar en el departamento del Cesar. Proyectos en desarrollo “Estructuración integral de las soluciones de agua y/o saneamiento para el Golfo de Morrosquillo”, en los departamentos de Sucre y Córdoba.
1.15	Se realizó jornadas de asistencia técnica en el proceso de estructuración de proyectos de inversión a municipios priorizados.
1.16	A corte de mayo de 2022, se avanzó con la revisión de las propuestas técnicas para el desarrollo de la consultoría.
1.17	Se elaboró el informe de resultados de la vigencia 2021, de acuerdo con la Resolución 661 de 2019.
1.18	Se elaboró el documento de buenas prácticas en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
1.19	Se realizó la guía metodológica para adelantar los ejercicios de priorización de inversiones para el sector de agua potable y saneamiento básico (APSB).
1.20	La acción se finalizó sin inconvenientes en su ejecución.
1.21	Ninguna entidad se pronunció para esta acción, sin embargo, en SISCONPES se reporta cumplida.
1.22	El MVCT no puede adelantar estudios para el cambio en la composición del FIA, dadas las limitaciones de orden contractual.

Continuación
Tabla 7

Objetivo 1: Fortalecer la gobernanza y capacidad institucional del sector para promover la economía circular en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.	
ACCIÓN	DETALLE
1.23	Se están adelantando los estudios del nuevo marco tarifario, dentro de los cuales se encuentran los estudios de “Revisión de los Costos de Inversión”, “Estudio de pérdidas y demandas” y “Análisis del Componente de Sostenibilidad Ambiental”.

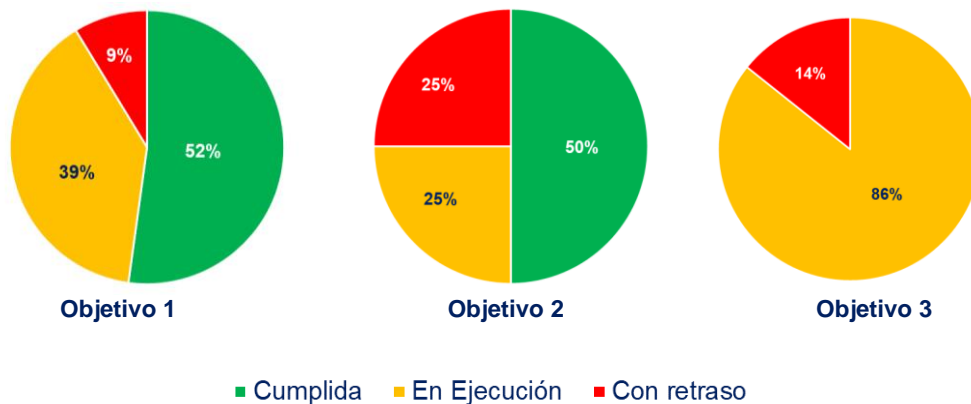
Tabla 8. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 2

Objetivo 2: Desarrollar estrategias para promover la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales que permita asegurar la oferta de agua en el largo plazo.	
ACCIÓN	DETALLE
2.1	Se está adelantando una revisión técnica y jurídica de la normativa con el fin de estructurar una propuesta de ajuste. Es importante mencionar que estas tasas, son tributos ambientales reglamentados bajo el sistema y método del artículo 42 y 43 de la Ley 99 de 1993; y bajo principios tributarios. En este sentido, una propuesta de modificación de estas tasas deberá contar con el debido sustento técnico y jurídico, así como del procedimiento contenido en el Sistema Integrado de Gestión.
2.2	Se elaboró y publicó el PMAR como instrumento de política a través del cual se busca priorizar y reconocer interinstitucionalmente las acciones e inversiones requeridas para el saneamiento de vertimientos municipales con una visión 2020-2050.
2.3	A la fecha se cuenta con 2 estructuraciones, de una meta de 5. Los municipios que se están apoyando en desarrollo de la acción hacen parte de los municipios priorizados en el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales 2020-2050.
2.4	Se elaboró un documento, no obstante, los resultados obtenidos no presentaron suficiente consistencia para los análisis, por lo cual, no se recomendó hacer la publicación. Se están adelantando estudios con la información relacionada con la medición de parámetros de remoción de carga orgánica en los sistemas de tratamiento para los últimos 10 años para realizar la publicación correspondiente.
2.5	Se actualizó el Título E del RAS Tratamiento de Aguas residuales y la Resolución 330 de 2017 (RAS).
2.6	Se ha avanzado en la elaboración de un documento base del estudio para el análisis de los subproductos generados en los procesos de tratamiento de agua potable y residual.
2.7	El estudio culminó en el año 2020 y se encuentra publicado en la página del Observatorio del Sistema de Ciudades.
2.8	Se estructuró un proyecto piloto para identificar potencialidades de reúso de aguas residuales domésticas tratadas. Adicionalmente, se han adelantado los siguientes pilotos: <ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Piloto para el reúso de aguas residuales domésticas en el Municipio de San Antero (Córdoba). • Proyecto Piloto de recolección y aprovechamiento de Aguas Lluvias en escuelas del área rural del Municipio de Bagadó en el Departamento del Chocó.
2.9	Se elaboró la Guía Metodológica para la formulación y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, se espera la implementación de los lineamientos en el marco de un proyecto piloto.
2.10	Se realizaron jornadas de socialización con autoridades ambientales y con los agremiados a la ANDI. Así mismo, se cuenta con un documento de preguntas frecuentes.
2.11	Se elaboró el documento guía metodológica para el Plan de Gestión Social, en el cual se definen los lineamientos para la formulación, implementación y seguimiento de los Plan de Gestión Social en el marco de los PDA.
2.12	Las acciones adelantadas se encuentran conforme lo planteado en el PAS del Conpes.

Tabla 9. Estado de las acciones Conpes 4004 – Objetivo 3

Objetivo 3: Mejorar calidad y confiabilidad de la información sectorial para la toma de decisiones en relación con la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.	
ACCIÓN	DETALLE
3.1	Se está adelantando el proceso de selección de consultoría para la reestructuración del Sistema Único de Información, relacionado con la prestación de servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.
3.2	Se instaló la Mesa Técnica de Gestión Eficiente de la Información (MGEI), integrada por las entidades del Sector de APSB (DNP, MVCT, DANE, CRA, IGAC, SSPD), con el propósito de establecer acciones conjuntas para propiciar los ejercicios de interoperabilidad entre el SUI y los distintos sistemas de información.
3.3	De acuerdo con lo informado por las entidades no se han presentado inconvenientes en el desarrollo de la acción.
3.4	De acuerdo con lo informado por el DANE no se han presentado inconvenientes en el desarrollo de la acción, no obstante, según el reporte en SISCONPES se evidencia un retraso en el cumplimiento de la acción.
3.5	El DANE se encuentra trabajando en el desarrollo e implementación de la plataforma web del Sistema; se espera contar con el sistema de información el tercer trimestre del 2022.
3.6	De acuerdo con lo informado por el DANE no se han presentado inconvenientes en el desarrollo de la acción, no obstante, según el reporte en SISCONPES se evidencia un retraso en el cumplimiento de la acción.
3.7	Se trabajó en la reestructuración del gestor de contenidos del SINAS.

Con lo anterior, se evidencian algunas diferencias en los porcentajes de cumplimiento de cada acción entre lo manifestado por las entidades con lo reportado en SISCONPES, por lo tanto, se puede inferir que el objetivo 1 tiene el 52% de acciones cumplidas, el objetivo 2 el 50% y para el objetivo 3 aún no se han cumplido las actividades, estando el 86% de las mismas, en ejecución.



Gráfica 20. Estado de cumplimiento Conpes 4004 – Información Sectorial

Fuente. Elaboración propia con datos de requerimientos – mayo 2023

De igual forma, se evidenció que 5 acciones se reportan en 0% en SISCONPES. Aun así, las entidades responsables de las mismas informaron los inconvenientes presentados y las acciones complementarias que han realizado para posteriormente cumplirlas, pese a

las justificaciones, estos resultados permiten concluir que el cumplimiento del Conpes se ha visto limitado en cuanto a las publicaciones o estudios que se deben realizar acerca del proceso de formulación y estructuración de proyectos de acueducto y alcantarillado; sobre los procesos de operación y eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes en el país; sobre el uso de subproductos (biosólidos, arenas, biogás, entre otros) generados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de agua potable; sobre la composición del Fondo de Inversiones de Agua (FIA) para apalancar recursos y financiación para los Planes Departamentales de Agua; y finalmente sobre las limitaciones para definir los ajustes a los instrumentos de financiación tasa por utilización del agua y tasa retributiva, y la reestructuración de los sistemas de información sectoriales.

3.2.2 Revisión de Herramientas o actos administrativos que reglamentan el tratamiento de agua residual en Colombia

Con el fin de complementar el estudio de los documentos de política o lineamientos generales, se analizaron los documentos técnicos desarrollados para la materialización y puesta en marcha de la economía circular del agua residual en Colombia. De esta manera, se analizó el Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y el Título E - Tratamiento de aguas residuales; la Resolución 631 de 2015 que reglamenta los vertimientos puntuales; la Resolución 1256 de 2021 que reglamenta el uso del agua residual tratada; los reportes de la mesa de Economía Circular del DANE y el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) que define la hoja de ruta para dar lineamiento de la política pública relacionada con el manejo de las aguas residuales municipales en Colombia a 2050.

Aunque existen más documentos técnicos relacionados con aguas residuales, estos fueron objeto de análisis como material de referencia para conocer el contexto de la situación en el país y no se incluyeron en el análisis de economía circular puesto que desbordan el alcance del presente estudio, entre estos documentos se encuentran documentos de consultoría adelantados por el Gobierno en materia de aguas residuales, el estudio sectorial de la SSPD, el Decreto 1745 de 2021 sobre conexión de redes de recolección a PTAR, el Plan Director de APSB, entre otros.

A continuación, se describen los principales aportes de la gestión de aguas residuales en un contexto de economía circular, de los documentos objeto de análisis:

- **Resolución 330 de 2017. Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS):**

- La Resolución define los conceptos de Aguas Residuales Domésticas, (ARD), Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD) y Aguas residuales municipales.

- Establece que en el tratamiento de AR se debe optimizar el manejo o aprovechamiento de los subproductos definidos como biogás, lodos y biosólidos y agua tratada, en concordancia con la estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI).

- Da lineamientos frente a la caracterización, tratamiento, infraestructura, tecnologías y disposición final o aprovechamiento de lodos, biosólidos y biogás.

- Da lineamientos frente al tratamiento de aguas residuales en el marco de la adaptación a la variabilidad y cambio climático destacando la importancia del uso adecuado de las aguas residuales tratadas, el uso de infraestructura sostenible, energías con biogás, uso de biosólidos en agricultura y como medio para captura de CO₂, reducción de emisiones, aportes económicos debidos al aprovechamiento de subproductos del tratamiento de aguas residuales, entre otros.

- **Título E. Tratamiento de aguas residuales – Anexo RAS**

- Es un manual de buenas prácticas de ingeniería el cual sirve como guía para el cumplimiento de lo establecido en el Resolución 330 de 2017, teniendo en cuenta que esta es la principal norma técnica para los sistemas de tratamiento de aguas residuales, a su vez, incluye las fichas técnicas sobre tecnologías de tratamiento lodos.

- Incluye aspectos asociados al reúso y aprovechamiento de subproductos del agua residual considerando el concepto de economía circular en el marco de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico.

➤ A lo largo del documento, se presentan aspectos relacionados con generalidades y caracterización del AR, desarrollo de un proyecto de AR, tratamientos descentralizados y centralizados, lodos, biosólidos, gases y reúso del AR.

- **Resolución 631 de 2015. Reglamentación de vertimientos puntuales**

➤ La Resolución define los conceptos de Agua Residual Doméstica (ARD), Agua Residual No Doméstica (ARnD) y Vertimiento.

➤ Incluye los parámetros y valores máximos permisibles para realizar vertimientos actividades productivas relacionadas con agroindustria, ganadería, minería, hidrocarburos, productos alimenticios y bebidas, fabricación y manufactura de bienes, actividades asociadas con servicios, entre otras actividades de ARnD.

➤ Establece que las autoridades ambientales en cabeza de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las responsables de hacer seguimiento y control al cumplimiento de la presente Resolución a través de los permisos de vertimientos.

- **Resolución 1256 de 2021. Reglamentación del uso del agua residual tratada**

➤ Presenta las definiciones de reúso, recirculación, usuario generador, usuario receptor.

➤ Esta reglamentación surge como resultado de lo contemplado en la Estrategia Nacional de Economía Circular y el Conpes 3934 de 2018 frente al reúso, además de la necesidad de modificar lo establecido en la derogada Resolución 1207 de 2014 para promover el uso de las aguas residuales.

➤ Genera lineamientos para la recirculación y reúso de agua residual tratada y se establece para los usos agrícola e industrial los criterios mínimos de la calidad del AR.

- **Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020-2050**

➤ Es una hoja de ruta para dar continuidad a los avances en materia de descontaminación y mejoramiento del recurso hídrico del PMAR 2004 y así dar cumplimiento a las metas del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 y de las metas trazadas para el cumplimiento del sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) con el fin de alcanzar el 68,6% en el año 2030, así como aportar a la sostenibilidad de las inversiones hasta lograr una cobertura universal en materia de tratamiento de AR en Colombia. Lo anterior, se justifica en un marco normativo, entre los cuales se destacan la Estrategia Nacional de Economía Circular, el Conpes 3934 y el Conpes 4004.

➤ Presenta los retos del sector en el manejo de las aguas residuales, por lo tanto, mediante este plan se priorizaron 58 municipios en los cuales se concentra el 73% de la población en la cabecera del país y se definieron las estrategias y acciones que se requieren desarrollar en los próximos 30 años a nivel normativo y regulatorio, institucional, de inversión y financiero.

➤ Presenta el Programa Saneamiento de Vertimientos (SAVER) como una herramienta para la instrumentalización del PMAR 2020-2050 para avanzar con el manejo de las aguas residuales municipales en el país, reducir la contaminación de las fuentes receptoras de vertimientos municipales y cumplir con las metas del ODS 6 a 2030 (agua limpia y saneamiento) además de lograr algún tipo de tratamiento en más del 80% de los municipios en 2050.

- **Informes de la mesa de Economía Circular – DANE – Sexto reporte**

➤ Desde el año 2019 se estableció la Mesa de Estadísticas de Economía Circular en línea con la Estrategia Nacional de Economía Circular – ENEC, mediante la cual se articulan las entidades del Gobierno a través de submesas con el fin de definir y fortalecer la información estadística sobre cada temática asociada a la economía circular.

➤ A la fecha se han presentado seis reportes de Economía Circular, cada reporte presenta la información, dentro de los cuales se destaca la información de Flujos de agua mediante

el cual se analiza información relacionada con aguas residuales y reúso contemplando los procesos que se llevan a cabo en el país.

Estos instrumentos, permiten materializar acciones o proyectos con enfoque de economía circular desde un componente técnico, puesto que habilita las opciones para realizar el aprovechamiento de subproductos y reúso de agua, además de brindar los lineamientos requeridos para la ejecución de los proyectos. De igual forma, el PMAR presenta los retos del sector en el manejo de las aguas residuales a 2050, lo cual permitirá consolidar y poner en marcha las acciones necesarias para cumplir con dichas metas.

3.2.3 Consulta a expertos del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en Colombia

Se realizaron diez entrevistas a expertos sectoriales con el propósito de conocer su percepción frente a los aspectos normativos, técnicos, financieros y administrativos de la estrategia de economía circular del agua residual en Colombia. El detalle de cada entrevista se puede consultar en el Anexo E.

Dichas encuestas, permitieron evidenciar que la política actual y su reglamentación técnica es un primer avance en materia de circularidad de agua residual. Sin embargo, por falta de conocimiento de las políticas y sus beneficios, a la fecha no hay claridad de cómo poner en práctica la circularidad de agua residual en el país.

Frente a los instrumentos de política, se menciona que no son suficientes, adecuados y/o completos para lograr el aprovechamiento del agua debido a que aún se está realizando seguimiento a los documentos Conpes y a su vez, se encuentra pendiente por reglamentar otros aspectos importantes como las pérdidas de agua, eficiencias de remoción, entre otros, de igual manera, se evidencia la necesidad de ampliar los posibles usos en sectores diferentes al agrícola e industrial.

No obstante lo anterior, se indicó que en Colombia si se pueden implementar proyectos en el marco de la economía circular del agua residual puesto que se cuenta con capacidades técnicas y tecnológicas. Sin embargo, según los expertos, algunas limitaciones para dicha implementación se pueden resumir así:

- Desconocimiento o poca concientización por parte de usuarios (20%)
- Administrativas (30%)
- Tecnológicas (30%)
- Falta de incentivos (30%)
- Falta de mercados para AR Tratadas (40%)
- Falta de comunicación y articulación entre entidades (50%)
- Falta de educación ambiental (55%)
- Financiera (Inversiones) (60%)
- Económica (Costos de tratamiento de AR) (60%)
- Técnicas (70%)
- Falta de claridad o limitaciones normativas (95%)

Las limitaciones relacionadas con los costos de inversión y la falta de incentivos técnicos y económicos impiden en gran medida el desarrollo de proyectos de esta envergadura.

Por lo anterior, el reúso no es considerado parte de la cadena de valor del servicio público de alcantarillado y por lo tanto no se puede cobrar vía tarifa, razón por la cual no es claro el financiamiento de este tipo de aprovechamiento y además que no existe claridad de la relación entre usuario generador y usuario receptor frente a la concepción del modelo de negocio. De esta manera, el reúso está concebido desde el componente ambiental y no se han desarrollado las herramientas económicas y financieras que le den viabilidad, razón por lo cual se deben trabajar aspectos que limiten la materialización de la estrategia de EC mediante el desarrollo específico del ámbito normativo considerando las particularidades e intereses que se pueden presentar en el país.

Como resultado de las entrevistas con los expertos, se puede concluir que la estrategia de economía circular de aguas residuales en Colombia ha avanzado con algunos aspectos técnicos reflejados en la reglamentación. No obstante, faltan aspectos determinantes desde los ámbitos técnico, administrativo, jurídico, económico y financiero, que permitan impulsar la implementación de estos proyectos, que a su vez debe estar acompañado de incentivos para obtener el interés deseado.

3.3 Aspectos de mejoramiento en la estrategia de economía circular para el manejo de aguas residuales municipales en Colombia

De acuerdo con lo definido en la metodología de estudio, a continuación, se presentan algunos aspectos de mejoramiento a considerar, desde los componentes normativos, técnicos, financieros, administrativos y sobre sistemas de información:

3.3.1 Aspectos sobre Linamientos o Marcos Normativos

Con relación a la Estrategia de Economía Circular, el flujo de agua considera la producción hídrica y el reúso de agua. No obstante, no se incluyó el aprovechamiento de subproductos del agua residual, siendo este un aspecto de gran relevancia en la economía circular del agua residual por los beneficios que genera.

Por su parte, existen dos documentos de política relacionados con economía circular los cuales presentan metas claras y directas frente a la gestión del agua residual y que fueron objeto de análisis en este estudio. De igual forma, existen otros documentos que no tienen el enfoque de economía circular y aun así involucran aspectos relacionados con aguas residuales. En esta medida, se recomienda que la generación de documentos de política sea preciosa y minuciosa al momento de definir acciones o metas relacionadas con un tema o elemento común. Esto permitirá simplificar los metas, la cantidad de documentos y así se podrán enfocar los resultados que el país busca en cumplimiento de metas gobierno en materia de aguas residuales.

Las acciones y metas que se plantean en los documentos de política deben ser alcanzables, considerando que las actividades, proyectos o estudios deben contar con un presupuesto asignado para su respectiva ejecución. Esto se hace necesario considerarlo puesto que, en el análisis realizado algunas acciones no se han podido ejecutar por falta de presupuesto o su alcance es demasiado amplio lo que implica mayor tiempo e inversiones para su cumplimiento. De igual forma, los plazos de cumplimiento deberían considerarse a corto o mediano plazo, con el fin de lograr un seguimiento adecuado y así contar con resultados inmediatos, razón por la cual se reitera la importancia de que estos

deben ser alcanzables frente a las líneas base que se definan en la formulación de la política.

Se considera fundamental fortalecer el trabajo en equipo entre las entidades involucradas en una política o crear una figura que asocie a las mismas para lograr mayor comunicación e interrelación y así alinear el cumplimiento de un mismo objetivo considerando los intereses de todas las entidades. Esta recomendación surge teniendo en cuenta que el tema de economía circular de agua residual involucra al sector ambiente, agua y saneamiento, agricultura, salud, entre otras. No obstante, se logró identificar algunos aspectos que pudieron tener resultados más convenientes con una comunicación más participativa, incluyente y asertiva. Por ejemplo, la definición de los usos en el marco del reúso o recirculación.

Desde otro punto de vista, la reglamentación técnica en la actualidad posibilita el reúso o recirculación de agua residual, así como su aprovechamiento. Sin embargo, se considera pertinente generar reglamentación puntual sobre como implementar o materializar los proyectos de aprovechamiento y circularidad de agua residual con el fin de aumentar proyectos con enfoque de economía circular. Vale la pena mencionar que a la fecha, y según lo publicado por la SSPD, únicamente siete (7) prestadores de servicios públicos han realizado acciones de reúso en actividades de riego de zonas verdes, industrial y agrícola (SSPD, 2022). De igual forma, MinAmbiente, informó que existe un reporte de 95 permisos de reúso de agua residual, distribuidos en trece (13) Corporaciones que corresponden a el 41% de las Autoridades Ambientales consultadas (ver Anexo D).

Finalmente, es necesario ampliar los estudios que permitan incluir en la reglamentación otros usos para aprovechamiento o circularidad de aguas residuales, así como se deben fortalecer las políticas y reglamentos para aprovechar adecuadamente los subproductos que resultan del tratamiento de aguas residuales.

Es preciso mencionar que las políticas o normas a expedirse en Colombia deben estar alineadas al Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, conforme lo definido en las “*Bases Plan Nacional de Desarrollo - PND*” las cuales promueven la economía circular mencionando como catalizador de este plan, el “*uso eficiente de los recursos para el*

desarrollo de ciudades circulares”, puntualizando que se “desarrollarán alternativas de reúso de aguas residuales tratadas y el aprovechamiento de subproductos para el uso eficiente del recurso hídrico, además de fomentar la digitalización, medición inteligente, control de pérdidas e innovación del sector agua y saneamiento básico” (DNP, 2022).

3.3.2 Aspectos Técnicos

En Colombia, solo el 53,12% de aguas residuales son tratadas (SSPD, 2022). Por ello, es necesario focalizar esfuerzos para aumentar este porcentaje teniendo en cuenta que los proyectos con enfoque de Economía Circular de agua residual así lo requieren. En este sentido, se considera necesario buscar alternativas adicionales que promuevan proyectos de tratamiento de aguas residuales, puesto que las metas definidas en el PMAR son a largo plazo. Aunado a lo anterior, es indispensable que la infraestructura de tratamiento cuente con la tecnología necesaria para un agua residual tratada adecuadamente. Por lo anterior, una opción es a través de la gestión de recursos mediante cooperación internacional que puede permitir aumentar la cobertura de tratamiento de aguas residuales en Colombia y así avanzar a la circularidad del agua residual.

Por su parte y teniendo en cuenta que a la fecha los proyectos de circularidad o aprovechamiento de aguas residuales no son obligatorios y que a su vez no existen los incentivos necesarios para su implementación, se propone que desde el Gobierno Nacional se enfoquen los esfuerzos necesarios para realizar pilotos de proyectos con enfoque de economía circular de agua residual en departamentos o municipios con problemáticas de escasez del recurso hídrico. La Tabla 10 permite identificar aquellos departamentos afectados en temporada de sequía (temporada seca) y que a su vez no cuentan con fuentes alternativas para su abastecimiento.

Tabla 10. Departamentos susceptibles al desabastecimiento en temporada seca

Categoría de Sequia	Departamento	# de municipios
Sequía excepcional	Antioquia	1
	Atlántico	6
	Bolívar	6
	Boyacá	2
	Córdoba	1
Sequía excepcional	Cundinamarca	4
	Santander	2
	Sucre	3

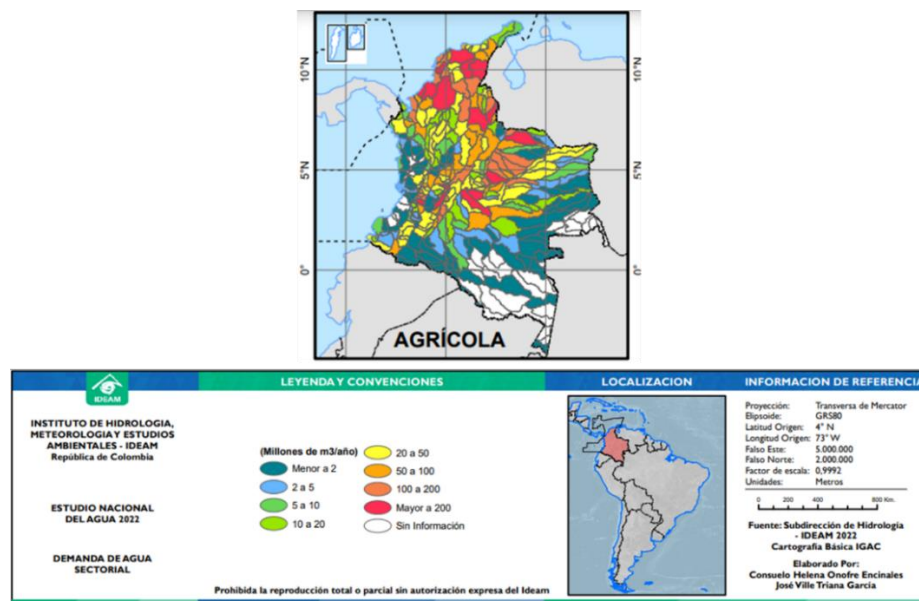
Continuación Tabla 10

Categoría de Sequía	Departamento	# de municipios
Sequía extrema	Bolívar	3
	Santander	2
	Atlántico	3
	Bolívar	4
	Boyacá	1
Sequía moderada	Córdoba	1
	Cundinamarca	1
	Santander	1
	Valle del Cauca	2
	Atlántico	1
Sequía severa	Bolívar	1
	Valle del Cauca	1
Total		46

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Ideam, 2023)

Lo anterior conlleva a la necesidad de ampliar la reglamentación con el fin de incluir el abastecimiento dentro de las opciones de reúso, siempre enmarcado en los requisitos de calidad necesarios para el consumo humano.

De igual forma, se pueden focalizar posibles proyectos piloto en zonas en los cuales la demanda de agua es principalmente de uso agrícola, considerando que la Resolución 1256 de 2021 habilitó el reúso con fines agrícolas y así, satisfacer la necesidad de los usuarios en conjunto con la exploración de los beneficios de la circularidad.



Gráfica 21. Demanda de agua para el sector agrícola.

Fuente. (Ideam, 2023)

Esta recomendación surge considerando que el sector agrícola históricamente ha demostrado que es el sector que consume la mayor cantidad de agua (ver Tabla 11), razón por la cual es necesario implementar fuentes alternativas para este uso y así proteger de la presión generada a las fuentes superficiales y subterráneas.

Tabla 11. Demanda Hídrica por sectores 2008-2020

Demanda Hídrica (millones de m³/año)	ENA 2010 2008	ENA 2014 2012	ENA 2018 2016	ENA 2022 2020
Agricultura y postcosecha	19.202	16.775,2	16.066,9	13.984,1
Hidroenergía	6.976	7.740,3	9.069,5	8.224,4
Piscícola	2.583,9	1.232,9	3.023,2	3.971,8
Domestico	2.606	2.963,4	2.747,2	2.857,9
Pecuario y sacrificio	1.411,9	1.455,1	1.554,9	1.538,7
Minería	1.577,1	2.106	1.074,6	660,9
Hidrocarburos	-	640,6	668,2	419,5
Industria	-	592,8	581,3	364,1
Servicios/Oficial	528,2	481,8	570,9	210,7
Construcción	-	-	435,8	99,9

Fuente. (Ideam, 2023)

De esta manera, la toma de decisiones puede contemplar diferentes indicadores que permitan desarrollar proyectos en el marco de economía circular de agua residual y a su vez contribuir a problemas del país en cuanto al acceso al agua, garantizando en todo momento los criterios mínimos de calidad que requiera cada uso o sector.

Finalmente, es necesario implementar mecanismos de educación ambiental desde el componente técnico, teniendo en cuenta que las prácticas de reúso sin control pueden conllevar a una emergencia sanitaria. Por esto, la ruralidad del país debe ser capacitada con el apoyo de las entidades territoriales y ambientales; de igual forma, se considera que el componente de educación ambiental debe ser involucrado desde la educación básica colombiana para fomentar su relevancia en las futuras generaciones.

3.3.3 Aspectos Económicos y Financieros

En primera instancia, las políticas en materia de economía circular de agua residual deben ser planificadas en conjunto con instrumentos económicos y financieros para su adecuada implementación.

Por su parte, en cuanto a la formulación y ejecución de proyectos, y considerando el análisis técnico, existen las opciones para llevar a cabo el aprovechamiento y la circulación del agua residual teniendo en cuenta que Colombia cuenta con las capacidades técnicas y tecnológicas requeridas. Sin embargo, existen limitaciones que no se han analizado con claridad como los costos de inversión, los costos de infraestructura, los costos de tratamiento del agua residual (teniendo en cuenta que el costo de tratamiento del metro cubico de agua potable es menor que el costo de tratamiento del metro cubico de agua residual debido a la tecnología e insumos químicos requeridos), lo cual impiden la materialización de este tipo de proyectos, aun cuando los beneficios ambientales son evidentes. Por lo anterior, se deben realizar estudios que permitan analizar los riesgos asociados a este nuevo mercado de aguas residuales y así determinar claramente el costo-beneficio asociado al aprovechamiento y circularidad del agua residual.

De igual forma se deben adelantar los estudios necesarios para crear incentivos que permitan un equilibrio económico, financiero y ambiental una vez se considere desarrollar proyectos de circularidad de agua residual.

En cuanto a las aguas residuales municipales, se deben adelantar los estudios requeridos para fortalecer el mercado, no obstante, se deben generar los lineamientos necesarios para la determinación de las tarifas, teniendo en cuenta las responsabilidades y derechos en la relación empresa-usuario.

Por su parte y aunque la Estrategia Nacional de Economía Circular y los Conpes 3934 y 4004 establecen acciones para la evaluación de la tasa de uso y la tasa retributiva, se deben priorizar los análisis para el ajuste de estos instrumentos que pueden convertirse en un incentivo económico o tributario para la materialización del aprovechamiento y circularidad del agua residual.

Finalmente, es necesario explorar mecanismos de financiación impulsados desde el Gobierno Nacional como por ejemplo la Taxonomía Verde (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2022) debido a que es una herramienta con la cual se pueden financiar aspectos de tratamiento, reúso y otros relacionados con agua residual.

3.3.4 Aspectos Administrativos

Se destaca la urgencia de capacitar a las autoridades ambientales para que las mismas comprendan la necesidad de fortalecer la estrategia de circularidad de aguas residuales. De este modo, se podrán mejorar los trámites para otorgar los permisos que permitan el reúso de agua residual de manera eficiente.

Se debe analizar la pertinencia de lo establecido en la Resolución 1256 de 2021 frente a la solicitud de las concesiones, conforme lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, el cual establece en el marco de la gestión comunitaria del agua y saneamiento básico que *“Los proyectos de reúso de aguas provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas que cumplan con los criterios de calidad vigentes para el uso en actividades agrícolas e industriales, no requerirán de concesión de aguas”*. (DNP, 2022)

El desarrollo del mercado de la economía circular de agua residual generará vínculos contractuales entre el productor del agua residual, el usuario o consumidor de la misma e incluso con el territorio en el cual se produce el agua residual. Sin embargo, a la fecha no existe claridad de estas relaciones de manera que, se considera relevante generar los lineamientos que precisen dichas condiciones de legalidad.

3.3.5 Aspectos sobre los Sistemas de Información

El Conpes 4004 en su tercer objetivo establece acciones para mejorar *“la calidad y confiabilidad de la información sectorial para la toma de decisiones de economía circular”*, sin embargo, existen diferentes sistemas de información que se están fortaleciendo de manera independiente. Por lo anterior, la recomendación es lograr la interoperabilidad de los sistemas en los que repose información relacionada con el agua residual con el fin de simplificar requerimientos a entidades que producen la información y así fortalecer una

única fuente de información desde los diferentes sectores con el fin de reducir la posibilidad de imprecisión o duplicidad en los datos, generando confiabilidad con la información existente para la toma de decisiones con una visión integral.

Con todo lo anterior, la siguiente tabla presenta un resumen del análisis comparativo de las herramientas jurídicas y técnicas asociadas a la economía circular de aguas residuales considerando sus aspectos por mejorar:

Tabla 12. Resumen del análisis comparativo de las herramientas técnicas y jurídicas de la EC del AR con los aspectos por mejorar

<u>Lineamientos</u> Aspectos por Mejorar	Lineamientos de Economía circular en Colombia	Reglamentación sobre el tratamiento de agua residual en Colombia
NORMATIVOS	Simplificación de metas y acciones entre los diferentes documentos de política. Fortalecer las políticas sobre aprovechamiento de subproductos del tratamiento del AR. Implementar mecanismos de educación ambiental desde la educación básica.	Generar reglamentación sobre como implementar o materializar los proyectos de aprovechamiento y circularidad de agua residual. Incluir en la reglamentación otros usos para aprovechamiento o circularidad del AR.
TÉCNICOS	Inclusión de indicadores relevantes para la EC del AR. Acciones definidas a corto o mediano plazo para mejorar el seguimiento.	Priorizar los proyectos piloto en departamentos o municipios con problemáticas de escasez del recurso hídrico, así mismo, en lugares en los cuales la demanda de agua es principalmente de uso agrícola. Implementar mecanismos de educación ambiental en lugares que se practica reúso sin control.
ECONÓMICOS Y FINANCIEROS	Expedición de instrumentos económicos y financieros que permitan la ejecución de las políticas técnico-ambientales.	Determinar los riesgos asociados al mercado de aguas residuales y determinar claramente el costo-beneficio asociado al aprovechamiento y circularidad del agua residual. Crear incentivos económicos que permitan un equilibrio económico, financiero y ambiental. Fortalecer el mercado y las responsabilidades entre empresa y usuario. Evaluación la tasa de uso y la tasa retributiva en situaciones de reúso y recirculación. Explorar mecanismos de financiación de proyectos de circularidad de AR.

Continuación Tabla 12

<u>Lineamientos</u> Aspectos por Mejorar	Lineamientos de Economía circular en Colombia	Reglamentación sobre el tratamiento de agua residual en Colombia
ADMINISTRATIVOS	Mejoramiento de comunicación entre entidades gubernamentales y actores involucrados en la generación de las políticas.	Revisión de trámites ante la autoridad ambiental. Definición de relación contractual entre generador y usuario de las AR tratadas.
SISTEMAS DE INFORMACIÓN	Fortalecer una única fuente de información desde los diferentes sectores y sistemas con asignación presupuestal por parte de cada entidad involucrada.	Lograr la interoperabilidad de los sistemas de información con el fin de contar con información de una sola fuente y lograr confiabilidad en la información.

Fuente. Elaboración propia

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

Considerando el análisis bibliométrico, se evidenciaron publicaciones desde el año 2003 hasta 2022 relacionadas con políticas de economía circular del agua residual adoptadas por diferentes países. Esto permite concluir que en términos de producción científica la temática de estudio es relativamente nueva, puesto que se evidenciaron únicamente 90 documentos publicados desde hace 19 años. De igual forma, la producción científica excluye la documentación de políticas públicas expedidas a nivel gubernamental por parte de cada país. Aun así, estas fueron consultadas de manera particular, en las páginas oficiales de cada país como se evidencia en los antecedentes del presente documento. No obstante, lo anterior, la temática de economía circular de agua residual está generando interés en diferentes países y aunque fueron pocos los documentos encontrados, se puede concluir que esta temática es una realidad que está tomando fuerza a nivel mundial.

Con relación al análisis de las herramientas jurídicas y reglamentación técnica, se concluye que es necesario contar con herramientas más específicas para ejecutar proyectos en el marco de la circularidad en Colombia. No obstante, sería pertinente considerar todas aquellas acciones que el Gobierno Nacional contemple desde diferentes políticas y que relacionen la gestión de aguas residuales con el fin de limitar la expedición de documentos que pueden ser confusos para los usuarios o interesados.

Con relación a la materialización de la economía circular del agua residual en Colombia, se concluye que existe una brecha importante en materia económica y financiera que limita las posibilidades de avanzar con la circularidad puesto que no existen incentivos técnicos y económicos que promuevan la ejecución de proyectos y equilibren los altos costos para recuperar la inversión. De igual forma, no existen un mercado desarrollado para promover

la venta de agua residual tratada o sus subproductos, lo cual puede deberse a que Colombia no presenta la urgencia de explorar el agua residual. Aunado a lo anterior, se deben resolver los problemas asociados con el tratamiento de aguas residuales, desde el control de la operación y mantenimiento de las PTAR, así como el mejoramiento en los procesos de tratamiento terciarios y avanzados que son indispensables para la economía circular del agua residual.

Se concuerda con los expertos entrevistados, frente a que Colombia no está preparada para los cambios que se requieren para la implementación de una adecuada economía circular en el ámbito específico de agua, teniendo en cuenta que deben ocurrir grandes avances y cambios normativos de diferentes sectores como vivienda, agricultura, salud y educación, además de contar con las herramientas y mecanismos adecuados para la respectiva financiación.

4.2 Recomendaciones

Para dar continuidad al presente estudio, se recomienda contar con datos actualizados del estado de los documentos de política frente a los cumplimientos establecidos en los planes de acción.

De igual forma, se recomienda fortalecer el presente estudio en conjunto con profesionales de otras especialidades, para que de manera multidisciplinaria se establezcan los beneficios y desventajas de la aplicación de la economía circular de agua residual en el país.

Finalmente se considera pertinente participar en un proyecto de circularidad desde su concepción hasta obtener los resultados finales que involucren un posible aprovechamiento de los subproductos y así determinar desde la experiencia práctica, los análisis de costo-beneficio de esta estrategia.

5. Anexos

Anexo A. Marco normativo dirigido a la Economía circular en Colombia.

Anexo B. Herramientas que reglamentan el tratamiento de agua residual en Colombia.

Anexo C. Requerimientos de información a Entidades Sectoriales.

Anexo D. Respuestas de las Entidades a requerimiento de información y encuestas consolidadas.

Anexo E. Entrevistas a expertos sectoriales.

A. Anexo A: Marco normativo dirigido a la Economía circular en Colombia

a. CONPES 3934 - POLÍTICA DE CRECIMIENTO VERDE

Tabla 13. Acciones y Metas del Conpes 3934

Política de Crecimiento verde

Conpes 3934 Año de expedición: 2018	
--	--

Objeto:

Impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.

Objetivo 2: Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo.

Nueve líneas de acción:

- 2.21 Desarrollar una estrategia de fortalecimiento dirigido a las Corporaciones Autónomas Regionales, basado en el uso de instrumentos de información para mejorar la gestión del recurso hídrico. (Productividad del agua - Línea de acción 18)
- 2.23 Formular un documento técnico que revise las pérdidas en los sistemas de acueducto y que, permita priorizar las condiciones para la inversión en renovación de infraestructura de redes. (Productividad del agua - Línea de acción 19)
- 2.24 Incorporar en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) lineamientos para el uso de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y el aprovechamiento de subproductos y energía (biosólidos y biogás). (Productividad del agua - Línea de acción 18)
- 2.25 Expedir la regulación que promueva la prestación regional de la actividad de tratamiento de aguas residuales a través de la desintegración vertical. (Productividad del agua - Línea de acción 19)
- 2.26 Incorporar en las bases de los nuevos marcos tarifarios los aspectos asociados a infraestructura verde que permitan asegurar un adecuado manejo de las fuentes abastecedoras. (Productividad del agua - Línea de acción 19)
- 2.30 Implementar el programa de investigación para la gestión integral del recurso hídrico. (Productividad del agua - Línea de acción 21)
- 2.31 Evaluar la implementación de la Tasa Retributiva para analizar los resultados de su aplicación y los posibles ajustes a la misma. (Productividad del agua - Línea de acción 22)
- 2.32 Desarrollar un módulo dentro del Sistema de Información del Recurso Hídrico para el seguimiento de la Tasa por Uso de Agua -TUA- y la tasa retributiva. (Productividad del agua - Línea de acción 22)
- 2.33 Implementar una estrategia que permita la apropiación de tecnologías para el reúso del agua por parte de diferentes usuarios del recurso hídrico. (Productividad del agua - Línea de acción 23)

Nuevas metas:

- 2.21 Porcentaje de avance en la implementación de la estrategia de fortalecimiento

Conpes 3934	
Año de expedición: 2018	
2.23	Porcentaje de avance en la formulación del documento técnico con análisis de las pérdidas en los sistemas de acueducto
2.24	Porcentaje de avance en la elaboración del Estudio técnico para incorporar lineamientos para el uso de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y el aprovechamiento de subproductos y energía (biosólidos y biogás)
2.25	Porcentaje de avance en la regulación que promueva la prestación regional de la actividad de tratamiento de aguas residuales a través de la desintegración vertical
2.26	Porcentaje de avance de las bases para determinar las fórmulas del nuevo período tarifario de acueducto y alcantarillado alineado a los desarrollos de infraestructura verde.
2.30	Porcentaje de avance en la implementación del Programa
2.31	Porcentaje de avance en el proceso de evaluación de la tasa retributiva
2.32	Porcentaje de avance en el proceso de desarrollo de un módulo de información sobre la TUA y la TR en el SIRH
2.33	Porcentaje de avance en el proceso de implementación de la estrategia de promoción del reúso del agua.

b. ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR EN COLOMBIA

Tabla 14. Acciones y Metas - Estrategia de Economía Circular

Estrategia de Economía Circular	
Año de expedición: 2019	
Objeto:	
<p>La Estrategia nacional de economía circular del Gobierno Nacional propende por un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono.</p>	
Flujos de Agua	
Doce líneas de acción:	
1.	Esquema de monitoreo y evaluación de la eficiencia e impacto en la implementación de la tasa por uso del agua y la tasa retributiva
2.	Implementación de estándares de macro y micro medición en los sistemas de acueducto.
3.	Pilotos de módulos de consumo de agua en sector agrícola en cultivos priorizados.
4.	Pilotos de aprovechamiento de nutrientes de aguas residuales.
5.	Pilotos para medir el aprovechamiento de aguas lluvias.
6.	Establecer mecanismos para medir consumos de agua en sector minería, promover ahorro, uso eficiente y criterios de manejo sostenible del agua.
7.	Implementar 1 plataforma colaborativa para la articulación de las inversiones y acciones públicas y privadas alrededor de economía circular en la línea agua.
8.	Modificación de la Resolución 1207 de 2014 sobre reúso de aguas residuales tratadas.
9.	Modernización del Sistema de Información del Recurso Hídrico para el fortalecimiento de las capacidades de las autoridades ambientales en su ejercicio de comando y control.
10.	Piloto de reúso de aguas residuales domésticas tratadas
11.	Documento de política para la gestión de largo plazo de los servicios de agua potable y saneamiento básico hacia el concepto de economía circular y seguridad hídrica.
12.	Proyecto programa "Clima y sector Agropecuario" para predicción de la oferta hídrica para la planificación de siembras en cultivos priorizados.
Cinco metas:	
1.	Aumentar en 50% el # de proyectos autorizados de reúso de agua residual tratada a 2022
2.	Reducir en un 20,9% el Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado (IPUF) al año 2022
3.	Aumentar a \$5.495,0 pesos de valor agregado por volumen en m3 de agua extraída al 2030
4.	Aumentar a 54,3% el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas al 2022

Estrategia de Economía Circular
Año de expedición: 2019

5. Disminuir a 20 el número de puntos de monitoreo con índice de Calidad del Agua -ICA- malo AL 2022

c. CONPES 4004 - ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

Tabla 15. Acciones y metas Conpes 4004

Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales

Conpes 4004
Año de expedición: 2020

Objeto:

Mejorar las capacidades institucionales y de gobernanza, implementar un modelo de economía circular y desarrollar mecanismos de gestión de la información en la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales para garantizar la disponibilidad de agua en el largo plazo, y la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales en condiciones de calidad y continuidad.

Acciones:

Objetivo 1: Fortalecer la gobernanza y capacidad institucional del sector para promover la economía circular en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado:

- a) Formular Plan de Acción que fortalezca la articulación sectorial en relación con las decisiones alrededor del recurso hídrico y la economía circular en el marco del CNA.
- b) Definir y socializar lineamientos para que las entidades territoriales desarrollen un Plan de Acción Regional para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- c) Definir lineamientos para la elaboración de un único instrumento de planeación de nivel municipal, para garantizar el acceso a los servicios de acueducto y alcantarillado.
- d) Apoyar la formulación y estructuración de dos pilotos que contengan la aplicación de un modelo para la reducción de pérdidas de agua, con el fin de replicar experiencias exitosas en otros sistemas de acueducto.
- e) Revisar en los procedimientos de revisión y definición quinquenal de las bases del nuevo marco tarifario de acueducto y alcantarillado, incentivos que permitan a los prestadores mejorar su gestión frente a la disminución de pérdidas en los sistemas de acueducto.
- f) Publicar y socializar la Guía para la Optimización Energética en Sistemas de Tratamiento de Agua, con el propósito de garantizar una mayor eficiencia en el uso de energía en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- g) Establecer lineamientos de "Buenas Prácticas de Gobierno Corporativo" para la conducción, gestión y el control de las empresas del sector de acueducto y alcantarillado. Esto con el objeto de mejorar los procesos organizacionales de las empresas de servicios públicos
- h) Calcular y publicar los resultados del Indicador Único Sectorial (IUS) conforme a lo establecido en la Resolución 906 de la CRA, para focalizar y definir acciones de vigilancia y control.
- i) Elaborar y publicar diagnósticos comparativos de Benchmarking para empresas de acueducto y alcantarillado, para evaluar el desempeño de los prestadores de estos servicios, teniendo en cuenta los indicadores establecidos como base para el cálculo del IUS.
- j) Expedir la reglamentación que permita dinamizar los procesos de regionalización y fusión de empresas, para impulsar la regionalización en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- k) Apoyar la estructuración de dos mercados regionales (prestación del servicio público en varios municipios por un solo prestador), para la mejora en el desempeño de la prestación del servicio público e implementación de economías de escala.
- l) Brindar asistencia técnica y acompañamiento para la entrada de operación de tres esquemas regionales de prestación de los servicios de acueducto o alcantarillado.
- m) Establecer lineamientos regulatorios tendientes a mejorar las condiciones de mercado y generar incentivos que permitan avanzar en la conformación de esquemas regionales de prestación de los servicios.

Conpes 4004
Año de expedición: 2020

- n) Apoyar la formulación y estructuración de dos proyectos de alcance regional relacionados con la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, para potenciar esquemas regionales, economías de escala y mejorar la prestación de estos servicios.
- o) Realizar jornadas de asistencia técnica en el proceso de estructuración de proyectos de inversión a municipios priorizados, resaltando los aspectos claves que deben considerar en los ejercicios de estructuración.
- p) Publicar en la Web del Observatorio de Sistema de Ciudades del DNP y del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio tutoriales acerca del proceso de formulación de proyectos de acueducto y alcantarillado, para orientar a las entidades territoriales en la estructuración de proyectos y agilizar su viabilización.
- q) Elaborar informes de los resultados respecto al proceso de viabilización de proyectos a partir de 2019, con el fin de analizar los avances por parte de los municipios en los procesos para formulación y mejora en tiempos de revisión de proyectos.
- r) Definir, estructurar y divulgar una guía de buenas prácticas para los contratos de ejecución de proyectos de inversión de acueducto y alcantarillado, con el propósito de fortalecer los proyectos en su etapa de ejecución.
- s) Estructurar y divulgar la guía metodológica para uso institucional y territorial que permita adelantar los ejercicios de priorización de inversiones por parte de las entidades territoriales.
- t) Revisar y formular mecanismos de focalización para subsidios que consideren las condiciones socioeconómicas de los usuarios, con el fin de mejorar la asignación de subsidios a los servicios públicos y permitir mayor eficiencia en el uso de los recursos sectoriales.
- u) Realizar la Mesa de Expertos en Estratificación, para revisar, entre otros temas, la metodología de estratificación actual y proponer mecanismos de focalización más eficientes.
- v) Realizar un estudio que permita identificar cambios en la composición del Fondo de Inversiones de Agua (FIA), con el objeto de apalancar recursos y financiación para los Planes Departamentales de Agua.
- w) Analizar en los estudios a desarrollar para la revisión de las fórmulas tarifarias de los servicios de públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, alternativas para incentivar mayores inversiones sectoriales por parte de los prestadores de estos servicios públicos.

Objetivo 2: Desarrollar estrategias para promover la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales que permita asegurar la oferta de agua en el largo plazo.

- 2.1** Definir ajustes a los instrumentos de financiación relacionados con el sector de agua potable (tasa por utilización del agua) y manejo de aguas residuales (tasa retributiva), para fortalecer la gestión de descontaminación de los cuerpos hídricos
- 2.2** Estructurar y publicar el Plan de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR 2020-2050) con el objetivo de establecer estrategias normativas, institucionales, financieras y de inversión, para avanzar con el saneamiento de vertimientos de aguas residuales municipales.
- 2.3** Apoyar el proceso de estructuración de los proyectos definidos en el PMAR 2020-2050 en 5 municipios priorizados, para contribuir al incremento del tratamiento de aguas residuales.
- 2.4** Elaborar y publicar a través del Observatorio de Sistema de Ciudades informe que dé cuenta sobre los procesos de operación y eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes en el país.
- 2.5** Actualizar los capítulos o secciones de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), para la incorporación de requisitos técnicos, financieros y ambientales de los municipios, la gestión de subproductos y el reúso, definidos en las Resoluciones 330 de 2017 y 844 de 2018.
- 2.6** Realizar un estudio que analice el uso de subproductos (biosólidos, arenas, biogás, entre otros) generados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de agua potable, para identificar su potencial en el ciclo productivo.
- 2.7** Realizar un estudio sobre reúso de agua residual y aguas lluvias y publicar el documento en el Observatorio de Sistema de Ciudades con los resultados más relevantes, con el fin de obtener información que permita impulsar la formulación de proyectos de reúso de agua.
- 2.8** Brindar acompañamiento a un sector productivo en la estructuración de un proyecto piloto para identificar potencialidades de reúso de aguas residuales domésticas tratadas.
- 2.9** Publicar guía metodológica para la formulación e implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), con el fin de fortalecer los procesos de manejo de aguas a nivel municipal.
- 2.10** Realizar talleres para la revisión de la Resolución 1207 de 2014 y socialización de los ajustes, a fin de promover mejores condiciones para actividades de reúso.

Conpes 4004**Año de expedición: 2020**

- 2.11** Establecer lineamientos para la elaboración de los Planes de Gestión Social que formulan los PDA, de forma que en dichos lineamientos se consideren prácticas ambientales por parte de los usuarios y mayor compromiso de la comunidad con la gestión eficiente y la protección del recurso hídrico.
- 2.12** Formular lineamientos frente a la gobernanza de agua incorporando aspectos como educación, participación, manejo y transformación de conflictos, fortalecimiento institucional y gestión del conocimiento y de la información.

Objetivo 3: Mejorar calidad y confiabilidad de la información sectorial para la toma de decisiones en relación con la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.

- 1.1** Reestructurar el Sistema Único de Información SUI, con el fin de fortalecer los procesos de generación de información confiable y oportuna, y lograr la interoperabilidad con los demás sistemas de información del sector.
- 1.2** Diseñar e implementar el Plan de Acción que analice el estado actual de los sistemas de información y permita priorizar las iniciativas para cumplir con la integración e interoperabilidad de los sistemas de información relacionados con el sector Agua Potable y Saneamiento Básico (Sistema Único de Información -SUI-; Sistema de Información de Recurso Hídrico -SIRH-; Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano -SIVICAP-; Sistema de Inversiones en Agua Potable y Saneamiento Básico -SINAS-; y Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC-).
- 1.3** Implementar y mantener actualizada una herramienta de infraestructura espacial de datos con el fin de construir, a partir de ella y con la identificación de código catastral, información relevante, oportuna y confiable para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- 1.4** Realizar el diagnóstico de registros administrativos para su fortalecimiento en términos de calidad y confiabilidad de información de agua relevante para el seguimiento de la estrategia de Economía Circular.
- 1.5** Implementar el Sistema de Información de Economía Circular, para la medición del tránsito del país al modelo circular, a partir de información estadística y científico-técnicas.
- 1.6** Desarrollar un plan de fortalecimiento para la captura de información estadística referente a la gestión de los servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales.
- 1.7** Renovar la infraestructura tecnológica del Sistema de Inversiones en Agua Potable y Saneamiento Básico-SINAS, que permita mejorar la calidad de la información y su respectiva publicación, articular los instrumentos de planeación territoriales, facilitar la viabilización de proyectos y adelantar el seguimiento y monitoreo de las inversiones sectoriales.

Metas:**Objetivo 1: Fortalecer la gobernanza y capacidad institucional del sector para promover la economía circular en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado:**

- a. Porcentaje de avance en la formulación del Plan de Acción de mediano plazo del Consejo Nacional del Agua (CNA)
- b. Porcentaje de avance en la definición y socialización de los lineamientos para elaboración de Plan de Acción a nivel Regional
- c. Porcentaje de avance en la definición de los lineamientos para elaboración de instrumento único de planeación municipal
- d. Número de pilotos para la aplicación de un modelo para la reducción de pérdidas de agua.
- e. Porcentaje de avance del documento de revisión de bases del nuevo marco tarifario para la definición de incentivos para la reducción de pérdidas de agua en los sistemas de acueducto.
- f. Porcentaje de avance en la actualización y publicación de la guía de optimización energética de sistemas de tratamiento
- g. Porcentaje de avance en la elaboración de documento con lineamientos de "Buenas Prácticas de Gobierno Corporativo" para la conducción, gestión y el control de las empresas del sector de agua potable y saneamiento básico.
- h. Porcentaje de avance en el cálculo y publicación del Indicador Único Sectorial
- i. Número de diagnósticos con comparativo de Benchmarking para empresas de acueducto y alcantarillado publicado
- j. Porcentaje de avance en la expedición de la normatividad que reglamente lo establecido en el artículo 299 de la Ley 1955 de 2019
- k. Número de mercados regionales estructurados

Conpes 4004
Año de expedición: 2020

- l. Porcentaje de asistencias técnicas realizadas para la entrada de operación de tres esquemas regionales de prestación de los servicios de acueducto o alcantarillado
- m. Porcentaje de avance en la expedición de regulación sobre regionalización en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado
- n. Número de proyectos de alcance regional relacionados con la prestación de los servicios de agua potable y aguas residuales apoyados
- o. Número de jornadas de asistencias técnicas realizadas en el proceso de estructuración de proyectos de inversión
- p. Porcentaje de avance en la publicación de tutoriales acerca del proceso de formulación de proyectos de acueducto y alcantarillado publicado en el Observatorio de Sistema de Ciudades
- q. Número de informes de resultados de viabilización elaborados
- r. Porcentaje de avance en la definición, estructuración y divulgación de la guía para los contratos de ejecución de proyectos de inversión de agua potable y saneamiento básico
- s. Porcentaje de avance en la estructuración y divulgación de guía metodológica para uso institucional y territorial que permita adelantar los ejercicios de priorización de inversiones por parte de las entidades territoriales
- t. Porcentaje de avance en la elaboración de documento con los mecanismos de focalización para subsidios
- u. Porcentaje de avance en la formulación del Documento Misión de Estratificación
- v. Porcentaje de avance en la realización del estudio que permita identificar cambios en la composición del Fondo de Inversiones de Agua (FIA), con el objeto de apalancar recursos y financiación para los Planes Departamentales de Agua.
- w. Porcentaje de avance del documento de análisis de alternativas para incentivar mayores inversiones sectoriales por parte de los prestadores de estos servicios públicos

Objetivo 2: Desarrollar estrategias para promover la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales que permita asegurar la oferta de agua en el largo plazo.

- 2.1 Porcentaje de avance en la definición de los ajustes de la tasa por utilización de agua y tasa retributiva por vertimientos.
- 2.2 Porcentaje de avance en la estructuración y publicación del Plan de Manejo de Aguas Residuales Municipales-PMAR
- 2.3 Número de procesos de estructuración de proyectos definidos en el PMAR 2020-2050 apoyados
- 2.4 Número de publicaciones de resultados de la medición del indicador de eficiencia en la remoción de carga contaminante de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales
- 2.5 Porcentaje de avance en la actualización de los capítulos o secciones de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)
- 2.6 Porcentaje de avance en la elaboración del estudio con análisis de uso de subproductos (biosólidos, arenas, biogás, entre otros) generados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de agua potable
- 2.7 Porcentaje de avance en la elaboración del estudio sobre reúso de agua residual y aguas lluvias, y publicación de técnicas de reúso aplicables en Colombia
- 2.8 Porcentaje de avance en el acompañamiento en la estructuración del proyecto piloto para el reúso de aguas residuales domésticas tratadas.
- 2.9 Porcentaje de avance en la publicación de la metodología para la formulación e implementación de SUDS
- 2.10 Número de talleres de revisión y socialización de ajustes en de la Resolución 1207 de 2014 realizados.
- 2.11 Porcentaje de avance en la elaboración del documento de lineamientos para la elaboración del Plan de Gestión Social que formulan los PDA
- 2.12 Porcentaje de avance en la formulación de lineamientos frente a la educación, participación, manejo y transformación de conflictos, fortalecimiento institucional y gestión del conocimiento y de la información.

Objetivo 3: Mejorar calidad y confiabilidad de la información sectorial para la toma de decisiones en relación con la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.

- 3.1 Porcentaje de avance de la reestructuración y fortalecimiento del SUI
- 3.2 Porcentaje de avance en el diseño e implementación del Plan de Acción para la interoperabilidad de los sistemas de información relacionados con el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

Conpes 4004**Año de expedición: 2020**

- 3.3** Porcentaje de avance de implementación y actualización de la herramienta de infraestructura espacial de datos
- 3.4** Porcentaje de avance en el diagnóstico de los registros administrativos para el fortalecimiento en términos de calidad y confiabilidad de información de agua relevante para el seguimiento de la estrategia de economía circular
- 3.5** Porcentaje de avance en la implementación del sistema de información de economía circular
- 3.6** Porcentaje de avance en el desarrollo del plan de fortalecimiento y captura de información estadística referente a la gestión de los servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales
- 3.7** Porcentaje de avance en la renovación de la infraestructura tecnológica del SINAS

B. Anexo B: Herramientas que reglamentan el tratamiento de agua residual en Colombia

a. RESOLUCIÓN 330 DE 2017. REGLAMENTO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS

Resolución 330 de 2017
8 de junio de 2017

Objeto: “ARTÍCULO I. Objeto. La presente Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de Planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo”.

b. TITULO E. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – ANEXO RAS

Título E. Tratamiento de aguas residuales
Diciembre de 2021

Alcance: “tiene como propósito brindar orientaciones básicas para la planeación, el diseño, construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales y la gestión de subproductos del tratamiento, implementados en Colombia, a través de conceptos que sirvan de orientación a los profesionales interesados en el desarrollo de este tipo de proyectos”

c. RESOLUCIÓN 631 DE 2015. REGLAMENTACIÓN DE VERTIMIENTOS PUNTUALES

Resolución 631 de 2015
Marzo de 2015

Objeto y Ambiente de aplicación: “ARTÍCULO I. Objeto y Ámbito de Aplicación. La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios, de conformidad con el artículo 18 de la presente Resolución.”

**d. RESOLUCIÓN 1256 DE 2021. REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA
RESIDUAL TRATADA**

**Resolución 1256 de 2021
Noviembre de 2021**

Objeto y Ambiente de aplicación: *“ARTÍCULO 1. Objeto y Ámbito de Aplicación. La presente resolución tiene por objeto establecer las disposiciones relacionadas con el uso de las Aguas Residuales y aplica a las autoridades ambientales y a los usuarios de dichas aguas.”*

**e. PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES
(PMAR) 2020-2050**

**PMAR 2020-2050
Abril 2022**

Objeto: *“El PMAR 2020-2050 es un documento de Política, mediante el cual se define la hoja de ruta que permita orientar la política pública y las acciones de las instituciones del sector para avanzar con el manejo de las aguas residuales municipales en Colombia a 2050, a través de la definición de estrategias de tipo normativo y regulatorio, institucional, financiero, y priorización de las inversiones requeridas para reducir la contaminación de las fuentes receptoras, con criterios de sostenibilidad técnica, ambiental, social y financiera, y con enfoque de economía circular”*

**f. INFORMES DE LA MESA DE ECONOMÍA CIRCULAR – DANE – SEXTO
REPORTE**

**Informes de la mesa de Economía Circular – DANE
Sexto reporte - Diciembre 2022**

Objeto: Presentan información relacionada con la Economía Circular en Colombia, mediante el análisis de indicadores definidos en la Mesa de Economía Circular.

C. Anexo C: Formato de Requerimiento a las Entidades Sectoriales

Bogotá D.C, 1 de junio de 2022

Señores

“Cargo”

“Dependencia”

“Nombre de la entidad”

“Correo electrónico”

La Ciudad

Asunto. **Derecho de petición** frente a la solicitud de información relacionada con el CONPES 3934 – Crecimiento Verde, la Estrategia Nacional de Economía Circular en Colombia y el CONPES 4004 - Economía Circular en la Gestión de los Servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales.

Cordial saludo,

Por medio del presente, solicito de su colaboración con el fin de obtener información sobre los avances del CONPES 3934 – Crecimiento Verde, la Estrategia Nacional de Economía Circular en Colombia y del CONPES 4004 - Economía Circular en la Gestión de los Servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales para aquellas acciones en las que el “Nombre de la entidad” se definió como responsable o actor involucrado.

Lo anterior se debe, a que no se encontró documentos oficiales publicados en materia del avance de los mismos y en estos momentos me encuentro adelantando mi trabajo de grado para obtener el título de Magíster en Ingeniería - Ingeniería Ambiental (UNAL). En este sentido, dicha información sirve como un insumo relevante para el análisis del estado de avance de las acciones definidas en los documentos en mención.

Por lo tanto, a continuación se lista las acciones a saber, con el fin que sean atendidas por su entidad para cada documento, conforme se presenta en la última columna llamada “ESTADO”, así:

I. CONPES 3934

ACCIÓN	ENTIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN		INDICADOR DE CUMPLIMIENTO		ESTADO
		FECHA INICIO	FECHA FINALIZACIÓN	TIPO	NOMBRE	
1 (...) n						Considerando que a la fecha ya se debió cumplir la acción, ¿se encuentra documentado y publicado para consulta externa el documento? ¿Cuál fue el resultado del estudio? ¿Cuáles fueron las nuevas tecnologías incluidas? Cuál es el % de avance de esta acción? ¿Se han presentado inconvenientes o limitantes para cumplir esta acción ¿Cuáles? ¿Como planean superar los inconvenientes o limitantes?

II. ESTRATEGIA NACIONAL DE ECONOMIA CIRCULAR

1. Seguimiento del *plan de acción 5. Flujos del agua:*

Acción	Responsable	Información solicitada
1 (...)n		<p>¿Cuál es el avance de los pilotos?</p> <p>En caso de no contar con avances, ¿Cuál es el cronograma propuesto para cumplir esta acción?</p> <p>¿Se han presentado inconvenientes o limitantes para cumplir esta acción ¿Cuáles? ¿Como planean superar los inconvenientes o limitantes?</p> <p>¿Cuál es el cronograma propuesto para cumplir esta acción?</p> <p>Además del documento CONPES 4004, ¿se tiene contemplado algún otro documento que profundice sobre economía circular de aguas residuales?</p>

2. Seguimiento de *metas e indicadores:*

Nombre del Indicador	Meta	Actores involucrados	Estado
1 (...)n			<p>¿Cuál es el % de avance del cumplimiento de esta meta?</p> <p>¿Cuál es el horizonte para el cumplimiento total de la meta?</p>

III. CONPES 4004

ACCIÓN	ENTIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN		INDICADOR DE CUMPLIMIENTO		ESTADO
		FECHA INICIO	FECHA FINALIZACIÓN	TIPO	NOMBRE	
1 (...)n						<p>Cuál es el % de avance de esta acción?</p> <p>¿Se han presentado inconvenientes o limitantes para cumplir esta acción ¿Cuáles? ¿Como planean superar los inconvenientes o limitantes?</p> <p>Considerando que a la fecha ya se debió cumplir la actividad, ¿cuál fue el resultado? ¿se encuentra documentado y publicado para consulta externa el resultado? ¿A cuántas entidades territoriales se les brindó la socialización?</p>

Agradezco su atención prestada.

Quedo atenta.

Cordialmente,

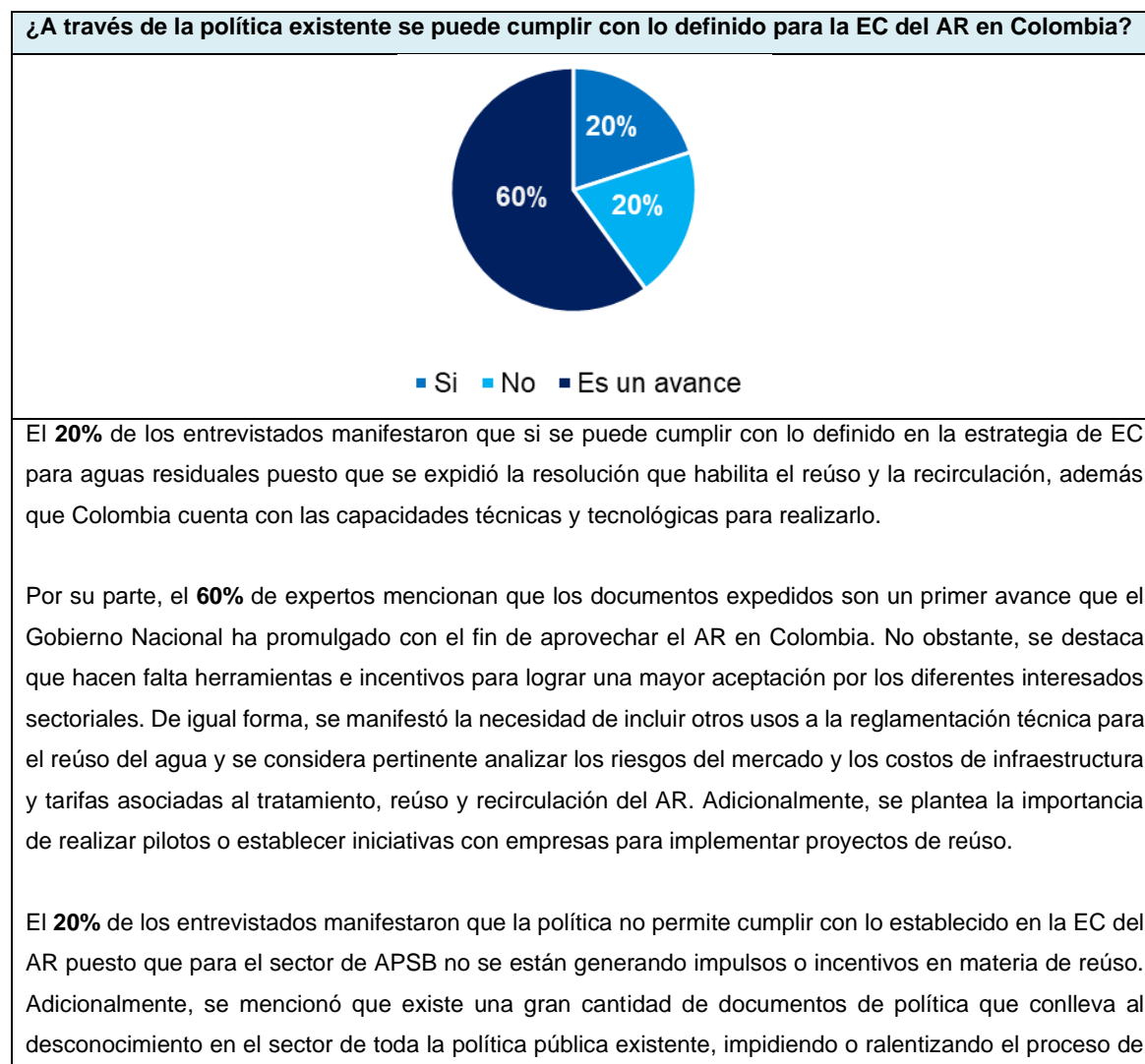


María Fernanda Chaves Arturo
 Ingeniera Ambiental - Estudiante Maestría en Ingeniería Ambiental
 Celular: 3004816645 - Correo: machavesa@unal.edu.co

D. Anexo D: Respuestas de requerimientos por parte de las Entidades Sectoriales

Nombre de la Entidad	Radicado y fecha de respuesta
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	20224023274601 - (6 folios) 22 de junio de 2022
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	2022EE0069726 - (25 folios) 26 de julio de 2022 2022EE0105546 - (2 folios) 20 de octubre de 2022 Correo electrónico - (1 folio) 16 de diciembre de 2022
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	24022022E2001291 - (17 folios) 23 de junio de 2022 23002022E2011576 - (1 folio) 22 de septiembre de 2022 23022022E2011640 - (3 folios y Anexo 16 folios) 23 de septiembre de 2022 2122022E2015481 - (9 folios) 24 de octubre de 2022
CRA	20220120047771 - (5 folios y Anexo 86 folios) 16 de junio de 2022
DANE	20222520000841T - (2 folios) 16 de junio de 2022
DNP	20225740458771 - (7 folios) 15 de junio de 2022
IDEAM	20223000135491 - (5 folios) 4 de octubre de 2022
<p>Link de consulta para usuarios UNAL:</p> <p>https://drive.google.com/file/d/1jfiO3w043KL2-n4hZ391LfHXeZjillxX/view?usp=drive_link</p>	

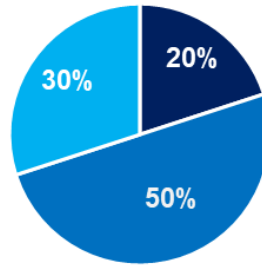
E. Anexo E: Entrevistas a expertos y matriz de consolidación de resultados



¿A través de la política existente se puede cumplir con lo definido para la EC del AR en Colombia?

aprehensión de economía circular y temas similares y por tanto no hay claridad en cómo ponerla en práctica considerando la cantidad de acciones por hacer por parte de las entidades de gobierno y empresas.

¿Considera que los instrumentos de la política son suficientes, adecuados y/o completos para lograr el aprovechamiento del agua residual doméstica como insumo de otros usos dentro del concepto de economía circular?



■ Si ■ No ■ Es un avance

El **20%** de expertos consideran que si debido a que el instrumento técnico (Resolución 1256 de 2021) se elabora después de adelantar las investigaciones necesarias para la toma de decisiones y a su vez, se realizó bajo el análisis de las solicitudes recibidas por las autoridades ambientales y de los usuarios del recurso hídrico. Adicionalmente, esta Resolución, aclara aspectos técnicos y administrativos para el uso adecuado del AR. De igual forma, se manifiesta que con las normas expedidas y desde un punto de vista técnico, si se pueden formular proyectos para el aprovechamiento de las AR.

Por otra parte, el **30%** menciona que los instrumentos existentes son un avance, aunque se presentan inquietudes sobre la materialización de la estrategia de EC y la normativa expedida en esta materia, sin embargo, se resalta que el PMAR establece unos lineamientos que incluyen estrategias normativas, institucionales, financieras y de inversión para su implementación lo cual aporta a la gestión de AR en el país. De igual forma, se manifiesta que el PMAR, la Resolución 330 de 2017 y el título E dan lineamientos a los interesados para poder aplicar proyectos con aprovechamiento de AR a través del reúso de AR, no obstante, se señala que es necesario ir al territorio para conocer las características propias y el mercado, esto con el fin de identificar la posibilidad de hacer reúso, aún más cuando existe un componente de inversión, por lo cual se debe realizar un análisis de costo-eficiencia, y así determinar si las empresas pueden recuperar las altas inversiones.

Aunado a lo anterior, se menciona que lo referente a recirculación interna es una buena oportunidad para hacer EC del agua debido a que en términos técnicos no se necesita mayor infraestructura por parte de la empresa y permite mantener el tren de tratamiento, adicionalmente, se menciona que la reglamentación de vertimientos no es restrictiva al momento de promover la recirculación, de todas formas se considera que su implementación debe estar articulada a programas con un fondo de inversión para que permita su

¿Considera que los instrumentos de la política son suficientes, adecuados y/o completos para lograr el aprovechamiento del agua residual doméstica como insumo de otros usos dentro del concepto de economía circular?

implementación a largo plazo, en este sentido, se manifiesta que estructuralmente la resolución no fomenta el reúso más que la recirculación interna.

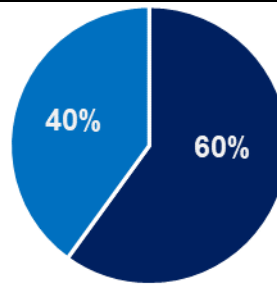
Finalmente, el **50%** restante mencionan que los instrumentos no son suficientes puesto que con la política actual aún se está haciendo seguimiento a los CONPES, a pesar de que se han presentado adelantos con la reglamentación de reúso, aún falta por reglamentar, por ejemplo, pérdidas de agua o incluir otros sectores para reúso, razón por la cual se debe desarrollar aún más el ámbito normativo. En el mismo sentido, se menciona la falta de incentivos para que grandes empresas comiencen a formular proyectos de aprovechamiento de AR.

A su vez, se menciona que la autoridad ambiental debería imponer el cumplimiento de la norma de reúso a las personas que realicen vertimientos con el fin de que los costos asociados se puedan incluir vía tarifa por el componente ambiental, sin embargo, en la actualidad esto no ha sido reglamentado y el reúso no está considerado como parte del servicio público de alcantarillado y por tanto no se puede cobrar vía tarifa, de tal manera que no es claro cómo se puede financiar este tipo de aprovechamiento.

Desde otro punto de vista, se manifiesta que hablar de reúso tienen un gran potencial, al menos por la oferta de AR, no obstante, la Resolución 1256 de 2021 tiene ciertas restricciones considerando que está enfocada en la recirculación y reúso de los sectores agrícola e industrial, de esta manera, no se reglamentó el reúso como la incorporación a un proceso productivo.

Ahora bien, aunque se destaca que el reúso es parte fundamental de la economía circular del AR, las mismas normas e institucionalidad impiden que el reúso sea una alternativa, porque más allá de la dimensión ambiental, se debe contar con herramientas económicas y financieras que le den viabilidad lo cual en la actualidad no es claro.

Finalmente, se menciona que Colombia esta rezagada en materia de reúso de AR, en comparación con otros países del mundo que son expertos y aprovechan al máximo la poca agua que puedan tener.

¿Se puede implementar la economía circular de aguas residuales domesticas en el país?

■ Si ■ No

El **60%** de expertos manifestaron que, si se puede implementar economía circular de AR en Colombia debido a que existen las capacidades técnicas y tecnologías para hacer reúso o recirculación de AR, técnicamente el agua después de un proceso de reúso tiene muy buenas características debido al tratamiento terciario.

Adicionalmente, se menciona que en la actualidad la ubicación de las PTAR son un potencial debido a que las zonas aledañas son de uso agrícola, lo cual serviría de piloto para la implementación de estrategias de reúso.

Se resalta que en Colombia el reúso no es obligatorio y es optativo, por ejemplo, para usuarios con escasez hídrica en determinadas regiones, sin embargo, la generalidad del país es que no sufre por escasez y los costos del agua potable no son altos lo cual conlleva a no buscar otras fuentes de agua, no obstante, el país ha incursionado en crear una nueva gestión de las AR destacando el aprovechamiento del agua a través del reúso y la recirculación.

Se destaca la importancia de realizar un análisis técnico y específico de cada municipio para la implementación de los proyectos de reúso adecuados a cada situación particular.

Se informa que desde el Ministerio de Ambiente, se tiene contemplado realizar un documento de apoyo y orientación de cómo hacer reúso fundamentado en la norma.

Desde el punto de vista de empresa, EPM mencionó que se han avanzado con algunas iniciativas relacionadas con la gestión de biosólidos de las PTAR utilizados para compostaje, estabilización y recuperación de suelos, por su parte, cuentan con proyectos en ejecución de biogás con el fin de incluirlo a las redes de gas y así tener autosuficiencia energética en la planta y frente al reúso, están en proceso de iniciar algunos pilotos acompañados por su filial TICSÁ.

Se manifiesta que debería existir una articulación de los diferentes sectores interesados en el uso del agua reusada liderados por el Ministerio de Ambiente para avanzar e impulsar proyectos piloto de reúso.

¿Se puede implementar la economía circular de aguas residuales domesticas en el país?

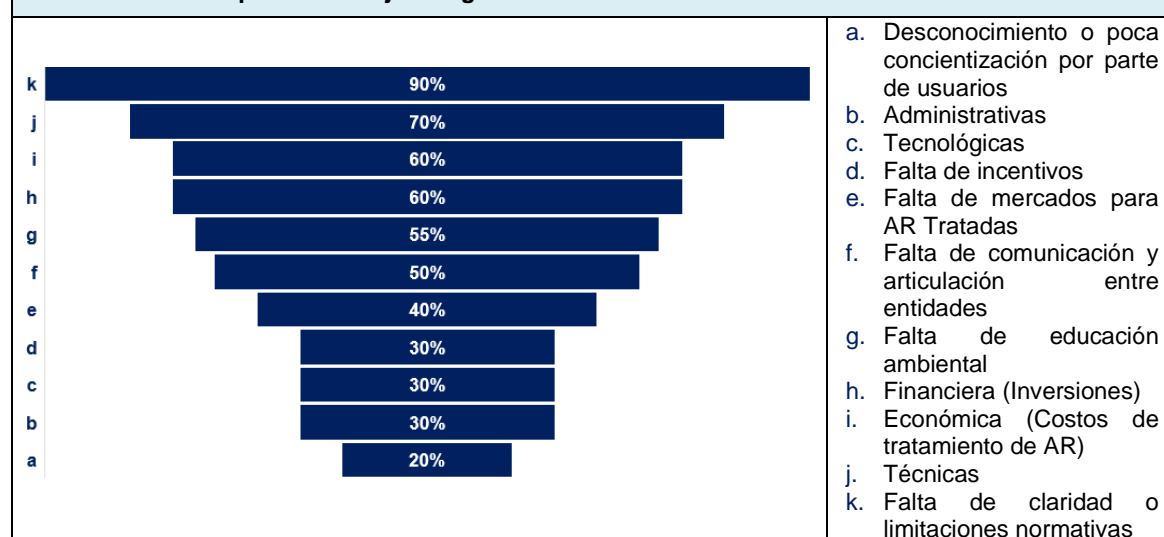
No obstante lo anterior, el **40%** de entrevistados manifiestan que no se puede implementar la EC del AR debido a que los lineamientos a partir de la reglamentación iniciaron con la expedición de la Resolución 1256 de 2021 sin embargo deben existir incentivos para este tipo de proyectos, así mismo, debe haber una apertura frente a las opciones del mercado en la comercialización del agua reusada y además para el tratamiento de AR se deben analizar las tecnologías más viables para las empresas de alcantarillado, como también se deben generar la reglamentación entre la relación prestador-usuario.

Es importante mencionar que en el reúso en las zonas rurales es un hecho, sin embargo, no es tecnificado y el agua es utilizada en cultivos siendo esto un riesgo sanitario.

Se deben explorar instrumentos de financiación, por ejemplo, recientemente se expidió la taxonomía verde siendo esta es una oportunidad para que las empresas gestionen los recursos para el tratamiento de aguas residuales. De igual forma, se manifiesta la importancia del SISCLIMA como la estructura creada para desarrollar herramientas e incentivos financieros y económicos.

Finalmente, se destaca la importancia de trabajar en equipo entre las diferentes carteras del Gobierno para conocer las funciones de cada una en materia de EC de AR.

¿Qué aspectos limitantes considera que existen en la implementación de los lineamientos de la economía circular para el manejo de aguas residuales en el contexto colombiano?



Frente las limitaciones mencionadas por parte de los expertos, el **90%** manifestaron que existe falta de claridad en las normas o que las mismas presentan algún tipo de limitaciones, lo cual se ha podido explicar en los análisis de las preguntas anteriores.

Con relación a las limitaciones técnicas, el **70%** de los expertos manifiestan que las PTAR son ineficientes o que la de infraestructura de PTAR existente obsoleta, por su parte, no se alcanza a tener mas del 60% de aguas tratadas en el país siendo esta una limitación importante para el reúso. Por su parte, no se tiene claridad sobre los tratamientos de los lodos o residuos de una PTAR y destacan que, al no sufrir de escasez hídrica, los proyectos de reúso o recirculación pierden interés.

¿Qué aspectos limitantes considera que existen en la implementación de los lineamientos de la economía circular para el manejo de aguas residuales en el contexto colombiano?

Por otra parte, el **60%** de entrevistados mencionan que los costos de tratamiento de AR son elevados y por lo tanto consideran que los costos asociados al reúso son más costosos y surge la inquietud de quien y como se deben asumir dichos costos.

En término de inversiones, el **60%** de expertos manifiestan que esta es una limitación importante teniendo en cuenta la falta de incentivos y fuentes de financiación para proyectos de reúso. Se menciona que el país ha realizado esfuerzos importantes para el tratamiento de AR lo cual es previa al reúso o recirculación sin lograr la cobertura total, lo cual puede afectar el financiamiento de proyectos de aprovechamiento de AR.

El **55%** de expertos consideran que en Colombia falta educación ambiental, por tanto, se menciona que deberían existir alianzas con MinEducación, por ejemplo, para integrar la educación ambiental desde temprana edad y en todos los niveles educativos (básica, secundaria y universitaria) de manera obligatoria para lograr la concientización e importancia que requieren los temas ambientales.

El **50%** de expertos manifiestan que falta comunicación y articulación entre entidades, se menciona que es necesario la articulación de las mismas con el fin de simplificar indicadores que miden las mismas metas y a su vez, establecer responsabilidades y funciones claras teniendo en cuenta que todas las entidades cumplen roles importantes, no obstante, se debe fortalecer la gobernanza en materia de EC de AR.

El **40%** de expertos manifiestan la necesidad de establecer los mecanismos necesarios para la apertura de mercados para AR tratadas con el fin de no perder los esfuerzos adelantados en materia técnica y ambiental.

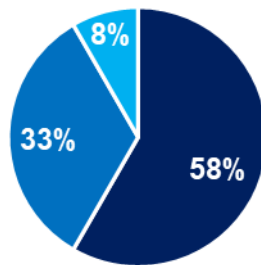
Frente a los incentivos, el **30%** de entrevistados manifestó que las norma no genera incentivos en materia de aprovechamiento de AR. De igual forma, el Gobierno Nacional no ha definido incentivos en materia ambiental, económica o financiera para las empresas que implementen proyectos de reúso o recirculación.

Con relación a aspectos tecnológicos, el **30%** de expertos manifiestan que el país no cuenta con la tecnología necesaria para implementar proyectos de reúso teniendo en cuenta sus altos costos.

Con relación a los aspectos administrativos, el **30%** de expertos menciona que lo estipulado frente al trámite de concesiones se puede convertir en una barrera entre la empresa y el usuario. Así mismo, se manifestó que una limitación importante es la falta de planificación empresarial o territorial para la ejecución de proyectos de reúso.

Frente a la falta de conocimiento por parte de los usuarios o la falta de conciencia ambiental, el **20%** de entrevistados consideran que esto se puede convertir en una barrera al momento de implementar proyectos de reúso debido a la falta de aceptación social frente al uso de aguas residuales tratadas.

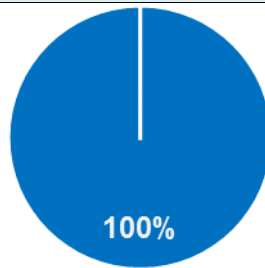
¿Considera necesario definir incentivos para lograr que se desarrollen más proyectos enmarcados en la EC del AR en el país? ¿Cuales?



■ Económicos ■ Técnicos ■ Ambiental

¿Considera necesario definir incentivos para lograr que se desarrollen más proyectos enmarcados en la EC del AR en el país? ¿Cuales?

De acuerdo con lo manifestado por los expertos, es necesario que con el desarrollo y mejoramiento de las políticas en materia de EC de AR, se generen incentivos, principalmente económicos, técnicos y ambientales, que impulsen el interés por parte de las empresas o usuarios de AR para ejecutar proyectos de aprovechamiento de AR.

¿Considera que Colombia está preparada para los cambios requeridos a nivel de empresas y usuarios?

■ Si ■ No

El **100%** de expertos manifestaron que Colombia no está preparada para los cambios requeridos para la inclusión de proyectos de aprovechamiento de AR, tanto a nivel empresa como a nivel usuarios, es decir, no es claro el horizonte para la implementación de los lineamientos definidos en la estrategia de economía circular en el ámbito específico de agua, teniendo en cuenta que deben ocurrir grandes avances y cambios normativos, incluso para otros sectores como vivienda, agricultura, salud y educación.

6. Bibliografía

- ADEME. (2014). *Economie Circulaire: Notions. Version modifiée Octobre 2014*. Obtenido de <https://bourgogne-franche-comte.ademe.fr/sites/default/files/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>
- Angelakis, A., Takashi, A., Akissa, B., Jimenez, B., & George, T. (2018). Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future. *Frontiers in Environmental Science*, 6,7,10. doi:10.3389/fenvs.2018.00026
- Association of Regional Water Authorities, Association of Netherlands Municipalities, AgentschapNL and DNV. (2013). *Wastewater management roadmap towards 2030. A sustainable approach to the collection and treatment of wastewater in the Netherlands*. Obtenido de https://vng.nl/files/vng/nieuws_attachments/2013/2013115-water-management-2030.pdf.
- Bastein, T., Roelofs, E., Rietveld, E., & Hoogendoorn, A. (2013). *Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands. TNO, Report commissioned by the Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment*. Obtenido de <https://www.tno.nl/media/8551/tno-circular-economy-for-ienm.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Colombia Potencia Mundial de la Vida. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Bases Plan Nacional de Desarrollo - PND*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-bases-plan-nacional-de-inversiones-2022-2026.pdf>
- DNP. (2023). *SISCONPES*. Obtenido de <https://sisconpes.dnp.gov.co/sisconpesweb/#:~:text=Es%20un%20aplicativo%20web%20desarrollado,gesti%C3%B3n%20de%20los%20documentos%20CONPES%20.&text=Consultar%20el%20nivel%20de%20avance%20de%20los%20documentos%20CONPES%20en%20seguimiento>.

- European Commission. (2014). *Communication from The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions*. Obtenido de Communication on the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0297&from=ES>
- European Commission. (2015). “*Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*”, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2015) 614 final*. Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- Fundación Ellen MacArthur. (2015). *Delivering the Circular Economy a toolkit for Policymakers*. Obtenido de <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/un-conjunto-de-herramientas-para-los-formuladores-de-politicas>
- Fundación Ellen McArthtur. (2013). *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Obtenido de <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Fundación Ellen McArthur. (2016). *The Circular Economy in the Built Environment*. Obtenido de <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>
- Fundación Ellen McArthur. (2023). *Introducción a la Economía Circular*. Obtenido de <https://ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general>
- Ghisellini, P., Cialani , C., & Ulgiati , S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Cleaner Production*, 11-32.
- Haruka , T., & Hiroaki, T. (2020). Water reuse and recycling in Japan - History, Current situation, and future perspectives. *KeAi*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.05.001>
- Ideam. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua>

- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele, UK.
Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/228756057_Procedures_for_Performing_Systematic_Reviews
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. Recuperado el 2023, de Economía Circular: <https://economiecircular.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022). *Taxonomía Verde en Colombia*.
Obtenido de <https://www.taxonomiaverde.gov.co/webcenter/portal/TaxonomiaVerde>
- Mitchell, P. (2015). *Employment and the circular economy - Job creation through resource efficiency in London. Report produced by WRAP for the London Sustainable Development Commission, the London Waste and Recycling Board and the Greater London Authority*. Obtenido de https://www.london.gov.uk/sites/default/files/lfdc_et_al_-_circular_economy_jobs_report_2015.pdf
- ONU. (2010). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.refworld.org/cgi-bin/texis/vtx/rwmain/opendocpdf.pdf?reldoc=y&docid=4cc9270b2>
- ONU. (2023). *Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos*. Obtenido de Acerca de la buena gobernanza y los derechos humanos: <https://www.ohchr.org/es/good-governance/about-good-governance>
- ONU. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pacheco Vega, R. (2015). Urban wastewater governance in Latin America. En I. Aguilar Barajas, J. Mahlknecht, J. Kaledin, M. Kjellén, & A. Mejía Betancourt, *Water and Cities in Latin America* (pág. 104). New York: Routledge.
- Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea. (2020). *Reglamento (UE) 2020/741 Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de mayo de 2020 sobre los requisitos mínimos para la reutilización del agua*. Obtenido de Diario Oficial de la

- Unión Europea: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0741&from=DE>
- Preston, F. (2012). *“A Global Redesign? Shaping the Circular Economy”*, Briefing Paper. London. Obtenido de Chatham House: https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/Energy%2C%20Environment%20and%20Development/bp0312_preston.pdf
- República Popular China. (s.f.). *Ley de la República Popular China sobre la promoción de la economía circular*. Obtenido de http://www.npc.gov.cn/zgrdw/npc/xinwen/2018-11/05/content_2065669.htm#:~:text=%E7%AC%AC%E4%B8%80%E6%9D%A1%E4%B8%BA%E4%BA%86%E4%BF%83%E8%BF%9B,%E8%B5%84%E6%BA%90%E6%B6%88%E8%80%97%E5%92%8C%E5%BA%9F%E7%89%A9%E4%B A%A7%E7%94%9F%E3%80%82
- Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). *The Circular Economy. A review of definitions, processes and impacts*. Obtenido de Centre for European Policy Studies: <https://www.ceps.eu/ceps-publications/circular-economy-review-definitions-processes-and-impacts/>
- Roca Junyent - Oficina Shanghai. (s.f.). *Nueva Ley de Economía Circular*. Obtenido de <https://static.casaasia.es/pdf/220954813PM1233593293716.pdf>
- Rodriguez, D., Serrano, H., Delgado, A., Nolasco, D., & Saltiel, G. (2020). *De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Banco Mundial, Washington, DC.: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/4f1d1637-77ce-5814-a39a-320bebe96069/content>
- Saravia Matus, S., Gil Sevilla, M., Fernández, D., Montañez, A., Blanco, E., Naranjo, L., . . . Sarmanto, N. (2022). *Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Obtenido de serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 213 (LC/TS.2022/193), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48613/1/S2200923_es.pdf
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary

- research. *Environmental Development*, 48-56.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Schroeder, P., Kartika, A., & Uwe, W. (2018). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*.
doi:<https://doi.org/10.1111/jiec.12732>
- SSPD. (2022). *Informe Sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado Vigencia 2021*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-sectorial-SSPD-2021.pdf>
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Cleaner Production*., 215-227.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- UNESCO. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris.: WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). Obtenido de <https://stg-wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/20448>