



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



Centro de Ciencia y
Tecnología de Antioquia



ANÁLISIS CONCEPTUAL Y NORMATIVO

SOBRE RECIRCULACIÓN Y REÚSO DEL AGUA EN

BRASIL, CHILE, COLOMBIA,
MÉXICO Y PERÚ.

Análisis **conceptual y normativo**
sobre la recirculación y el reúso del
agua en Brasil, Chile, Colombia,
México y Perú.

Este libro es el resultado del trabajo en conjunto de diferentes instituciones y profesionales de América Latina.

Coordinación Editorial

Diana Rojas Orjuela- Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación - COSUDE -

Durys Ríos Kerguelén - Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA

Santiago Echavarría Escobar - Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA-

Kenneth Alberto Peralta Nario - Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación - COSUDE -

Carol Hurtado Montoya - Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación - COSUDE

Compilación y edición Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA

Anderson Betancur Álvarez

Catalina Herrera Barrientos

Ximena Marcela García Arango

Yazari Agudelo Cano

Corrección de estilo

María Fernanda Monsalve

Diseño y diagramación

Juan Pablo Londoño De Los Ríos

ISBN: 978-958-8470-66-5

Distribución gratuita

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente .

ÍNDICE

1. Introducción general	7
2. Análisis general	9
2.1 Contexto general	11
2.2 Diferencias conceptuales del reúso y normativas	13
2.3 Enfoques técnicos	14
2.4 Desafíos	14
3. Capítulo Brasil	16
3.1 Contexto país	18
3.2 Marco conceptual y normativo	19
3.2.1 Marco conceptual	19
3.2.2 Marco normativo	22
3.3 Enfoques técnicos para la reutilización	37
3.4 Desafíos y oportunidades para la reutilización	43
del agua en Brasil	
3.5 Casos de aplicación	46
Aquapolo	47
Braskem	49
Ambev (caso 1)	51
Ambev (caso 2)	52
CBA - Companhia Brasileira de Alumínio (caso1)	53
CBA - Companhia Brasileira de Alumínio (caso2)	55
Capricornio Textil	56
Suzano	57
3.6 Recomendaciones y conclusiones caso brasileño	58
4. Capítulo Chile	60
4.1 Contexto país	62
4.2 Marco conceptual y normativo	63
4.2.1 Marco conceptual	63
4.2.2 Marco normativo	64
4.3 Enfoques técnicos para el reúso y la circulación	75
4.4 Desafíos para el reúso en el país	76
4.5 Casos de aplicación	79
Frutícola Olmué SpA	80
4.6 Recomendaciones y conclusiones caso chileno	81

ÍNDICE

5. Capítulo Colombia	82
5.1 Contexto país	84
5.2 Marco conceptual y normativo	84
5.2.1 Marco conceptual	84
5.2.2 Marco normativo	86
5.3 Enfoques para la Gestión Corporativa del Agua	97
5.4 Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en Colombia	99
5.4.1 Sectores potenciales para el reúso	101
5.5 Casos de aplicación	103
Alfagres S. A.	104
Alimentos Doria	105
Ecopetrol S. A.	106
Enviaseo E. S. P.	107
Primadera S. A. S. (caso1)	108
Primadera S. A. S. (caso2)	110
Sika Colombia S. A. S.	111
5.6 Recomendaciones y conclusiones caso colombiano	112
6. Capítulo México	113
6.1 Contexto país	115
6.2 Marco conceptual y normativo	117
6.2.1 Marco conceptual	117
6.2.2 Marco normativo	120
6.3 Enfoques técnicos para el reúso del agua en México	129
6.4 Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en México	131
6.5 Casos de aplicación	132
Ternium México S. A. de C. V.	133
Biopapel S. A.	134
Cemex	135
Neolpharma S. A. de C. V.	136
6.6 Recomendaciones y conclusiones caso mexicano	138

ÍNDICE

7. Capítulo Perú	139
7.1 Contexto país	141
7.2 Marco conceptual y normativo	141
7.2.1 Marco conceptual	141
7.2.2 Marco normativo	144
7.3 Enfoques técnicos para el reúso y la recirculación	158
7.4 Desafíos para el reúso en el país	158
7.4.1 Sectores potenciales para el reúso	160
7.5 Casos de aplicación	161
Textil el Amazonas S. A. BIC	162
Compañía Minera Coimolache S. A.	164
Unacem Perú S. A.	165
7.6 Recomendaciones y conclusiones caso peruano	167
8. Referentes otros países	168
9. Conclusiones y recomendaciones generales	170
10. Referencias Bibliográficas	172

Lista de tablas

Tabla 1. Otras iniciativas legislativas relacionadas con la.....	25
reutilización del agua a nivel federal en Brasil	
Tabla 2. Otras iniciativas legislativas relacionadas con la	29
reutilización del agua a nivel estatal en Brasil	
Tabla 3. Resumen de documentos legales y documentos	39
normativos del nivel federal que establecen parámetros de calidad del agua en Brasil	
Tabla 4. Resumen de documentos legales del nivel estatal.....	40
que establecen parámetros de calidad del agua relacionados con prácticas de reúso en Brasil	
Tabla 5. Resumen de desafíos y brechas para la reutilización.....	43
del agua en Brasil	
Tabla 6. Detalle línea de tiempo normativa sobre reutilización.....	65
de aguas residuales en Chile	
Tabla 7. Principales normativas de reúso de agua en Chile.....	67
Tabla 8. Detalle línea de tiempo normativa de reúso y	88
recirculación en Colombia	

ÍNDICE

Tabla 9. Criterios de calidad adicionales de aguas residuales para uso agrícola en Colombia	95
Tabla 10. Características de las RHA de México.	118
Tabla 11. Ley de Aguas Nacionales	120
Tabla 12. Límites máximos permisibles de contaminantes de acuerdo con la NOM-003-SEMARNAT-1997 en México	122
Tabla 13. Normativa de reúso y recirculación en México	123
Tabla 14. Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en México	131
Tabla 15. Instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y su alcance en Perú	145
Tabla 16. Detalle línea de tiempo normativa de reúso de agua en Perú	147

Lista de figuras

Figura 1. Mapa físico de los países	11
Figura 2. Extracción anual de agua dulce, total (% de los recursos internos) (2001 - 2020)	12
Figura 3. Unidades de la Federación y regiones hidrográficas brasileñas	18
Figura 4. Tipos de reutilización del agua.	20
Figura 5. Línea de tiempo regulatoria sobre reutilización del agua en Brasil.	25
Figura 6. Estructura de gobernanza para la gestión del agua en Brasil	36
Figura 7. Beneficios asociados a la práctica de la reutilización	45
Figura 8. Línea de tiempo normativa sobre reutilización del agua en Chile	64
Figura 9. Economía circular del agua.	75
Figura 10. Línea de tiempo normativa relacionada al reúso y recirculación del agua en Colombia	87
Figura 11. Beneficios tributarios ambientales - BTA en Colombia.	100
Figura 12. Beneficios tributarios para CTel en Colombia.	100
Figura 13. Ubicación geográfica de México.	115
Figura 14. Resumen de usos del agua en México.	119
Figura 15. Tipos de normas en México.	121
Figura 16. Línea del tiempo de leyes, reglamentos y normas en México relacionadas con el agua	125
Figura 17. Usos consuntivos agrupados por sector económico en México	126
Figura 18. Línea de tiempo normativa relacionada al reúso del agua en Perú	146

1. INTRODUCCIÓN GENERAL



El crecimiento poblacional, la urbanización, la expansión agrícola y de las actividades pecuarias, acompañados de estilos de vida de mayor consumo de bienes y servicios, generan un aumento en la demanda de agua para los diferentes usos en un clima cambiante. América Latina, con diferentes acentuaciones dependiendo de la ubicación geográfica, enfrenta desafíos asociados con la gestión del agua para asegurar la disponibilidad, en cantidad y calidad, para la población, la economía y los ecosistemas. Entre los desafíos están: elevar el conocimiento sobre el estado y la dinámica del agua superficial y subterránea, el monitoreo y la adaptación a la variabilidad climática y a eventos extremos, elevar productividad o eficiencia en el uso del agua, incrementar el tratamiento de aguas residuales; así como, conservar de forma efectiva los ecosistemas y sus servicios asociados.

En ese sentido, la eficiencia en el uso del agua, el adecuado tratamiento, la recirculación y el reúso hacen parte de la agenda para el desarrollo económico y de bienestar en la región. El reúso del agua es una solución para los problemas de escasez, generando valor en doble vía; además, de los beneficios ambientales, puede aportar a la sostenibilidad financiera, especialmente en los sectores agrícola y de generación de energía. No obstante, representa retos para su aplicación y para la adecuada y comprensiva reglamentación que suele diferir de un país a otro (Banco Mundial, 2018). En América Latina existen diferentes regulaciones y conceptos para los términos reúso, reutilización y recirculación. También hay variaciones entre países sobre los sectores económicos reglamentados para implementar estas prácticas y, en consecuencia, las aplicaciones son diversas.

En este marco, el programa **El agua nos une** de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación -COSUDE-, con sus implementadores y aliados, y en colaboración con el Consejo Empresarial de la Alianza del Pacífico -CEAP-, construyeron y ponen a disposición el presente documento denominado «Análisis conceptual y normativo sobre la recirculación y el reúso del agua en Brasil, Chile, Colombia, México y Perú». Este documento tiene como objetivo compilar los marcos conceptuales y normativos para implementar estas prácticas, plantear los principales desafíos y visibilizar algunos casos de aplicación.

La publicación se enfoca en los países de la Alianza del Pacífico, una plataforma comercial y de cooperación conformada, a la fecha, por: Chile, Colombia, México y Perú. Adicionalmente, se incluye el caso de Brasil, teniendo en cuenta el trabajo que se realiza en estos cinco países con el programa **El agua nos une** de COSUDE.

La coordinación de esta publicación estuvo a cargo del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia -CTA- con el apoyo del equipo de COSUDE en Colombia y en Perú. Los capítulos por país fueron elaborados por las organizaciones implementadoras con la realimentación de diversos aliados. En Brasil estuvo a cargo del Centro de Estudios de Sostenibilidad de la Fundación Getulio Vargas y contó con la realimentación del Ministerio de Ambiente y Cambio Climático y la Red Pacto Global Brasil. El capítulo de Colombia fue elaborado por el equipo del CTA y tuvo realimentación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia -ANDI- y el Pacto Global Colombia. Los capítulos de Chile y Perú fueron elaborados por el equipo de CARE Perú. Por su parte, el capítulo de México fue desarrollado por el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable -CADIS- con realimentación de la Comisión Nacional del Agua -CONAGUA-.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL



La publicación está estructurada en tres partes: la primera, abarca un contexto general con un análisis sobre la recirculación y el reúso del agua; la segunda, corresponde a un análisis por país que comprende el contexto nacional, el marco conceptual y normativo, los sectores reglamentados para el reúso, seguido por casos de aplicación, culminando con recomendaciones y conclusiones específicas para cada nación. En total, para los cinco países, se lograron sistematizar veintiún casos de aplicación empresarial; la tercera, se dedica a presentar otras experiencias internacionales y se culmina con las conclusiones y recomendaciones generales del documento.

Esta publicación invita a proseguir con el análisis sobre el estado de avance de la recirculación y del reúso del agua, fomentando reflexiones que incentiven la Gestión Corporativa del Agua. Este enfoque se trabaja en el programa **El agua nos une**, desde el 2010, para potenciar la evaluación y la reducción de los impactos en el agua de los procesos de producción, gestionando los riesgos hídricos desde las empresas. Lo anterior implica priorizar inversiones basadas en evidencias para elevar la eficiencia en el uso del agua, mejorar el manejo de las materias primas y el tratamiento de efluentes; así como, la participación del sector empresarial en la gestión colectiva del agua a nivel territorial.



2. ANÁLISIS GENERAL

Agencia Suiza de Desarrollo y Cooperación
- COSUDE -

Diana Rojas Orjuela

Centro de Ciencia y Tecnología de
Antioquia - CTA -

Carolina María Rodríguez

Catalina Herrera Barrientos

Durys Ríos Kerguelén

Yazari Agudelo Cano

Agradecimientos

Juan Fernando Figueroa

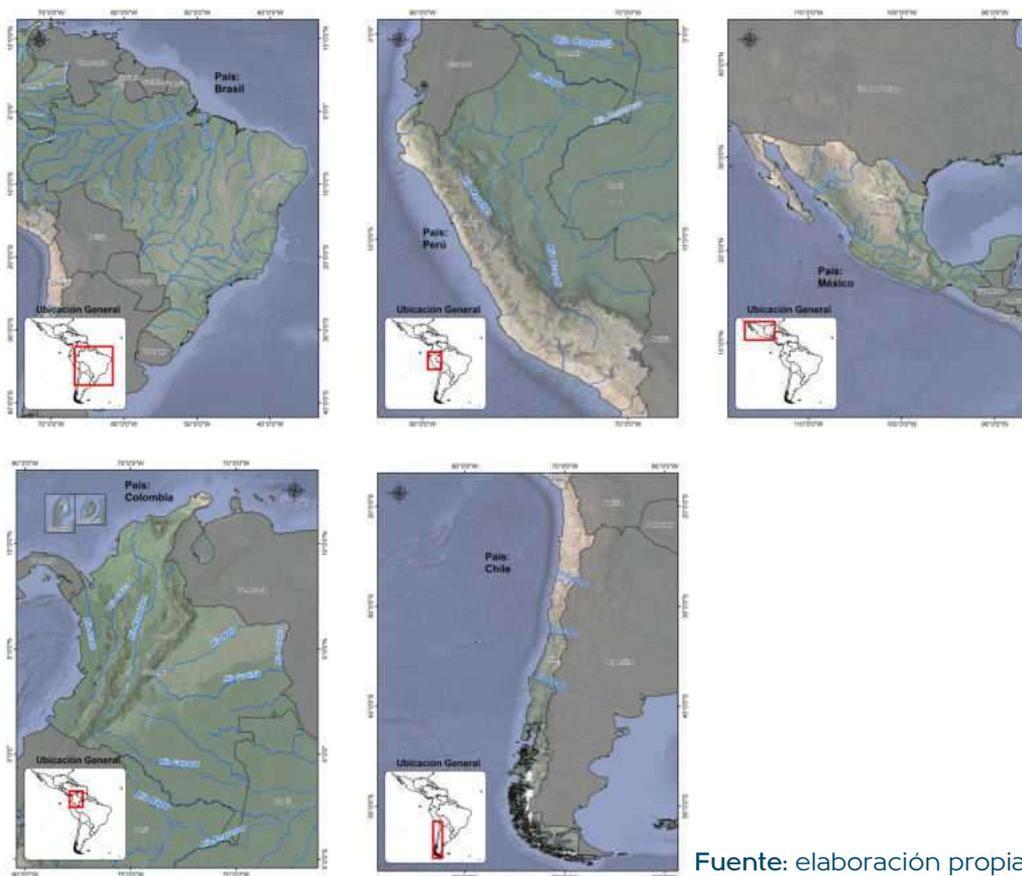
Centro de Ciencia y Tecnología
de Antioquia

2. ANÁLISIS GENERAL

2.1 Contexto general

Brasil, Chile, Colombia, México y Perú presentan condiciones propias de su geografía: diversidad ecosistémica, climática, hidrográfica, demográfica, cultural y política. Estas divergencias generan desafíos particulares en la gestión integral del agua, especialmente en contextos de escasez y variabilidad climática. No obstante, estos países comparten retos comunes relacionados con el crecimiento de la demanda de agua, los condicionantes geográficos de disponibilidad del agua y su relación con la ubicación de las actividades económicas, la necesidad de mejorar el conocimiento del estado y la dinámica de este recurso a través del monitoreo sistémico, acompañado del imperante interés de elevar la eficiencia en el uso y reducir la contaminación del agua. La región tiene la oportunidad histórica de elevar autónomamente el desarrollo económico para el bienestar social de sus poblaciones de la mano con la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

Figura 1. Mapa físico de los países



Fuente: elaboración propia

Brasil posee la mayor parte de la cuenca del río Amazonas y es reconocido por sus recursos hídricos abundantes, incluyendo importantes ríos como Tocantins, São Francisco, Xingu y Madeira.

Chile, caracterizado por su variada topografía, presenta una biogeografía que abarca desde los desiertos áridos del norte hasta los bosques templados del sur con fuentes hídricas que incluyen los ríos Maipo, Aconcagua, Maule, Loa y el Biobío; desempeñando un papel crucial en la economía del país.

2. ANÁLISIS GENERAL



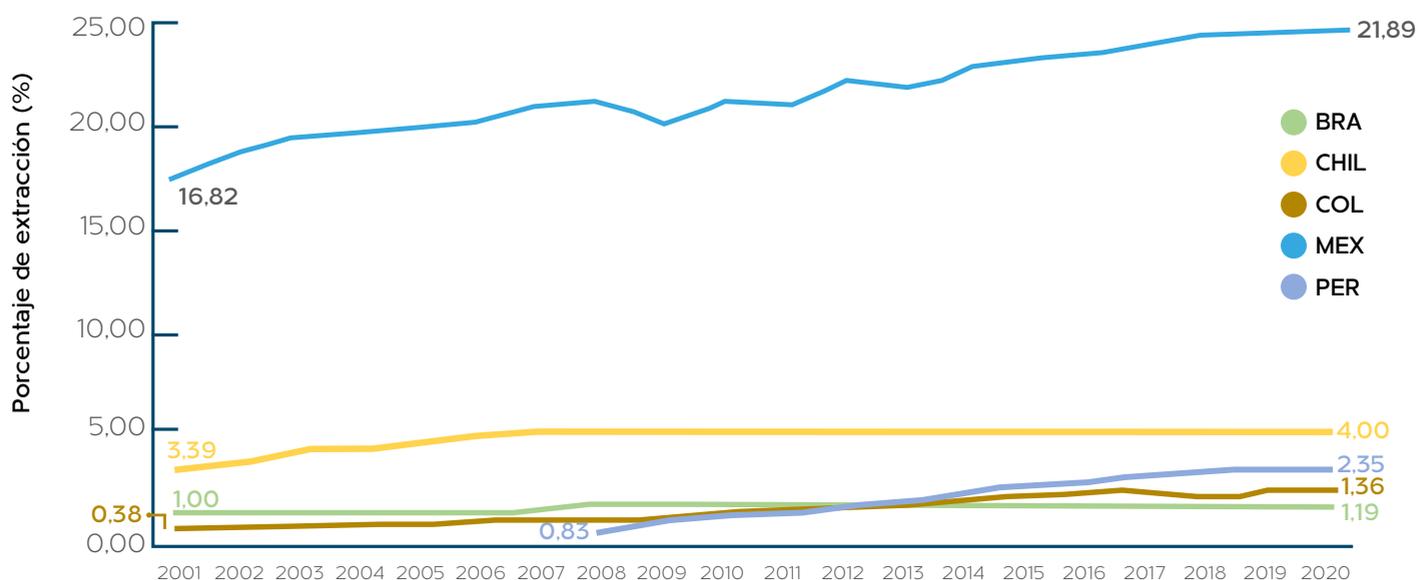
Colombia, con diversidad de ecosistemas que comprenden la selva tropical amazónica, llanuras, desiertos, bosques, páramos andinos e islas en el mar Caribe y en el océano Pacífico, se destaca por su generosa red fluvial que incluye las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Amazonas, Atrato, Orinoco y Putumayo.

México abarca desde los manglares costeros hasta los bosques nublados de montaña y sus recursos hídricos cubren importantes fuentes como el río Grande y el río Bravo, así como acuíferos subterráneos que son fundamentales para la agricultura y el abastecimiento de agua potable.

Perú, por su parte, cuenta con una geografía que va desde la costa desértica del Pacífico hasta los picos nevados en los Andes, albergando parte de la cuenca del río Amazonas y múltiples ríos como Tumbes, Piura, Ucayali, Marañón y Mantaro. La economía del país también se sustenta del aprovechamiento de acuíferos.

El **índice de extracción total de agua dulce** presentado en la **Figura 2** estima la extracción anual de agua dulce como porcentaje de los recursos disponibles, lo que refleja la cantidad total de agua extraída sin tener en cuenta las pérdidas por evaporación de las cuencas de almacenamiento (Banco Mundial, 2023). Al analizar este indicador se observa que México muestra un nivel alto de extracción de agua con un 21,89 % en 2020, lo que indica una presión significativa sobre sus recursos hídricos. Le sigue Chile con un aumento constante en su extracción de agua, alcanzando un 4 % en 2020. Perú muestra una extracción moderada con un 2,35 % en 2020. Por otro lado, Brasil y Colombia representan menores extracciones de agua dulce disponible con un 1,19 % y un 1,36 %, respectivamente en 2020. Estos datos subrayan la estrecha relación entre la extracción de agua y las presiones sobre sus recursos hídricos. En Brasil y Colombia, aunque la tasa de extracción ha variado, se mantiene un nivel promedio estable, lo que podría contribuir a su baja clasificación de estrés hídrico. En Chile, México y Perú se observa un aumento progresivo en la extracción de agua a lo largo del tiempo, lo que sugiere una presión adicional sobre los recursos hídricos disponibles y se refleja en los niveles crecientes de estrés hídrico en estos países.

Figura 2. Extracción anual de agua dulce, total (% de los recursos internos) (2001 - 2020)



Fuente: elaboración propia con datos Banco Mundial (2023)

2. ANÁLISIS GENERAL



La proporción de extracción de agua a nivel sectorial está encabezada por el sector agrícola, seguida por los sectores industrial, doméstico y pecuario. Las variaciones entre sectores dependen, en gran medida, del nivel de industrialización de un país y de sus fuentes de energía. Por otra parte, el aumento en la demanda de agua está condicionada a la dinámica económica, los esquemas tarifarios, la normativa respecto del aprovechamiento y estándares para vertimientos, articulado al acceso o incentivos para aplicar buenas prácticas e innovación tecnológica.

En este marco, la recirculación y el reúso de agua pueden contribuir a la seguridad hídrica al reducir la dependencia de nuevas fuentes de agua dulce, mitigando la escasez. Los beneficios comprenden: la recirculación de nutrientes para la agricultura, la reducción de los costos de extracción, transporte, tratamiento y disposición de agua; eficiencia en el uso de la energía, cumplimiento de regulaciones ambientales evolutivas y el favorecimiento de la imagen corporativa basada en evidencias. En América Latina hay oportunidades alrededor de establecer o mejorar lineamientos, regulaciones, buenas prácticas y acceso a tecnologías para la recirculación y el reúso del agua, siendo el objeto de la presente publicación.

2.2 Diferencias conceptuales del reúso y normativas

El término reúso presenta diferencias conceptuales y normativas entre países. En el caso de Brasil, se define la reutilización como el aprovechamiento de aguas residuales, entendiendo por aguas residuales los efluentes líquidos de edificaciones, industrias, agroindustrias y agricultura, tratados o no. Adicionalmente, se presentan dos conceptos según el lugar y la entidad que realice el reúso, haciendo la distinción entre reutilización centralizada y descentralizada. La centralizada consiste en el uso no potable del agua reutilizada proveniente de actividades desarrolladas donde se produjo. La descentralizada consiste en el uso no potable de agua reutilizada en actividades ubicadas fuera de las plantas de tratamiento de aguas residuales sanitarias o industriales que las produjeron.

En Chile, se emplea el concepto de reutilización y está ligado específicamente a las aguas grises, también conocidas como aguas jabonosas o resultado de procesos de limpieza. En ese contexto, la reutilización se entiende como el uso de las aguas residuales una vez que han sido sometidas al tratamiento necesario para autorizar su uso.

En Colombia, se distingue entre reúso y recirculación de agua que dependen del proceso al que es incorporada el agua residual tratada. El reúso comprende el uso de aguas residuales tratadas por parte de un usuario receptor para un uso distinto al que las generó y la recirculación se da cuando parte del volumen del agua extraída se retorna en el mismo proceso, sin contacto con el suelo al usarlo.

En el caso de México, se define como reúso a la explotación, el uso o el aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo. Y, para Perú, se define el reúso de las aguas residuales como la utilización de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas.

También hay diferencias normativas para los sectores reglamentados. En el caso de Brasil se abordan aspectos característicos de la reutilización del agua en los sectores agrícola, industrial, acuícola y de agua potable. En Chile, se cuenta con una normativa de reúso en el sector saneamiento y con un instrumento de política nacional para el sector minero. En Colombia, la norma reglamenta el sector agrícola e industrial; en este último, se dan especificaciones para el reúso y la recirculación del agua en la minería.

2. ANÁLISIS GENERAL



En México se cuenta con una norma general que no realiza distinciones o restricciones por sector económico. En Perú el panorama normativo abarca todos los sectores económicos; sin embargo, se detallan los sectores de saneamiento, agricultura, industria y minería.

Como se ha mencionado, en los siguientes capítulos se abordarán los contextos y marcos normativos y conceptuales por país; así como casos de aplicación de recirculación y de reúso del agua en empresas.

2.3 Enfoques técnicos

Los enfoques técnicos alrededor de las prácticas y soluciones de reúso del agua en los países analizados también son diversos. En el caso de Brasil el enfoque técnico está ligado a la norma y a las delimitaciones que contiene, con variaciones a nivel estatal, especificando los parámetros legales para cada estado y cada tipo de uso permitido. En Colombia el enfoque técnico propuesto para promover el reúso aborda la confiabilidad del reúso de aguas aplicando el principio de precaución, haciendo, a su vez, referencia al interés en la economía circular, soluciones basadas en la naturaleza, cadenas de valor extendidas y selección estratégica de proveedores. La economía circular es también resaltada en el caso de Chile como una prioridad. En Perú, si bien no hay mención específica de enfoques, la norma aborda los lineamientos y parámetros para el adecuado reúso y tratamiento de aguas, mencionando los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la economía circular. Por su parte, México plantea el tratamiento avanzado de aguas residuales, sistemas de tratamiento descentralizados, sistemas de riego eficientes, sistemas de recolección, reúso en la industria, recirculación en acuicultura, monitoreo y gestión inteligente del agua, reúso directo en la agricultura, entre otras estrategias.

2.4 Desafíos

Los contextos sociales y productivos de cada país y sus particularidades conceptuales, normativas y técnicas ponen de manifiesto desafíos, algunos de ellos resaltados a continuación.

Desafíos normativos y conceptuales

La diferencia de enfoques conceptuales en la región se convierte en un campo de discusión para facilitar el intercambio de experiencias sobre buenas prácticas en los procesos de producción, usos de tecnologías y herramientas de política y financieras.

A nivel país, la coherencia entre instrumentos legales relacionados con prácticas y procesos técnicos para el reúso del agua motivarán a los sectores productivos para su implementación. Esto, acompañado de un adecuado monitoreo de riesgos y su adecuada divulgación permitirán avanzar en la aceptación e incentivo en lo social. A nivel subnacional, la homologación de términos y su institucionalización en instrumentos legales y regulaciones podría también disminuir la incertidumbre y facilitar el intercambio para la aplicación de soluciones.

Fortalecer las capacidades institucionales y sectoriales permitirá avanzar en la claridad normativa, los mecanismos de control y seguimiento, la asignación de costos y la valoración de los usos del agua.

2. ANÁLISIS GENERAL



Desafíos administrativos y financieros

A nivel administrativo y financiero los desafíos están enfocados en propiciar la inversión y el financiamiento, relacionados con las regulaciones e incentivos para adoptar tecnologías y prácticas de reúso del agua. Es el caso de beneficios tributarios ambientales -BTA- y de ciencia, tecnología e innovación -CTel- y a la colaboración público - privada con el potencial de impulsar proyectos de este tipo.

Desafíos técnicos

Las tecnologías empleadas para el tratamiento de efluentes, la recirculación y el reúso requieren una inversión significativa en investigación y desarrollo, así como en infraestructura.

Los desafíos técnicos pasan por identificar aquellas tecnologías que, en su análisis costo - beneficio, demuestren la reducción de costos operativos e identifiquen y cuantifiquen los beneficios ambientales para contribuir con la competitividad y sostenibilidad de las empresas.

Desafíos educativos y socio culturales

Los desafíos asociados a la recirculación y al reúso del agua también tienen una dimensión social, educativa y cultural que inciden en las prácticas. La aceptación social depende de la percepción de seguridad, trazabilidad y transparencia que tengan estas prácticas, aunado al valor atribuido al agua en cada contexto. Aspectos que acompañan los esquemas tarifarios, regulaciones y normatividad, así como en mecanismos financieros disponibles para la implementación.

Tal como se ha mencionado, el aumento de la demanda de agua y la variabilidad del clima hacen un llamado generalizado a valorar este recurso en nuestras sociedades y economías. La educación ambiental y la promoción de la conciencia sobre la importancia del agua son la base para impulsar la aceptación social de la recirculación y el reúso. Esto implica establecer mecanismos y aunar esfuerzos para el monitoreo y la rendición de cuentas que respalden, con datos, la aceptación social sobre la seguridad y eficacia del reúso del agua, abordando las preocupaciones y la desconfianza que se generen.



3. CAPÍTULO BRASIL



Juliana Picoli
Layla Lambiasi
Centro de Estudios de Sostenibilidad -
FGVces

Rubens Filho
Red Brasil Pacto Global

Agradecimientos

Maria Monsores
Mariana Appel
AMBEV

Marcio da Silva José
Aquapolo Ambiental

Marina Rossi
Braskem

Gabryella Mendonça
Capricórnio Têxtil

Bruna Bicalho
CBA

Guarany Osório
Centro de Estudios de Sostenibilidad

Mario Monzoni
FGVces

Alexandre Tofeti

Anderson Bezerra

Cristiane Fernanda da Silva
Ministerio de Medio Ambiente y Cambio
Climático

Andresa Cassiano
Rede Brasil do Pacto Global

Camila da Silva

Carlos de Souza
Suzano

3. CAPÍTULO BRASIL

3.1 Contexto país

Si bien Brasil tiene una de las mayores disponibilidades de recursos hídricos superficiales en el mundo, representando aproximadamente el 8 %, sus diferentes contextos regionales tienen un alto riesgo de estrés hídrico. Esto se debe a que, a pesar de la abundancia en términos totales, los recursos hídricos se distribuyen por todo el territorio de forma desigual. En términos político-administrativos el país está dividido en 27 unidades de la Federación (UF); sin embargo, para la gestión de los recursos hídricos los límites basados en los caudales de agua dividen el territorio nacional en 12 macrorregiones (**Figura 3**), 54 mesorregiones y 302 microrregiones hidrográficas. La Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico -ANA- es el organismo federal responsable de la gestión de las cuencas hidrográficas, las cuales también pueden clasificarse en: alcance interestatal, comprendiendo 47 unidades de gestión de recursos hídricos -UGRH-, y de alcance estatal que abarca 17 UGRH (ANA, 2022).

Figura 3. Unidades de la Federación y regiones hidrográficas brasileñas



Fuente: regiones hidrográficas (ANA, 2018)

3. CAPÍTULO BRASIL



Como se mencionó, la disponibilidad de agua superficial varía considerablemente entre las cuencas de los ríos brasileños concentrándose el 80 % en la cuenca del Amazonas. Las características regionales de la disponibilidad de agua, sumadas con factores recientes como el crecimiento poblacional, el aumento de las tasas de urbanización y el cambio climático, contribuyen a un escenario de escasez de agua con riesgo agravado (Santos y Lima, 2022). Además de las observaciones hidrometeorológicas que confirman la reducción de las precipitaciones y del caudal en diferentes puntos del país - estaciones tanto en el nordeste como en otras regiones registraron reducciones de hasta el 100 % en el caudal registrado (ANA, 2022) -, los recientes fenómenos extremos, como las crisis del agua en los estados de São Paulo y Río de Janeiro, apuntan a una mayor vulnerabilidad de los sistemas de suministro en las zonas urbanas y en los contextos industriales y agrícolas (Santos y Vieira, 2020).

En Brasil se consumen anualmente alrededor de 67,32 trillones de litros de agua, de los cuales el 53,7 % se destina al riego, el 22,6 % al abastecimiento urbano y el 8,8 % a las actividades industriales (ANA, 2022). Estas demandas han aumentado significativamente a lo largo de los años y varían según cada unidad de la Federación. Así, en un contexto de escasez y para que haya suficiente agua para atender las demandas de múltiples usos es necesario considerar fuentes alternativas como parte de un portafolio diversificado compuesto, entre otros, por agua reutilizada (Santos y Lima, 2022).

Adoptada durante mucho tiempo en diferentes países la reutilización del agua ha recibido mayor atención en los últimos años debido a su amplia disponibilidad y baja dependencia de factores hidroclimáticos; además, de jugar un papel importante en el combate de la contaminación de los cuerpos de agua y en la reducción de posibles conflictos relacionados con su uso. Según datos de 2015 en el país se producen alrededor de 50,5 mil millones de litros de agua reutilizada al año (ANA, 2022).

A pesar de ser un tema de debate desde hace décadas la legislación que aborda la reutilización en Brasil aún se encuentra en sus inicios, sin que exista normativa federal que regule la práctica lo que dificulta su consolidación como una alternativa para el uso racional y sustentable de agua (Santos et al., 2020). A nivel estatal solo siete unidades de la Federación han implementado instrumentos legales que incluyen la definición de estándares de calidad para el agua reutilizada. Dado que la reutilización es una práctica con riesgos inherentes, definiciones como estas son importantes para garantizar la salud humana y ambiental durante los procesos de uso y el contacto con este tipo de agua.

En este contexto, el objetivo de este documento, en el ámbito de la iniciativa El agua nos une de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación -COSUDE- y en coordinación con el Consejo Empresarial de la Alianza del Pacífico -CEAP-, es analizar los aspectos conceptuales y el marco normativo del reúso del agua en Brasil.

3.2 Marco conceptual y normativo

3.2.1 Marco conceptual

En 1994 con la recomendación de la Agenda 21 para que los países participantes en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río/Eco-92) priorizaran políticas públicas para la gestión de efluentes, con énfasis en la reutilización mediante el reciclaje y el uso de aguas

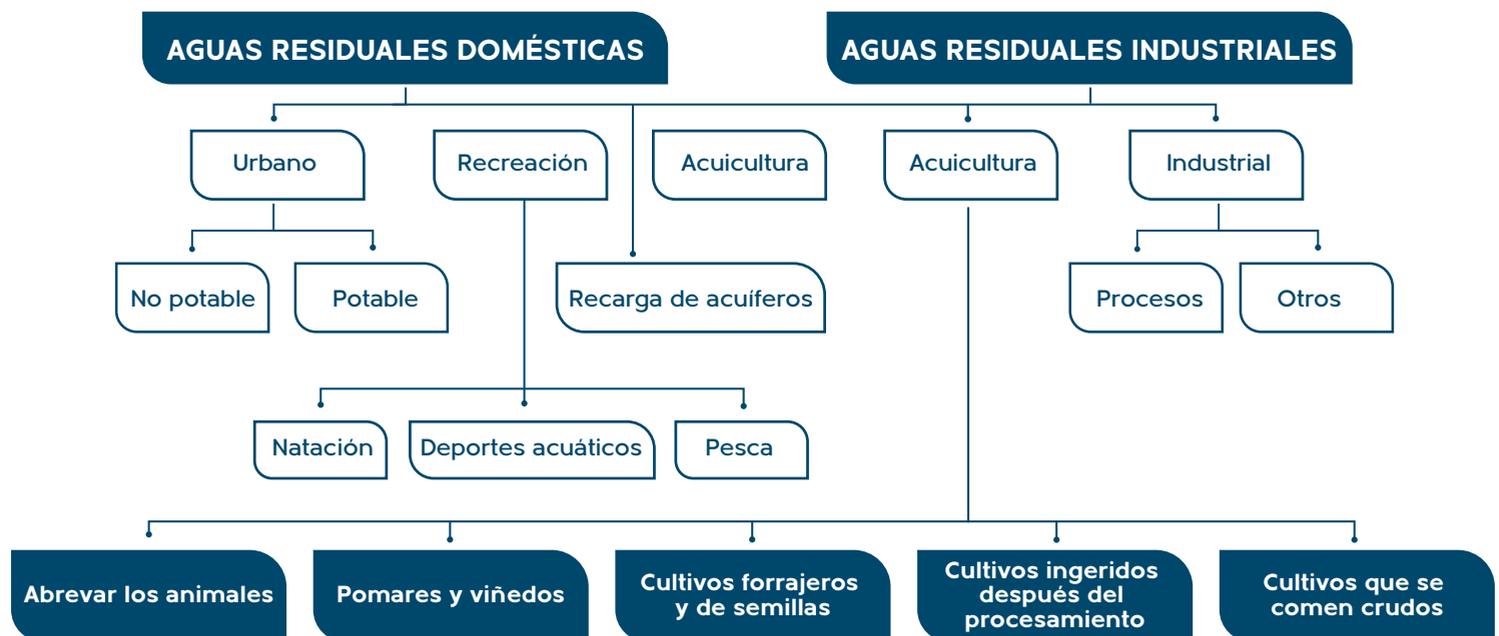
3. CAPÍTULO BRASIL

residuales, la práctica se consolidó como una medida de racionalización y de conservación de los recursos hídricos. Además, en el mismo documento el reúso también fue identificado como un aspecto importante para garantizar la producción agrícola y el desarrollo rural, proteger los ecosistemas acuáticos y fortalecer los sectores industrial y comercial (Hespanhol, 2002).

En el entorno natural los propios ecosistemas reciclan el agua mediante procesos biológicos de depuración. Las actividades humanas, sin embargo, imparten diferentes niveles de contaminación a los efluentes lo que requiere de procesos sistematizados de tratamiento para la reutilización de estos recursos. Las aguas residuales provenientes de sistemas de alcantarillado sanitario y procesos industriales disponibles para su reutilización pueden contener altas concentraciones de organismos patógenos y compuestos orgánicos sintéticos, por lo que los posibles destinos de esta agua dependerán de los estándares de calidad que se puedan alcanzar, los cuales definirán a su vez los niveles de tratamiento recomendados, los criterios de seguridad, los costes y las condiciones de operación y el mantenimiento de los sistemas (Hespanhol, 2002).

Hespanhol (2002) afirma que las posibilidades de uso del agua reutilizada también estarán relacionadas con «características, condiciones y factores locales, tales como decisión política, esquemas institucionales, disponibilidad técnica y factores económicos, sociales y culturales» (p. 76). El autor, en otra publicación, define algunas formas potenciales de reutilización del agua presentadas esquemáticamente en la **Figura 4**. También define los conceptos de reutilización directa e indirecta, refiriéndose el primero a sistemas de conexión directa entre captación, tratamiento y distribución de agua reciclada, y el segundo implica la existencia de un cuerpo receptor intermedio que, mediante el proceso de dilución y retención por un tiempo adecuado, reduce la carga contaminante a niveles aceptables.

Figura 4. Tipos de reutilización del agua



Fuente: elaboración a partir de (Hespanhol,1997)

3. CAPÍTULO BRASIL



Cabe señalar que el Consejo Nacional de Recursos Hídricos -CNRH-, creado mediante la Resolución n.º 54 de 2005 (Brasil, 2005), es uno de los primeros y más importantes instrumentos para la práctica de la reutilización del agua en Brasil, aunque no aborda las modalidades de reutilización potable directa o indirecta, solamente el reuso directo no potable. En su artículo 2 la Resolución CNRH n.º 54 proporciona las siguientes definiciones:

I. Aguas residuales: alcantarilla, aguas desechadas, efluentes líquidos de edificaciones, industrias, agroindustrias y agricultura, tratados o no.

II. Reutilización del agua: aprovechamiento de aguas residuales.

III. Agua de reutilización: agua residual que cumple con los estándares requeridos para su uso en las modalidades previstas.

IV. Reutilización directa del agua: uso planificado del agua reutilizada llevada al lugar de uso sin previa liberación o dilución en cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

V. Productor de agua de reuso: persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que produce agua reutilizada.

VI. Distribuidor de agua de reuso: persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que distribuye agua reutilizada.

VII. Usuario de agua de reuso: persona natural o jurídica, de derecho público o privado, que utiliza agua reutilizada.

Además, en su artículo 3 define las modalidades de reutilización directa no potable del agua:

I. Reutilización con fines urbanos: utilización del agua de reuso para riego de jardines, lavado de lugares públicos y vehículos, desatasco de tuberías, en la construcción civil, en edificios y en la extinción de incendios dentro de áreas urbanas.

II. Reutilización con fines agrícolas y forestales: aplicación de agua de reuso para producción agrícola y en el cultivo de bosques plantados.

III. Reutilización con fines ambientales: utilización de agua de reuso para implementar proyectos de recuperación ambiental.

IV. Reutilización con fines industriales: utilización de agua de reuso en procesos, actividades y operaciones industriales.

V. Reutilización en acuicultura: uso de agua de reuso para la cría de animales o en el cultivo de vegetales acuáticos.

Brasil no cuenta, actualmente, con regulación federal que establezca parámetros para la práctica de la reutilización en sus diferentes modalidades; no obstante, siete estados cuentan con instrumentos legales que definen directrices, orientaciones y estándares de calidad para la práctica. Dichos documentos serán discutidos en detalle en las siguientes secciones. Es relevante para el marco conceptual un análisis de las definiciones adoptadas por cada uno de ellos, las cuales incluyen significados específicos para términos como «agua reutilizada», «reutilización directa», «productor de agua para reutilización», «distribuidor de agua para reutilización», «usuario de agua para reutilización», «reutilización descentralizada», «reutilización centralizada», entre otros.

3. CAPÍTULO BRASIL



En primer lugar, se observa que los tipos de conceptos definidos en cada documento varían considerablemente. Aunque los entendimientos son similares cuando se relacionan con el mismo concepto hay detalles específicos que pueden tener implicaciones diferentes para la práctica de la reutilización. El «agua reutilizada», por ejemplo, es definida por los estados de São Paulo y Minas Gerais como el efluente tratado proveniente exclusivamente de una estación de tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, mientras el Estado de Río Grande do Sul define que el «agua reutilizada» es un efluente destinado a uso no potable, solo el Estado de Paraná reconoce la posibilidad de un uso potable indirecto. Todos los documentos coinciden en que el «agua reutilizada» es un efluente tratado que cumple con los estándares de calidad definidos para el uso previsto según la Resolución CNRH n.º 54/2005. Finalmente, el Estado de Paraná estableció, en el artículo 2 de la Resolución CERH n.º 122/2023, una distinción entre «reutilización centralizada y descentralizada»

- **Reutilización descentralizada:** uso no potable de agua reutilizada en actividades ubicadas fuera de las plantas de tratamiento de aguas residuales sanitarias o industriales que la produjeron; implica la existencia de un productor y de un usuario de agua reutilizada.
- **Reúso centralizado:** uso no potable del agua reutilizada proveniente de actividades realizadas en el lugar donde fue producida, incluyendo recolección, tratamiento, almacenamiento, distribución y reúso de efluentes de pequeñas comunidades, edificios, condominios, industrias, establecimientos comerciales, residencias y propiedades individuales, públicas o privadas. En la reutilización centralizada el productor de agua reutilizada y su usuario son el mismo.

Santos y Lima (2022) señalan que, para establecer un marco regulatorio eficaz para la práctica de la reutilización, entre otras cosas, será necesario consolidar una tipología de reutilización y estándares (en relación con los niveles de restricción) «alineados con las expectativas de evolución e institucionalización de la práctica de acuerdo con aspectos de desarrollo socioeconómico, principales demandas y objetivos claros» (p. 25).

Además, cabe destacar que en Brasil el término «recirculación» no está tipificado en documentos regulatorios y normativos relacionados con la práctica de la reutilización del agua, por lo que está en actividades internas al generador del efluente se clasifica dentro de la categoría de reutilización interna o centralizada. En el contexto del reúso industrial la reutilización interna o centralizada también puede clasificarse como reutilización en cascada (cuando el efluente se utiliza directamente en otro proceso sin someterse a tratamiento) o reutilización de efluentes tratados (cuando el agua generada localmente es sometida a un tratamiento controlado por la propia industria antes de ser aplicada a otra de sus actividades) (FIRJAN, 2006).

3.2.2 Marco normativo

El marco que regula la reutilización del agua en Brasil es diverso y poco integral, compuesto por un conjunto de medidas e instrumentos legales establecidos en diferentes niveles de gobierno. Sin embargo, no existe en el país una legislación específica y suficiente que garantice la calidad microbiológica y fisicoquímica para la práctica de la reutilización, especialmente en consideración con las diferentes modalidades involucradas en su aplicación (Moura et al., 2020). Por otro lado, algunas unidades de la Federación ya han determinado, a nivel estatal, estándares de calidad según el destino del agua reutilizada.

3. CAPÍTULO BRASIL



3.2.2.1 Línea del tiempo normativa sobre reutilización del agua

Las discusiones sobre la reutilización en Brasil comenzaron con la publicación de la Norma brasileña -NBR- 13.969 en 1997 que presenta directrices para la ejecución del proyecto, la construcción y la operación de fosas sépticas. El documento que, pese a su carácter normativo, no implica una obligación legal y contiene un ítem específico que define clases de destino asociadas a la reutilización local: aplicación de aguas residuales tratadas sin muchas inversiones adicionales. Santos y Lima (2022) señalan que la NBR 13.969 a pesar del importante papel desempeñado en iniciar las discusiones sobre la reutilización, está hoy fuera de contexto, principalmente porque indica estándares restrictivos y tecnologías avanzadas para aplicaciones localizadas. En el mismo año se implementó la Política Nacional de Recursos Hídricos, descrita anteriormente, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de agua para las generaciones futuras, cumpliendo con estándares de calidad para cada uso, promoviendo el uso racional e integrado de los recursos hídricos, actuando en la prevención de eventos críticos y en la preservación de las aguas de lluvia, siendo así una de las leyes más relevantes para la práctica del reúso en el país (Interáguas, 2017).

En 2005, se publicó la Resolución del Consejo Nacional de Recursos Hídricos -CNRH- n.º 54 que estableció modalidades, lineamientos y criterios generales para la práctica de la reutilización directa del agua no potable, pero no aclaró de manera definitiva los estándares de calidad para los diferentes usos potenciales. A pesar de ello, para 2023 fue la consolidación del proceso de revisión de este instrumento; se llevaron a cabo varias reuniones técnicas y consulta pública para recomendar parámetros mínimos de calidad para cada tipo de reúso de agua.

También en 2005 la Resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente -CONAMA- n.º 357 reguló la clasificación de los cuerpos de agua y estableció lineamientos ambientales para su encuadramiento. Sin embargo, solo años después, con la publicación de la Resolución CONAMA n.º 430, se establecieron los estándares de calidad para la descarga de efluentes a cuerpos de agua. Antes de eso, en 2007, se publicó la Ley n.º 11.445 con los lineamientos nacionales para el saneamiento básico, entre ellos la universalización del acceso al abastecimiento de agua y alcantarillado, la integración de infraestructuras y servicios con la gestión eficiente de los recursos hídricos y la adopción de medidas para fomentar la moderación en el consumo de agua.

En 2010 el Estado de Bahía fue la primera unidad de la Federación en establecer, mediante Resolución CONERH n.º 75, normas de calidad con fuerza legal para el agua reutilizada para usos agrícolas y forestales. En el mismo año, aunque sin definir normas legales, la Resolución CNRH n.º 121 estableció directrices y criterios para la práctica de la reutilización directa del agua no potable también en las modalidades agrícola y forestal. Solo a partir de 2017 otros seis estados brasileños establecerían estándares de calidad para la práctica de la reutilización:

- **Ceará:** Resolución COEMA n.º 2 de 2017.
- **São Paulo:** Resolución conjunta SES/SIMA n.º 1 de 2020 (reformulación de la Resolución conjunta SES/SMA/SSRH n.º 1 de 2017).
- **Minas Gerais** - Deliberación normativa CERH n.º 65 de 2020.
- **Río Grande do Sul** - Resolución CONSEMA n.º 419 de 2020.
- **Distrito Federal** - Resolución ADASA n.º 005 de 2022.
- **Paraná** - Resolución CERH n.º 122 de 2023.

3. CAPÍTULO BRASIL



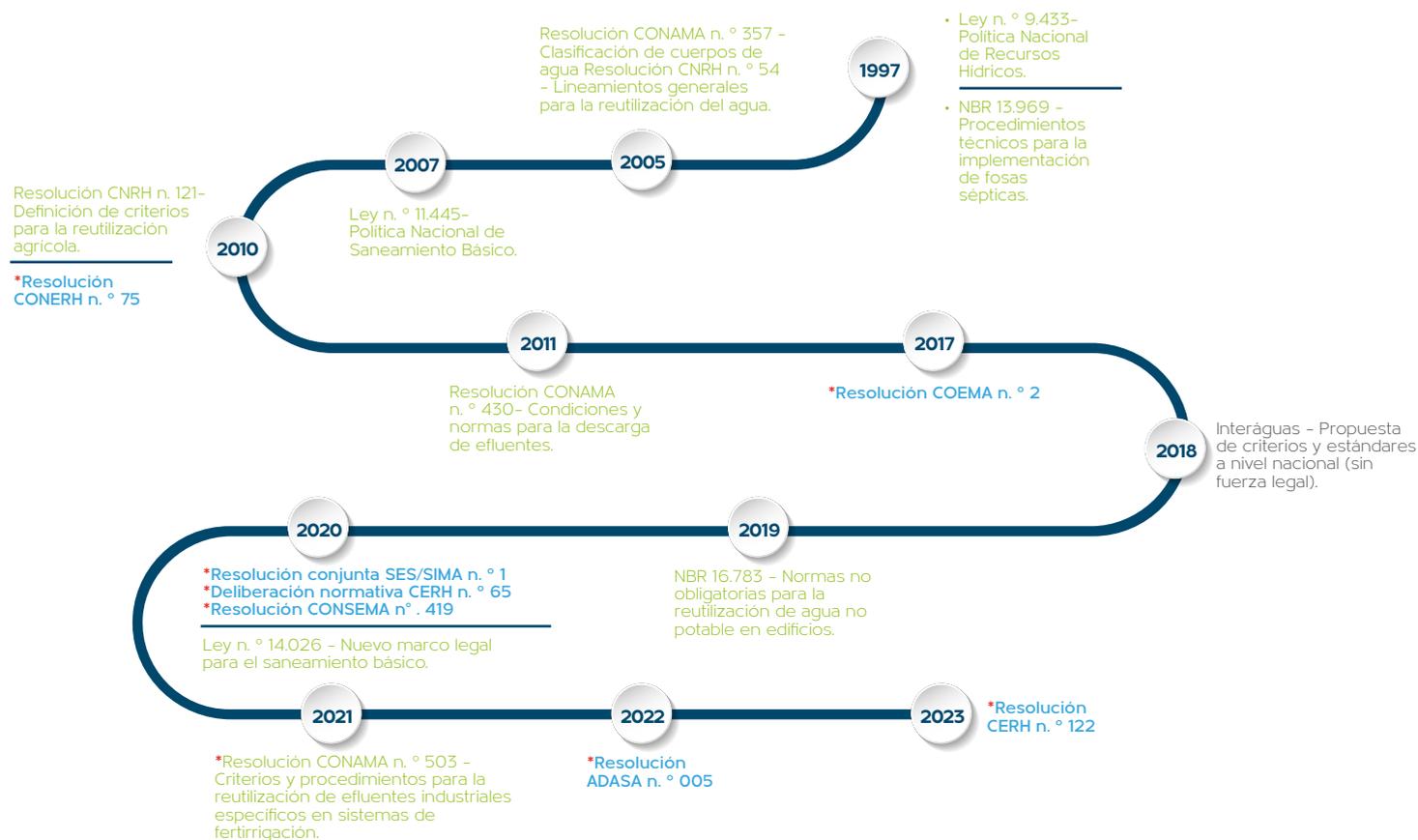
Es de destacar que cada uno de estos documentos define diferentes tipos de uso y estándares de calidad característicos, diferenciándose también en otros aspectos específicos. En 2019 entró en vigor la NBR 16.783 que establece procedimientos y requisitos para el uso de fuentes alternativas de agua no potable en edificios, incluida la reutilización de aguas grises claras (provenientes de duchas, bañeras, lavabos, tanques y lavadoras), grises oscuras (provenientes de fregadero de cocina y lavavajillas) y negras (provenientes de inodoro y urinario); asimismo, definió estándares de calidad que no son obligatorios para la práctica, pero sin establecer diferenciación entre clases de uso. Otras dos normas que pueden ser importantes para el contexto de la reutilización en términos de directrices y orientaciones técnicas son la NBR 16.783 de 2019 que aborda la conservación del agua en las edificaciones y la NBR 15.527 de 2019 sobre el uso del agua de lluvia en áreas urbanas para fines no potables.

En 2018 se publicó el programa Interáguas con el objetivo de «proponer un plan de acción para establecer una política sostenible de reutilización de aguas residuales tratadas en Brasil que se integre a las políticas, leyes y programas de saneamiento existentes» (Interáguas, 2017, p. 18). El documento presenta, además de una estrategia progresiva para implementar la reutilización con objetivos a corto, mediano y largo plazo, estándares de calidad para diferentes categorías de uso. El Programa aún sigue siendo una propuesta y no tiene fuerza legal. Este mismo documento, basado en un análisis del marco regulatorio para la reutilización del agua en Brasil, señaló que, a pesar de la relevancia de las leyes de saneamiento para la reutilización, ninguna de ellas hace mención directa a la práctica. Respecto de la Resolución CNRH n. ° 54 se encontró que no incluía todos los métodos posibles de reutilización y no tiene una amplia difusión de su implementación. Adicionalmente, se señaló cómo la práctica del reúso no está incorporada al sistema federal de permisos de uso de agua (Interáguas, 2017).

A continuación, se presenta el cronograma regulatorio en materia de reutilización del agua (**Figura 5**) que reúne los principales marcos legales, regulatorios y conceptuales sobre la práctica en Brasil. Otras iniciativas legislativas federales (**Tabla 1**) y estatales (**Tabla 2**) también se enumeran en orden cronológico relacionadas con la práctica de la reutilización del agua según una encuesta realizada por Tognon (2021). El autor señala que, a pesar de las numerosas iniciativas legislativas actualmente relacionadas con la práctica de la reutilización, el tema muchas veces se inserta de forma superficial en agendas consideradas muy específicas, sin avances efectivos en la regulación encaminada a una implementación concreta. No obstante, se destaca la Ley n. ° 16.033 de 2016 del Estado de Ceará que prevé la política de reutilización de agua no potable y establece criterios e incentivos para la práctica como la más completa entre las legislaciones existentes en el nivel estatal (Moura et al., 2020).

3. CAPÍTULO BRASIL

Figura 5. Línea de tiempo regulatoria sobre reutilización del agua en Brasil



Instrumentos legales a nivel federal
 Instrumentos legales a nivel estatal
 *Reglamentos con definición de estándares de calidad del agua para la práctica de la reutilización.

Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Otras iniciativas legislativas relacionadas con la reutilización del agua a nivel federal en Brasil

2002	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto de Ley n.º 7.345 de 2002 - Política Nacional de Racionalización y Lucha contra el Desperdicio de Agua.
2003	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto de Ley n.º 1.772 de 2003 - Política Nacional de Agua y Alcantarillado.
2005	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto de Ley n.º 5.296 de 2005 - Política Nacional de Saneamiento Básico -PNS-.
2007	<ul style="list-style-type: none"> Proyecto de Ley n.º 1.739 de 2007 - disposiciones sobre la sostenibilidad del entorno construido.

3. CAPÍTULO BRASIL



2009

- Proyecto de Ley n. ° 5.415 de 2009 - Política Nacional de Cambio Climático que constituye estrategias de reducción de emisiones a implementar por el sector de recursos hídricos sujetas a futura regulación: I. implementación de incentivos fiscales relacionados con la reutilización del agua y II. creación de una Política Nacional de Océanos.

2010

- Proyecto de Ley n. ° 7.418 de 2010 - crea el Fondo Nacional de Reutilización del Agua.
- Proyecto de Ley n. ° 7.231 de 2010 - prevé la implementación de sistemas que permitan el aprovechamiento del agua de lluvia, la reutilización de agua tratada y el uso de fuentes de energía renovables en edificaciones cuya renovación o construcción utilice recursos de entidades federativas o fondos federales.

2011

- Proyecto de Ley n. ° 1.310 de 2011 - Política Nacional de Gestión y Gestión Integrada de las Aguas Urbanas.

2012

- Proyecto de Ley n. ° 4.109 de 2012 - Programa Nacional para la Conservación, Uso Racional y Reaprovechamiento del Agua.

2014

- Proyecto de Ley n. ° 7.818 de 2014 - Política Nacional de Captación, Almacenamiento y Aprovechamiento de Aguas Pluviales.

2015

- Proyecto de Ley n. ° 13 de 2015 - modifica la Ley n. ° 9.433 de 8 de enero de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos) y la Ley n. ° 11.445 del 5 de enero de 2007 (Ley de Saneamiento Básico) para promover el uso de fuentes alternativas de abastecimiento de agua.
- Proyecto de Ley n. ° 24 de 2015 - prevé la implementación obligatoria de sistemas de recolección, almacenamiento y uso de agua de lluvia y reutilización de aguas residuales en edificios construidos con recursos de la Unión.
- Proyecto de Ley n. ° 51 de 2015 - establece normas sobre suministro de agua de fuentes alternativas, entre otras medidas.
- Proyecto de Ley n. ° 182 de 2015 - establece la obligación para las construcciones nuevas, residenciales, comerciales e industriales, públicas o privadas, de incluir en el proyecto técnico de la obra un ítem relativo a la captación de agua de lluvia y su reúso no potable y concede otras providencias.

3. CAPÍTULO BRASIL



2015

- Proyecto de Ley n. ° 753 de 2015 - modifica la Ley n. ° 11.445 del 5 de enero de 2007 para hacer obligatoria la implementación de sistemas de reutilización directa no potable en instalaciones e infraestructuras de abastecimiento de agua y alcantarillado construidas con recursos de la Unión y exigir la adaptación de nuevos edificios en lugares donde existen sistemas de reutilización.
- Proyecto de Ley n. ° 2.427 de 2015 - prevé incentivos para incrementar la reutilización de los recursos hídricos en el país.
- Proyecto de Ley n. ° 3.401 de 2015 - Plan Nacional de Gestión, Conservación y Reutilización del Agua.
- Proyecto de Ley n. ° 3.705 de 2015 - prevé la institución del Sello Verde para certificar a las empresas que adopten medidas para reducir el consumo de agua, aumentar la eficiencia energética y reducir, reutilizar y reciclar materiales y recursos.

2017

- Proyecto de Ley n. ° 7.168 de 2017 - Programa Nacional para la Conservación y Uso Racional del Agua en las Edificaciones.
- Proyecto de Ley n. ° 7.169 de 2017 - prevé la necesidad de anticipar la existencia de mecanismos para la reutilización del agua en proyectos de edificación y desarrollos urbanos, ya sean privados o públicos.
- Proyecto de Ley n. ° 7.906 de 2017 - modifica la Ley n. ° 9.433 del 8 de enero de 1997 que establece la Política Nacional de Recursos Hídricos, crea el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, reglamenta el inciso XIX del art. 21 de la Constitución Federal y modifica el art. 1° de la Ley n. ° 8.001 del 13 de marzo de 1990 que modificó la Ley n. ° 7.990 del 28 de diciembre de 1989 para disponer sobre la reutilización del agua.
- Proyecto de Ley n. ° 8.277 de 2017 - prevé la reutilización de agua para fines no potables en nuevas edificaciones federales, públicas y privadas, residenciales, comerciales e industriales y establece otras disposiciones.

2019

- Proyecto de Ley n. ° 724 de 2019 - obligatorio el uso de niveles mínimos de agua de reúso por parte de plantas industriales y edificios comerciales que se encuentren ubicados en regiones de baja pluviosidad.
- Proyecto de Ley n. ° 3.020 de 2019 - determina la instalación de sistemas de reúso de agua en edificios, modifica los estatutos de las ciudades y determina que los edificios deben contar con sistemas diseñados para captar y almacenar fuentes alternativas de agua y reutilizar agua para fines no potables.

3. CAPÍTULO BRASIL



2019

- Proyecto de Ley n. ° 724 de 2019 - obligatorio el uso de niveles mínimos de agua de reúso por parte de plantas industriales y edificios comerciales que se encuentren ubicados en regiones de baja pluviosidad.
- Proyecto de Ley n. ° 3.020 de 2019 - determina la instalación de sistemas de reúso de agua en edificios, modifica los estatutos de las ciudades y determina que los edificios deben contar con sistemas diseñados para captar y almacenar fuentes alternativas de agua y reutilizar agua para fines no potables.
- Proyecto de Ley n. ° 3.235 de 2019 - actualiza el marco legal del saneamiento básico y modifica la Ley n. ° 9.984 del 17 de julio de 2000 para otorgar a la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico la facultad de editar normas nacionales de referencia sobre el servicio de saneamiento, entre otros.
- Proyecto de Ley n. ° 4.398 de 2019 de la Cámara de Diputados - actualiza el marco jurídico en materia de saneamiento, confiere a la ANA la facultad de establecer normas de referencia sobre la reutilización de efluentes sanitarios tratados (art. 2° del PL y propuesta art. 4°- A, § 1°, VIII). Se considera reutilización como alcantarillado sanitario formado por las actividades y por la provisión y el mantenimiento de infraestructuras e instalaciones operativas necesarias para la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final adecuada de las aguas residuales sanitarias desde las conexiones prediales de la construcción hasta su destino final para la producción de agua de reúso o su liberación definitiva al medio ambiente (art. 5° de la PL y propuesta de art. 2°, I apartado b). Define como principios fundamentales para la prestación de servicios básicos de saneamiento la reducción y el control de las pérdidas de agua, incluso en la distribución de agua tratada, fomentando la racionalización de su consumo por parte de los usuarios y promoviendo la eficiencia energética, la reutilización de efluentes sanitarios y el uso de aguas de lluvia (art. 5° del PL y propuesta art. 3°, XIII).
- Proyecto de Ley n. ° 4.543 de 2019 - Programa de Ecoeficiencia.
- Proyecto de Ley n. ° 6.163 de 2019 - establece el Plan de Desarrollo Regional del Nordeste para el período 2020 - 2023 que prevé la promoción de la reutilización.

2021

- Proyecto de Ley n. ° 2.874 de 2021 - establece normas generales y criterios básicos para promover la conservación y el uso racional del agua en las edificaciones.

Fuente: elaboración a partir de (Tognon, 2021)

3. CAPÍTULO BRASIL



Tabla 2. Otras iniciativas legislativas relacionadas con la reutilización del agua a nivel estatal en Brasil

2003	<ul style="list-style-type: none">• Ordenanza n. ° 48.138 de 2003 - instituye medidas para reducir el consumo y racionalizar el uso del agua en el Estado de São Paulo. Se trata del uso racional del agua incluida la reutilizada para la limpieza de edificios.	São Paulo
2005	<ul style="list-style-type: none">• Ordenanza n. ° 6.276 de 2005 - de Goiás. Reglamenta la Ley n. ° 14.939 del 15 de septiembre de 2004 que dispone la creación del marco normativo para la prestación de servicios de abastecimiento de agua y agotamiento sanitario y crea el Consejo Estatal de Saneamiento -CESAN-. Se trata de la reutilización para saneamiento incluyéndola como condición en el contrato de concesión.	Goiás
2009	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 1.349 de 2009 del Estado de Amapá - autoriza al poder ejecutivo a crear el Programa Estatal de Conservación y Uso Racional del Agua y Ahorro de Electricidad en las Edificaciones.	Amapá
2011	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 6.034 de 2011 de Río de Janeiro - prevé la obligación de las gasolineras, lavaderos de autos, empresas de transporte y empresas de autobuses urbanos interurbanos e interestatales, ubicadas en el Estado de Río de Janeiro, a instalar equipos de tratamiento y reutilización de agua utilizada para lavar vehículos.	Río de Janeiro
2014	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 7.590 de 2014 - establece el Programa de Conservación y Uso del Agua en Edificios Públicos y Privados del Estado de Alagoas.• Ley Ordinaria n. ° 6.879 de 2014 - autoriza al poder ejecutivo a establecer el Programa de Consumo Responsable en el Estado de Río de Janeiro.	Alagoas Río de Janeiro
2015	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 4.774 de 2015 del Estado de Mato Grosso do Sul - establece la jornada estatal para incentivar la reducción del consumo, la reutilización y la racionalización del agua y la eficiencia energética.	Mato Grosso do Sul

3. CAPÍTULO BRASIL



2015

- Ley Ordinaria n. ° 10.529 de 2015 del Estado de Paraíba - obliga a las empresas que especifica a instalar equipos destinados a la reutilización del agua utilizada en el lavado de vehículos y prevé otras medidas.

Paraíba

2016

- Ordenanza n. ° 61.180 de 2015 de São Paulo - crea el Programa de Fomento al Uso Racional de las Aguas y lo dirige a la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales y reúso de aguas residuales para uso restringido y no potable mediante la concesión de financiación no reembolsable.

São Paulo

- Ley Ordinaria n. ° 1.997 de 2016 - prevé la adopción obligatoria de prácticas y métodos sostenibles en la construcción civil en el Estado de Amapá y concede otras providencias.

Amapá

- Ley Ordinaria n. ° 16.033 de 2016 - prevé la Política de Reutilización de Agua no Potable en el Estado de Ceará.

Ceará

- Ley Ordinaria n. ° 10.487 de 2016 de Espírito Santo - prevé la práctica de reutilización de efluentes de estaciones de tratamiento de aguas residuales -ETE- para fines industriales.

Espírito Santo

- Ley Ordinaria n. ° 10.446 de 2016 del Estado de Mato Grosso - prevé la instalación obligatoria de un mecanismo de captación, almacenamiento y conservación para la reutilización del agua procedente de aparatos de aire acondicionado y concede otras providencias.

Mato Grosso

- Ley Ordinaria n. ° 18.900 de 2016 de Paraná - establece la jornada estatal para incentivar la reducción del consumo, la reutilización y la racionalización del agua, la eficiencia energética y la eliminación y el tratamiento de residuos.

Paraná

- Ley Ordinaria n. ° 15.911 de 2016 - modifica la Ley n. ° 14.572 del 27 de diciembre de 2011 que establece normas para el uso racional y la reutilización del agua en las edificaciones del Estado de Pernambuco y concede otras providencias.

Pernambuco

- Ley Ordinaria n. ° 7.424 de 2016 - el uso de agua reutilizada es requerido por los organismos que forman parte de la administración pública estatal directa, las autoridades locales, las fundaciones creadas o mantenidas por el gobierno y las empresas en las que el Estado de Río de Janeiro tenga participación económica.

Rio de Janeiro

- Ley Ordinaria n. ° 7.463 de 2016 - regula procedimientos para almacenar aguas pluviales y grises para su reutilización y retrasar su vertido a la red pública y establece otras medidas.

Rio de Janeiro

3. CAPÍTULO BRASIL



2017	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 5.890 de 2017 del Distrito Federal - establece lineamientos para políticas públicas sobre el uso de agua no potable en edificaciones no industriales.	Rio de Janeiro
2018	<ul style="list-style-type: none">• Ley Ordinaria n. ° 16.112 de 2017 - establece el Sello Empresa Verde del Estado de Pernambuco y su concesión a empresas que adopten prácticas sostenibles en su cadena productiva o en la prestación de servicios y prevé otras medidas.• Ley Ordinaria n. ° 7.599 de 2017 - prevé la obligación para las industrias ubicadas en el Estado de Río de Janeiro de instalar equipos de tratamiento y reutilización de agua.• Ley Ordinaria n. ° 3.261 de 2017 de Tocantins - establece la Política de Estado para la Captación, Almacenamiento y Aprovechamiento del Agua de Lluvia y define reglas generales para su promoción.• Ordenanza n. ° 39.514 de 2018 - establece el Programa de Optimización del Uso Prioritario del Agua - Poupa DF- en el ámbito de los órganos de la administración pública directa e indirecta, autoridades locales, fundaciones creadas o mantenidas por el poder público y dispone sobre otras medidas.• Ley Ordinaria n. ° 7.987 de 2018 - establece el uso eficiente del agua en los astilleros y en las construcciones que especifica ubicados en el Estado de Río de Janeiro y dispone sobre otras medidas.	Pernambuco Rio de Janeiro Tocantins Distrito Federal
2020	<ul style="list-style-type: none">• Ordenanza n. ° 47.403 del 15 de diciembre de 2020 - prevé la política de reutilización de agua para fines no potables en el Estado de Río de Janeiro.	Rio de Janeiro

Fuente: elaboración a partir de (Tognon, 2021)

3.2.2.2 Sectores económicos reglamentados por la normatividad de reúso

Si bien muchos de los instrumentos legales y normativos discutidos abordan específicamente otros tipos de uso más allá del urbano, es relevante discutir aspectos característicos de la reutilización del agua en los sectores agrícola, industrial, acuícola y de reutilización de agua potable.

3. CAPÍTULO BRASIL



3.2.2.2.1 Sector agricultura

La reutilización del agua para la producción agrícola está asociada a varios beneficios como la conservación de las fuentes de agua, la reducción de conflictos por el uso del agua y la recuperación de nutrientes, entre otros (Santos y Lima, 2022). En Brasil, como en el mundo, la agricultura de regadío es la actividad con mayor demanda de recursos hídricos, siendo responsable de más de la mitad del agua consumida en el país. En la actualidad se suman 8,5 millones de hectáreas (Mha) equipadas para irrigación, de los cuales 2,9 Mha o 35 % utilizan agua de reúso aplicada vía fertirrigación exclusivamente para el cultivo de caña de azúcar; el otro 65 %, o 5,5 Mha, depende del agua extraída de manantiales (ANA, 2021).

En el pasado el vertimiento de efluentes por parte de la agroindustria constituyó uno de los mayores desafíos ambientales del país por lo que la búsqueda de adaptación en el sector junto con el establecimiento de normas técnicas resultó en la adecuación de los ingenios de caña para realizar prácticas de reúso a pesar de la falta de definición de criterios técnicos y normas ambientales específicas. En 2010, la Resolución CNRH n. ° 121 estableció lineamientos y criterios para la práctica de la reutilización directa del agua no potable en modalidades agrícolas y forestales sin definir estándares de calidad del agua. Actualmente, la Resolución CONAMA n. ° 503 de 2021 establece criterios y procedimientos para la reutilización en sistemas de fertirrigación de efluentes de las industrias de alimentos, bebidas, lácteos, mataderos y plantas de grasa. En el ámbito de la Ley Federal n. ° 14.026/2020, discutida anteriormente, la ANA sería el organismo federal competente para regular más ampliamente la reutilización de efluentes en el medio agrícola, lo que no solo podría minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente, sino aumentar el potencial de producción para el sector (ANA, 2021).

A nivel estatal los documentos normativos de los estados de Bahía, Ceará, Río Grande do Sul, Minas Gerais y Paraná incluyen directrices y parámetros para la reutilización agrícola; sin embargo, como se discutió anteriormente, difieren tanto en términos de tipologías establecidas como en relación con los estándares de calidad del agua. En este contexto cobra aún más relevancia la consolidación de instrumentos legales adecuados para garantizar la seguridad de la práctica en el sector.

Según Hespanhol (2022), la reutilización agrícola requiere de medidas de control gubernamental que, además de establecer estándares de calidad del agua, determinen cuidadosamente qué áreas y tipos de cultivos pueden recibir agua procedente del tratamiento de aguas residuales. En este sentido, Santos y Lima (2022) destacan la importancia de estudiar las características regionales en el proceso de establecimiento de estándares de reutilización para alinear la calidad de los efluentes generados con las demandas locales y el potencial de riego, considerando límites de riesgo aceptables. Como el sector que más agua consume en el país existen buenas oportunidades de reutilización en las regiones centro-oeste, nordeste, sur y sudeste (Interáguas, 2017).

3. CAPÍTULO BRASIL



3.2.2.2.2 Sector industrial

La industria brasileña es el tercer mayor consumidor de agua y se concentra en el sudeste del país. De toda el agua retirada por el sector en 2021, el 40 % se destinó a la industria sucroenergética, responsable de la producción de azúcar y etanol y que, como se mencionó con anterioridad, destina gran parte de sus efluentes a la reutilización por fertirrigación (ANA, 2022).

El desarrollo del sector, junto con escenarios más frecuentes de escasez de agua, incrementan la demanda de alternativas de suministro industrial por lo que el agua reutilizada se convierte en un componente importante para la gestión eficiente de los recursos hídricos. Por otra parte, la mayoría de los documentos regulatorios y normativos discutidos anteriormente abordan el tipo de reutilización industrial; no obstante, solo el documento del programa Interáguas - que no tiene fuerza legal - establece estándares de calidad. En el nivel estatal las resoluciones de los estados de Ceará, Minas Gerais y Río Grande do Sul abordan la reutilización en el medio industrial citando que es responsabilidad del empresario definir estándares de calidad de acuerdo con los usos previstos y respetando las normas ambientales y de salud pública, así como aquellas relacionadas con la descarga de efluentes a los cuerpos de agua receptores.

La resolución del Estado de Paraná es la única que establece categorías para la reutilización del agua en la industria, definiendo los mismos estándares que la modalidad de uso urbano para aplicaciones similares en el ambiente industrial. Para procesos realizados internamente, al igual que en otros estados, la propia industria debe establecer sus parámetros para la aplicación de agua reutilizada. La Ley n. ° 7.424 de 2016 del Estado de Río de Janeiro y la Ley n. ° 7.599 de 2017 del Estado de Espírito Santo establecieron el uso obligatorio de agua reutilizada; en el primer caso, para cuerpos que forman parte de la administración pública estatal; y en el segundo, para industrias ubicadas en el estado (Moura et al., 2020).

En el contexto de la industria nacional los sistemas de reúso de agua se consideran, principalmente, desde la modalidad centralizada, es decir, interna a los procesos que generaron el efluente y que lo consumirán nuevamente en su forma reciclada. Además, es habitual que el agua reutilizada no se use en procesos que estén directamente relacionados con productos para el consumo humano (Dantas y Sales, 2009). La aplicación de técnicas de reutilización en el contexto industrial es una realidad desde hace décadas para reducir el consumo de agua por motivos económicos (Rio de Janeiro, 2022) y se asocia con varios beneficios: reducción de gastos con agua, energía y control externo; mayor uso de materias primas, ganancias de productividad, entre otros (ANA, 2009). Para muchos de los procesos industriales existentes con potencial para recibir aguas residuales tratadas falta información respecto del nivel mínimo de calidad del agua reutilizada, por lo que, para identificar oportunidades, es necesario primero detallar las actividades y la caracterización de las necesidades de tratamiento de efluentes que puedan ser aplicados (Plachta et al., 2006).

El potencial para la práctica es alto, pero existen pocas iniciativas. En 2019 de 1287 ETE instaladas en la región sudeste 15 tenían proyectos de reutilización y solo una hizo públicos los datos (Silva Júnior, 2019). En la ciudad de São Paulo, no obstante, se ubica el proyecto Aquapolo, resultado de una asociación público-privada para abastecer a empresas de la región con agua reutilizada procedente de una ETE de la Empresa de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo -SABESP- (Lima, 2018). Aquapolo es el proyecto de reutilización industrial más grande de América Latina y el quinto en el mundo, siendo detallado como parte de las iniciativas de aplicación presentadas en la sección de casos de éxito.

3. CAPÍTULO BRASIL



A partir del potencial de producción de agua reutilizada estimado para el país por el programa Interáguas, un estudio realizado por la Confederación Nacional de la Industria calculó los impactos económicos asociados a la reutilización de efluentes cloacales tratados en el sector industrial. Para una inversión de R\$ 1,89 mil millones hasta 2028 habría una expansión de la producción nacional de alrededor de R\$ 6 mil millones y la generación de casi 96 000 empleos; además, de R\$ 464 millones en impuestos recaudados (CNI, 2020).

3.2.2.3 Acuicultura

En los últimos años el sector acuícola ha demostrado un gran potencial productivo y oportunidades de expansión en el contexto nacional. A través del cultivo de peces, moluscos y crustáceos en ambientes controlados la acuicultura brasileña se ha desarrollado en dos formas: tanques de red y tanques excavados. Mientras que en el primero las estructuras de cultivo se instalan directamente en las aguas de la Unión, en el segundo el agua se extrae para abastecer sistemas instalados en el terreno cubiertos, o no, por mampostería. En estos casos, el agua siempre ingresa a los tanques por desvío, desde un manantial, canal de riego o presa, entre otros, pudiendo usarse agua reutilizada.

De los documentos regulatorios y normativos analizados solo el programa Interáguas y la resolución del Estado de Ceará incluyen la acuicultura entre las modalidades de destino del agua reutilizada, estableciendo incluso parámetros de calidad. Según Santos y Lima (2022) una posible justificación para que solo este estado considere esta modalidad sería la demanda de la actividad en la región. El nordeste se destaca en el sector acuícola por su potencial para la instalación de tanques cerca de reservorios de agua presentes en gran número en esta parte del país.

3.2.2.4 Reutilización del agua potable

Como en sus otras formas, la reutilización del agua potable ha aumentado en todo el mundo. En Brasil la normativa relacionada con la reutilización del agua entiende la práctica, principalmente, como una alternativa para la eliminación de efluentes de origen doméstico para su aplicación en la reutilización directa no potable (Dantas y Sales, 2009). La Resolución CNRH n.º 54, en cuanto a las existentes en el nivel estatal, está enfocada a la modalidad de reutilización directa no potable, siendo la resolución del Estado de Paraná la que indica que en los casos de reutilización potable directa se deben obedecer los parámetros de potabilidad definidos por la entidad reguladora competente. El programa Interáguas establece tres categorías de reutilización potable (Interáguas, 2017):

- **Reúso potable indirecto superficial:** el punto de lanzamiento de la ETE y el punto de recolección de la estación de tratamiento de agua -ETA- se ubican de manera planificada para que la liberación de efluentes incremente el flujo regularizado del cuerpo de agua lo que sirve como atenuador ambiental.
- **Reutilización potable indirecta mediante recarga gestionada de acuíferos:** por infiltración o inyección para aumentar la disponibilidad de agua subterránea para fines potables.
- **Reutilización potable directa:** introducción del efluente de tratamiento avanzado ya sea directamente a la red de distribución de agua potable o como agua cruda en la captación de una ETA.

3. CAPÍTULO BRASIL



El documento analiza el marco regulatorio actual para la reutilización potable directa e indirecta. En el primer caso, se destacan las resoluciones CONAMA n.º 357/2005 y CONAMA n.º 430/2011, discutidas anteriormente, junto con la Resolución CONAMA n.º 396/2008 que establece la clasificación y los lineamientos ambientales para la tipología de aguas subterráneas y la Ordenanza del Ministerio de Salud -MS- n.º 2.914/201 que establece procedimientos de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano y su norma de potabilidad que enmarca este tipo de reutilización. Sin embargo, se requiere de tiempo para evidenciar si las regulaciones existentes son suficientes para garantizar la seguridad de la práctica, especialmente en el caso de nuevos emprendimientos que necesitan licencia (Interáguas, 2017). En el segundo caso, que aborda la reutilización potable directa, se observa que la Ordenanza MS n.º 2.914/2011 no es clara al permitir o prohibir la modalidad sin indicar si es posible y cuáles son los requisitos para la autorización de un proyecto de esta naturaleza.

No obstante, se ha identificado un proyecto en marcha de reutilización potable directa en Brasil. Ubicada en la ciudad de Campinas, en São Paulo, la estación de producción de agua de reutilización -EPAR- Capivari II, bajo responsabilidad de la Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A -SANASA-, produce 11,4 millones de m³ de agua potable por año, pero persisten incertidumbres sobre la viabilidad económica y operativa de este tipo de empresas relacionadas con las bandas arancelarias y el proceso de concesión de licencias. Por otro lado, avanzar en la agenda de reutilización del agua para beber será importante en el contexto de la industria alimentaria brasileña que, por su relevancia en el país, puede requerir incentivos y la consolidación de regulaciones específicas para esta modalidad (CNI, 2020).

3.2.2.2.5 Papel de las autoridades ambientales

La Ley Federal n.º 9.433 de 1997 que reglamentó la gestión de los recursos hídricos estableció la Política Nacional de Recursos Hídricos que define bases, directrices y mecanismos para la gestión y gobernanza del agua. En ella, a través de una estructura descentralizada y participativa, con carácter ejecutivo, consultivo y deliberativo complementario (**Figura 6**) y con diferentes representantes trabajan para asegurar la gestión integrada de los recursos hídricos en los niveles federal y local (ANA, 2022). Esta ley creó el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos -SINGREH-, cuyo objetivo es coordinar la gestión integrada del agua y planificar, regular y controlar el uso, la preservación y la recuperación de los recursos hídricos. Las autoridades del SINGREH incluyen el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico, los consejos de recursos hídricos de los estados y del Distrito Federal, los comités de cuencas hidrográficas y las agencias del agua, así como organismos federales y estatales relacionados con la gestión de los recursos hídricos.

3. CAPÍTULO BRASIL

Figura 6. Estructura de gobernanza para la gestión del agua en Brasil (adaptado de ANA, 2022)



Fuente: elaboración a partir de (ANA, 2022)

En relación con la división de competencias para el establecimiento de normas la Resolución CNRH n. ° 54 de 2005 determinó que las instituciones integrantes del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos -SINGREH- serían las responsables de regular el reuso del agua en sus diferentes modalidades. En 2020, la Ley Federal n. ° 14.026, que actualizó el marco legal para el saneamiento básico, facultó a la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico -ANA- para editar normas de referencia en materia de servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado, destacando en su texto la reutilización del agua como parte integral del sistema de alcantarillado, previo a la eliminación de efluentes al medio ambiente (Santos y Lima, 2022).

Al ser Brasil un Estado descentralizado, tres niveles de poder -federal, estatal y municipal- comparten competencias legislativas y político-administrativas. En este contexto, la Constitución Federal de 1988 establece competencias exclusivas y no exclusivas, siendo el nivel federal, por ejemplo, el que toma las decisiones sobre la gestión de los recursos hídricos, mientras que los estados son responsables de controlar y supervisar los procesos relacionados con la protección del medio ambiente, el control de la contaminación y la garantía de la salud pública. Así, los estados actúan para regular la legislación establecida a nivel federal.

Si bien los estados, como entidades federadas, actúan de manera complementaria al papel regulador central de la Unión, en el contexto del uso y de la preservación de los recursos hídricos ambos organismos pueden legislar simultáneamente, de modo que, en Brasil, es posible que los estados tengan regulaciones más estrictas y restrictivas que las establecidas en el ámbito federal.

3.3 Enfoques técnicos para la reutilización

En esta sección se discutirán las implicaciones técnicas y regulatorias asociadas a las normativas existentes relacionadas con la práctica de la reutilización del agua en Brasil, centrándose en los documentos que establecen parámetros de calidad del agua. La **Tabla 3** presenta un resumen de tres documentos legales y normativos del nivel federal: la Resolución CONAMA n.º 357 que dispone sobre la clasificación de los cuerpos de agua, el programa Interáguas que consiste en una propuesta de política nacional para la reutilización del agua que aún no ha sido implementada y la NBR 16.783 que ofrece normas técnicas no obligatorias para la reutilización no potable en edificaciones. A su vez, la **Tabla 4** presenta un resumen de los siete documentos estatales legales existentes y que regulan la reutilización del agua en las respectivas regiones. Las tablas muestran las modalidades de uso descritas en los documentos y las normas de calidad del agua relacionadas con la contaminación microbiológica (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*) y características fisicoquímicas (DBO, sólidos, turbidez y cloro residual), ambas asociadas con riesgos potenciales para la salud humana (Santos et al., 2020).

En primer lugar, se observa que cada documento establece diferentes estándares de calidad del agua asociados a tipos de uso similares, pero con sus especificidades. En las resoluciones de los estados de São Paulo, Río Grande do Sul y Paraná, así como en el documento de Interáguas, se distingue entre el uso «restringido» y el uso «libre», de modo que el primero representa situaciones en las que no existe un contacto considerable entre la población con el agua reutilizada, representando un escenario de bajo riesgo, y el segundo, el escenario opuesto, es decir, situaciones con una alta posibilidad de contacto con el agua reutilizada y, por tanto, con alto riesgo de contaminación. Es de destacar que los escenarios de bajo riesgo implican parámetros de calidad menos restrictivos, mientras que los escenarios de alto riesgo están relacionados con parámetros de calidad más restrictivos. A pesar de la relevancia de estos conceptos, solo dos documentos presentan claramente estas definiciones: Río Grande do Sul y programa Interáguas (Santos et al., 2020). Aun así, todos los documentos enumeran mayores o menores niveles de restricción según las modalidades de uso, apuntando a la comprensión central del riesgo para la salud y el medio ambiente como inherente a la práctica de la reutilización.

Según un análisis realizado por Santos et al. (2020), el único parámetro citado en todos los documentos hace referencia a los «coliformes termotolerantes», por lo que algunas normativas establecen límites más severos que otras según el tipo de uso. Para fines agrícolas y forestales el programa Interáguas y el Estado de Ceará presentan estándares más rigurosos, mientras que los estados de Minas Gerais y Río Grande do Sul son menos restrictivos para el agua reutilizada, incluso en comparación con la legislación sobre uso del agua: CONAMA n.º 357. Por otro lado, en la modalidad urbana, el Estado de São Paulo y la NBR 16.783/2019 presentan normas que pueden considerarse demasiado restrictivas si se comparan con la Resolución CONAMA n.º 357. Es interesante señalar que aplicaciones como la construcción civil y el desbloqueo de galerías de aguas pluviales y redes de alcantarillado, incluidas entre los usos urbanos no potables, son usos específicos del contexto brasileño debido a las características de diseño, construcción y operación de los sistemas de recolección de aguas pluviales y alcantarillas domésticas, no siendo observado en la normativa de otros países (Santos et al., 2020).

3. CAPÍTULO BRASIL



Además de las diferencias entre los estándares de calidad del agua establecidos por estos documentos, Santos y Lima (2022) también observaron heterogeneidades entre otros aspectos específicos relacionados con la práctica de la reutilización: responsabilidades asignadas a los productores, distribuidores y usuarios de agua para su reutilización; licencia ambiental obligatoria, nivel de restricción por tipo de reutilización, frecuencia de los parámetros de seguimiento y recomendaciones de tecnologías para el tratamiento de efluentes de acuerdo con las normas establecidas. Todos los documentos relacionados con la reutilización conllevan responsabilidades para los productores y usuarios, incluso a través de procedimientos específicos para cada estado. Las resoluciones de Ceará, São Paulo, Rio Grande do Sul y Paraná establecen la obligación de licencia ambiental para realizar la práctica. Por otro lado, las medidas de seguimiento de los parámetros establecidos son fundamentales para garantizar los beneficios esperados de la reutilización del agua, por lo que todos los documentos definen instrumentos de inspección, estableciendo, sin embargo, diferentes frecuencias de seguimiento y con base en diferentes criterios.

Santos et al. (2020) señalan que tales diferencias se originan en la prevalencia de dos corrientes de entendimiento sobre la mitigación del riesgo para la salud humana asociado a la reutilización del agua no potable. Un primer aspecto se centra en minimizar el riesgo, lo que resulta en normas más restrictivas, mientras que un segundo aspecto prioriza la búsqueda de beneficios dentro de límites aceptables de riesgo para la salud humana (Santos et al., 2020). Según los autores, ante un escenario como este, es necesario considerar dos líneas centrales de acción: «(1) la estandarización de patrones de reutilización a nivel federal y (2) la responsabilidad de la administración pública por los daños resultantes de la aplicación de la práctica de reutilización» (Santos et al., 2020, p. 458). En cuanto a la estandarización de los parámetros de calidad del agua reutilizada los autores defienden la aplicación de una directiva mínima federal que en el contexto de la Ley n.º 14.026/2020 podría provenir de la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico -ANA-. Por otro lado, la responsabilidad de la administración pública se desarrolla en el ámbito de la supervisión y de la regulación de modo que los daños por prácticas inadecuadas de reutilización sean causados por el productor, distribuidor o usuario del agua reutilizada, por lo que es importante que se establezca un marco regulatorio compuesto por instrumentos legales de control que permitan responsabilizar a las partes involucradas en cada hecho.

Además, Santos y Vieira (2020) argumentan que la adopción de parámetros inicialmente más flexibles puede incentivar la expansión de la reutilización del agua en el país y ampliar el portafolio de experiencias y familiaridad con la práctica, lo que en el futuro podría resultar en estándares más exigentes y adecuados a los límites de riesgo aceptables para cada modalidad. Para ambos casos es necesario considerar que Brasil es un país de dimensiones continentales, con contextos sociales, culturales, económicos y ambientales locales muy variados que deben ser considerados en el proceso de regulación de la reutilización del agua, así como en la comprensión de los desafíos y de las oportunidades asociadas con la práctica.

3. CAPÍTULO BRASIL



Tabla 3. Resumen de documentos legales y documentos normativos del nivel federal que establecen parámetros de calidad del agua en Brasil

DOCUMENTO	AÑO	MÉTODOS DE USO	ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA
Resolución CONAMA n.º 357	2005	<p>Múltiples usos del agua</p> <p>Clase I: riego de hortalizas consumidas crudas y frutas que crecen cerca del suelo y se comen crudas sin quitarles la piel.</p> <p>Clase II: riego de hortalizas, frutales y parques, jardines, campos deportivos y de ocio con los que el público pueda tener contacto directo; actividades de acuicultura y pesca.</p> <p>Clase III: riego de árboles, cereales y cultivos forrajeros.</p>	<p>Clase I: coliformes 200 org/100 ml (Ct); turbidez 40 NTU; DBO 3 mg/L</p> <p>Clase II: coliformes 1000 org/100 ml (Ct); turbidez 100 NTU; DBO 5 mg/L</p> <p>Clase III: coliformes 4000 org/100 ml (Ct); turbidez 100 NTU; DBO 10 mg/L</p>
Programa Interáguas	2018	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola <p>Sin restricciones: riego de cultivos alimentarios que crecen cerca del suelo sin procesamiento previo.</p> <p>Restringido: riego de cultivos alimentarios que crecen lejos del suelo sin procesamiento previo, después de un procesamiento previo o destinados al consumo humano; cultivo de bosques plantados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Urbano <p>Sin restricciones: riego paisajístico, sanitarios y lavado de espacios públicos.</p> <p>Restringido: riego paisajístico y otros usos urbanos en zonas restringidas como desatascos de redes de alcantarillado, construcción civil, lavado de vehículos y extinción de incendios.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acuicultura <p>Piscicultura o cultivo de hortalizas acuáticas.</p>	<p>Agrícola restringido: coliformes 103 org/100 ml (Ct); DBO 30 mg/L; cloro residual > 1,0 mg/L</p> <p>Agrícola sin restricciones: coliformes 10 org/100 ml (Ct); turbidez 5 NTU; DBO 15 mg/L; cloro residual > 1,0 mg/L</p> <p>Urbano restringido: coliformes 103 org/100 ml (Ct); turbidez 5 NTU; DBO 30 mg/L; cloro residual > 1,0 mg/L</p> <p>Urbano sin restricciones: coliformes 10 org/100 ml (Ct); turbidez 5 NTU; DBO 15 mg/L; cloro residual > 1,0 mg/L</p> <p>Acuicultura: coliformes 103 org/100 ml (Ct); DBO 60 mg/L.</p>
NBR 16.783	2019	<p>Descarga del inodoro, lavado de patios, terrazas, garajes y áreas exteriores; lavado de vehículos, riego de jardines, uso ornamental (fuentes, cascadas artificiales y lagos), refrigeración de tejados y sistemas de refrigeración por agua.</p>	<p>Coliformes 200 org/100ml (Ct/E.coli); turbidez 5 NTU; DBO 20 mg/L; sólidos disueltos totales 2000 mg/L; cloro libre residual entre 0,5-5,0 mg/L</p>

Convenciones: CT - coliformes termotolerantes; E. coli - Escherichia coli; ND - no detectable; NTU - unidad nefelométrica de turbidez; DBO - demanda bioquímica de oxígeno; SST - sólidos suspendidos totales; TDS - sólidos disueltos totales.

Fuente: elaboración a partir de Santos et al., 2020)

3. CAPÍTULO BRASIL

Tabla 4. Resumen de documentos legales del nivel estatal que establecen parámetros de calidad del agua relacionados con prácticas de reúso en Brasil

UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	AÑO	DOCUMENTO	MÉTODOS DE USO	ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA
 Bahía	2010	Resolución CONERH n.º 75	<ul style="list-style-type: none"> Agrícola/forestal Categoría A: riego, incluida la hidroponía, de cualquier cultivo, incluidos los productos alimenticios consumidos crudos. Categoría B: riego, incluida la hidroponía, de productos crudos y no alimentarios no consumidos, forrajes, pastos, árboles, revegetación y recuperación de áreas degradadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Categoría A: coliformes 103 org/100 ml (Ct) Categoría B: coliformes 104/100 ml (Ct)
 Ceará	2017	Resolución COEMA n.º 2	<ul style="list-style-type: none"> Urbano: riego paisajístico, lavado de lugares públicos y vehículos, desatasco de tuberías, construcción civil, edificios y extinción de incendios en zonas urbanas. Agrícola/forestal: (A) cultivos para consumir crudos cuya parte consumida tiene contacto directo con el agua de riego; (B) otros cultivos. Ambiental: implementación de proyectos de recuperación ambiental. Acuicultura: ganadería y cultivo de hortalizas acuáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Urbano: coliformes 5,103 org/100 ml (Ct) Riego de paisajes: coliformes 103 org/100 ml (Ct) Agrícola/forestal: (A) coliformes ND org/100 mL (Ct); (B) Coliformes 103 org/100 ml (Ct) Ambiental: coliformes 104/100 ml (Ct) Acuicultura: coliformes 103 org/100 ml (Ct)
 São Paulo	2020	Resolución conjunta SES/SIMA n.º 1	<ul style="list-style-type: none"> Urbano Clase A (ilimitada): riego paisajístico, lavado de áreas y espacios públicos y privados, desbloqueo de galerías, construcción civil, lavado de vehículos y extinción de incendios. Clase B (restringida): exclusivamente para todo lo anterior, excepto extinción de incendios. 	<ul style="list-style-type: none"> Clase A: coliformes ND (Ct/E.coli); turbidez 2 NTU; DBO 10 mg/L; cloro residual libre > 1,0 mg/L Clase B: coliformes 200 org/100 mL (Ct); 120 org/100 ml (E. coli); DBO 30 mg/L; SST 20 mg/L; cloro residual libre > 1,0 mg/L

3. CAPÍTULO BRASIL

UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	AÑO	DOCUMENTO	MÉTODOS DE USO	ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA
 <p>Minas Gerais</p>	2020	Deliberación normativa CERH n.º 65	<ul style="list-style-type: none"> • Urbano • Amplio: lavado de patios, lugares públicos y otros de similar exposición, lavado de vehículos comunes, descarga de sanitarios. • Limitados: lavado de vehículos especiales y del exterior de trenes y aviones, control de polvo, extinción de incendios y desbloqueo de galerías. • Agrosilvopastoril • Amplia: fertirrigación superficial, localizada o por aspersión. • Limitado: fertirrigación superficial o localizada, evitando el contacto del agua reutilizada con el producto alimenticio. • Ambiental • Recuperación florística; recuperación de áreas degradadas siempre y cuando el acceso esté restringido 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplio urbano: coliformes 103 NMP/100 ml (Ct/E.coli) • Urbano limitado: coliformes 104 NMP/100 ml (Ct/E.coli) • Desatascar galerías: coliformes 107 NMP/100 ml (Ct/E.coli) • Agroforestería amplia: coliformes 104 NMP/100 ml (Ct/E.coli) • Agroforestería limitada: coliformes 106 NMP/100 ml (Ct/E.coli) • Ambiental limitado: coliformes 106 NMP/100 ml (Ct/E.coli)
 <p>Rio Grande do Sul</p>	2020	Resolución CONSEMA n.º 419	<ul style="list-style-type: none"> • Urbano • Clase A (ilimitada): riego paisajístico en lugares de libre acceso, lavado de lugares públicos y vehículos. • Clase B (restringida): riego paisajístico en lugares de acceso limitado o restringido, mitigación de polvo, construcción civil, plantas de tratamiento de aguas residuales y desatascos de tuberías. • Agrícola/forestal • Riego de cualquier cultivo, excepto frutas, hortalizas, raíces y tubérculos en contacto directo con el suelo o con agua para consumo humano en forma cruda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clase Urbana A: coliformes 200 org/100 mL (Ct); cloro residual total < 1,0 mg/L • Clase Urbana B: coliformes 103 org/100 ml (Ct) • Agrícola/forestal: coliformes 104/100 ml (Ct)

3. CAPÍTULO BRASIL

UNIDAD DE LA FEDERACIÓN	AÑO	DOCUMENTO	MÉTODOS DE USO	ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA
 Distrito Federal	2020	Resolución ADASA n.º 005	<p>Reutilización no potable</p> <ul style="list-style-type: none"> Descarga de sanitarios y urinarios, lavado de lugares públicos, patios, garajes y áreas exteriores, lavado de vehículos, riego con fines paisajísticos y uso urbano ornamental (fuentes y lagos). 	<ul style="list-style-type: none"> Coliformes < 200 NMP/100 ml (E. coli); turbiedad < 5UT; DBO < 20 mg/l; cloro residual mínimo de 0,5 mg/L y máximo de 5,0 mg/L; SDT o conductividad eléctrica < 2000 mg/L o < 3.200 µcm
 Paraná	2023	Resolución CERH n.º 122	<p>Urbano</p> <ul style="list-style-type: none"> Clase A: riego paisajístico en lugares de libre acceso, lavado de pisos, lugares públicos, lavado de vehículos, ornamentación, extinción de incendios y uso de la edificación. Clase B: riego paisajístico en lugares de acceso limitado o restringido, control de emisiones de partículas, usos en construcción civil y desbloqueo de redes de alcantarillado, pluviales y cloacales. <p>Agrícola/forestal</p> <ul style="list-style-type: none"> Solicitud de producción agrícola y cultivo de bosques plantados. <p>Ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> Regularización del caudal desde su vertido al cuerpo de agua, salvo dilución de efluentes. <p>Industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> I - Paisajismo, extinción de incendios, patios de lavado, vehículos, pisos y uso sanitario. II - Sistemas de refrigeración, calefacción y similares. III - Procesos industriales, todas sus etapas. IV - Aplicación en procedimientos industriales provenientes de procesos o efluentes tratados de la propia industria, otras industrias y empresas sanitarias. 	<ul style="list-style-type: none"> Clase urbana A: coliformes 200 UFC/100 mL (Ct/E.coli); cloro residual total mínimo de 0,5 mg/L y máximo de 2,0 mg/L Clase urbana B: coliformes 1000 UFC/100 mL (Ct/E.coli); cloro residual total mínimo de 0,5 mg/L y máximo de 2,0 mg/L Agrícola/forestal: coliformes 1000 NMP/100 mL (Ct/E.coli); DBO 60 mg/L Ambiental: los parámetros de lanzamiento deben cumplir con los límites definidos por la clasificación de masas de agua. Industrial: <ul style="list-style-type: none"> I - Mismos parámetros definidos para uso urbano. III - La industria usuaria es responsable de definir los parámetros de calidad.

Convenciones: Ct - coliformes termotolerantes; E. coli - Escherichia coli; ND - no detectable; NTU - unidad nefelométrica de turbidez; DBO - demanda bioquímica de oxígeno; SST - sólidos suspendidos totales; TDS - sólidos disueltos totales.

Fuente: elaboración propia a partir de Santos et al 2020.

3.4 Desafíos y oportunidades para la reutilización del agua en Brasil

Los documentos legales existentes en el país sobre la práctica de la reutilización presentan conceptos, definiciones y lineamientos divergentes y que se superponen, lo que resulta en estándares de calidad del agua significativamente diferentes entre sí (Santos et al., 2020). Dichos documentos se establecieron en diferentes años y son el reflejo de diversas realidades locales. Los enfoques técnicos y conceptuales opuestos implican incertidumbre tanto para los productores como para los usuarios de agua reutilizada, por lo que es necesario institucionalizar la práctica a través de instrumentos normativos legales. A partir de esta primera observación se pueden identificar varios otros desafíos. Como parte del proceso de elaboración de una propuesta de política nacional de reúso de agua el programa Interáguas realizó, además de un análisis normativo y regulatorio, talleres y seminarios para recolectar aportes en relación con las oportunidades y los desafíos relacionados con el reúso y la reutilización en el país. El documento estima que en el corto y en el mediano plazo existe un potencial de reutilización de aproximadamente 13 m³/s (equivalente a 410 mil millones de litros por año), con un potencial actualmente de alrededor de 1,6 m³/s. Más de la mitad del flujo potencial de reutilización se concentra en la región sudeste del país donde se ubican grandes centros urbanos como São Paulo y Río de Janeiro. El cálculo del potencial de reutilización consideró que el tratamiento secundario sería el nivel mínimo por alcanzar para la práctica y estimó en 2017 una inversión inicial de entre R\$ 4 y R\$ 6 mil millones para producir 10 m³/s de agua reutilizada hasta 2030, lo que correspondería a una inversión anual desde R\$ 300 000 000 hasta R\$ 500 000 000. Tales valores representarían entre el 2 % y el 3 % de las demandas de inversión estimadas para saneamiento básico en el mismo período (Interáguas, 2017).

Interáguas llevó a cabo un estudio de los principales desafíos y brechas (reales, potenciales o percibidos) para la reutilización del agua en Brasil con base en los resultados de los talleres y seminarios de modo que se identificaron cuatro categorías de desafíos centrales para hacer realidad el potencial de reutilización del agua en el país (**Tabla 5**).

Tabla 5. Resumen de desafíos y brechas para la reutilización del agua en Brasil.

CATEGORÍA	DESAFÍOS
Infraestructura e inversiones	<ul style="list-style-type: none"> • Actualmente existen pocos proyectos medianos y grandes. • Prueba de viabilidad económico-financiera. • Baja capacidad técnica y financiera a nivel estatal para evaluar el potencial de reutilización. • Limitaciones de las políticas sanitarias nacionales y estatales, tanto institucionales como financieras, para promover la reutilización. • Limitada acción de los organismos reguladores de los servicios de saneamiento en el sector de reutilización. • Baja adopción de prácticas de reutilización por parte de actividades productivas. • Baja adopción por parte de grandes consumidores industriales incluso cuando hay agua reutilizada disponible. • Pocos incentivos u obligaciones para realizar la práctica. • La diversidad regulatoria y legislativa dificulta la adopción de un enfoque único para todos.

3. CAPÍTULO BRASIL



CATEGORÍA	DESAFÍOS
Leyes y regulaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde a las entidades federativas definir los criterios para su implementación. • La falta de normativa y criterios de calidad puede presentar riesgos para quienes desarrollan un proyecto y para el consumidor. • Limitaciones de la Resolución CNRH n.º 54/2005. • Criterios muy restrictivos pueden hacer inviable la reutilización. • Preocupaciones por el impacto potencial de la reutilización en la calidad del agua, especialmente las subterráneas. • Dificultad para intensificar el seguimiento en Brasil. • Competencia con la venta de agua potable por parte de empresas sanitarias. • Prohibición (o incertidumbre sobre la posibilidad) de utilizar agua reutilizada en los sanitarios. • Falta de participación en las discusiones sobre reutilización en la CONAMA y en los órganos estatales y municipales responsables de los temas de licenciamiento y otorgamiento. • Dificultades para implementar proyectos descentralizados. • Cuestiones de inspección y compromiso de los usuarios con el uso correcto del agua, especialmente para usos no potables.
Recursos financieros	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de proyectos en el contexto federal para fomentar prácticas de reutilización a gran escala. • Aspectos fiscales no favorables a la reutilización. • Fuentes limitadas de subsidios o incentivos financieros en el ámbito local para la planificación de proyectos y la evaluación de viabilidad. • La adopción de tecnologías avanzadas de tratamiento y seguimiento puede resultar costosa y requerir experiencia técnica.
Percepción pública	<ul style="list-style-type: none"> • Cultura histórica de percepción de la abundancia del agua. • Preocupaciones por la percepción de la calidad del agua reutilizada. • Inseguridad ante riesgos epidemiológicos.
Formación y sensibilización	<ul style="list-style-type: none"> • La práctica de reutilización del agua es generalmente desconocida en Brasil. • Pocas referencias de la literatura en portugués. • Desafíos para empoderar a los estados para que especifiquen sus propias regulaciones. • Retos formativos para la elaboración de estudios de viabilidad. • Falta de vínculo entre la investigación y la implementación del proyecto.

Fuente: elaboración a partir de Interáguas (2017)

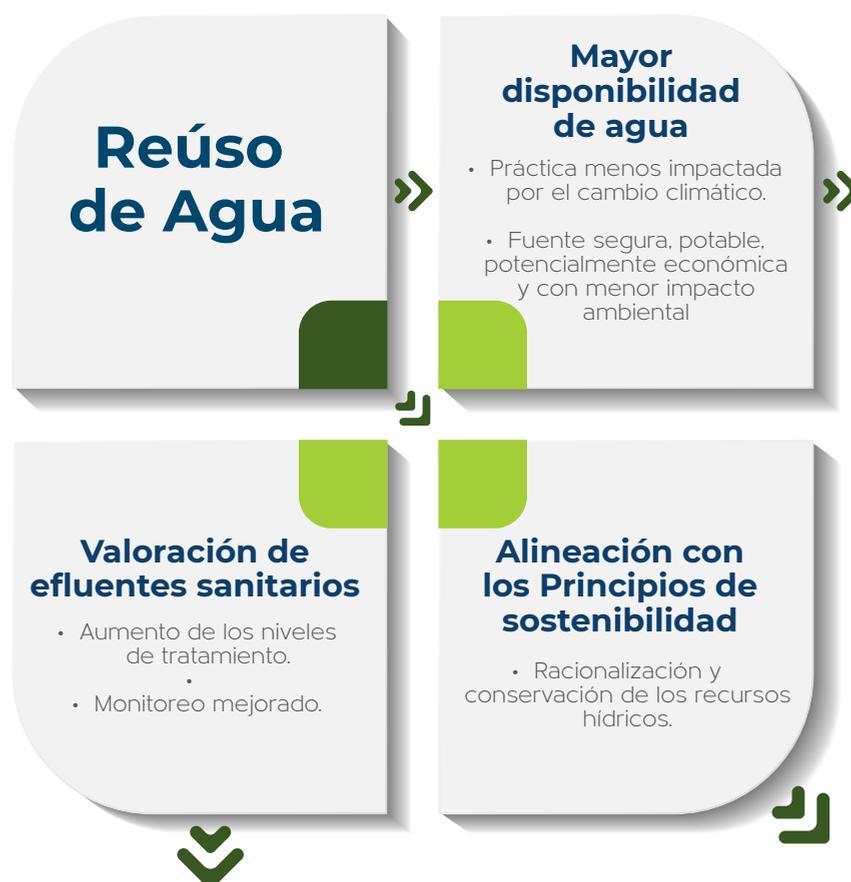
A los desafíos identificados anteriormente se suma el hecho de que en Brasil los niveles de servicio de recolección y de tratamiento de aguas residuales sanitarias aún son insuficientes, además de la baja calidad operativa de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Según datos de 2020 del Sistema Nacional de Información Sanitaria -SNIS-, alrededor del 50,8 % del volumen de aguas residuales generadas sufrió algún tipo de tratamiento, estando solo el 63,2 % de la población urbana conectada a la red de recolección (ANA, 2022). En este contexto, las tasas de recolección de efluentes son un factor limitante importante para la expansión de la reutilización del agua (Interáguas, 2017). Además, la cultura del despilfarro debido a la percepción generalizada de abundancia que impera en el país puede ser un desafío para los proyectos de conservación y uso racional del agua (Río de Janeiro, 2022).

3. CAPÍTULO BRASIL

La reutilización del agua es, a pesar de los desafíos, un componente importante para la gestión eficiente de los recursos hídricos y debe considerarse junto con otras fuentes para la composición de las matrices hídricas regionales. Así, en general, en Brasil también deben darse algunos avances paralelos a los esfuerzos directamente relacionados con la práctica del reúso como la ordenación territorial de los recursos hídricos, la universalización de los servicios de saneamiento y la garantía de la seguridad jurídico-administrativa, entre otros (CEBDS, 2022).

En relación con el potencial de reúso de agua en el territorio nacional el programa Interáguas identificó, junto con la estimación del volumen de agua, las posibilidades de implementación de sistemas de reúso en cada región del país. El potencial identificado, en general, se concentra en las regiones metropolitanas de las grandes capitales brasileñas con énfasis en la región sudeste. En particular, para la reutilización urbana existen oportunidades en relación con nuevos desarrollos y negocios. El documento también enumera beneficios asociados a la práctica de la reutilización según las percepciones de los actores consultados resumidas en la **Figura 7**. Además de los beneficios percibidos se señala cómo la reutilización, muchas veces vista como una medida de emergencia en tiempos de escasez de agua, debe entenderse como una alternativa permanente y pensarse en conjunto con otras soluciones que, de manera integrada, garanticen la disponibilidad de agua.

Figura 7. Beneficios asociados a la práctica de la reutilización.



Fuente: elaborado a partir de Interáguas (2017).

3.5 CASOS DE APLICACIÓN

Esta sección presenta casos de aplicación relacionados con la reutilización de agua en empresas brasileñas de diferentes sectores económicos. A pesar de los desafíos mencionados anteriormente, las siguientes compañías implementan con éxito prácticas de reutilización de agua directa o indirecta en el sector industrial con el fin de promover una gestión eficiente de los recursos hídricos.



Empresa / implementador
AQUAPOLO AMBIENTAL

Aquapolo



Ubicación:
Región ABC Paulista, Brasil.

Aquapolo es la mayor empresa de producción de agua reutilizada de América del Sur y una de las más grandes del mundo. Es el resultado de la asociación entre GS Inima Industrial y la Empresa de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo -SABESP-, creada como una solución para la gestión del agua debido al cambio climático. Aquapolo suministra agua reutilizada para el Complejo Petroquímico de Capuava y las industrias de la Región ABC Paulista.

Práctica de reúso de agua, tratamiento de aguas residuales domésticas



Detalles de la buena práctica

La planta tiene capacidad para suministrar hasta 1000 litros/segundo de agua reciclada al Complejo Petroquímico de la Región ABC Paulista a partir del tratamiento de aguas residuales domésticas de la estación de tratamiento de aguas residuales ABC de SABESP, es decir, el equivalente a abastecer una ciudad de 500 000 habitantes.

A partir de efluentes tratados en la estación de tratamiento de aguas residuales ABC de SABESP, Aquapolo produce agua reciclada con calidad fisicoquímica similar al agua potable. El proceso Aquapolo, conocido en el sector como tratamiento terciario, consiste en un reactor biológico con cámara anóxica seguido de un proceso aeróbico diseñado para eliminar nitrógeno, fósforo y materia orgánica. Luego, el agua pasa por un sistema de ultrafiltración a través de membranas sumergidas con una porosidad de 0,05 micras, reteniendo partículas, virus y bacterias. Para cumplir con los parámetros determinados contractualmente parte del agua producida también pasa por un proceso de nanofiltración utilizando tecnología de ósmosis inversa para reducir la conductividad. El paso final es denominado «blend», es decir, la combinación de agua ultrafiltrada con agua de ósmosis, logrando así la calidad contratada antes de dosificar dióxido de cloro con un proceso final de desinfección para el envío a los clientes.

En Aquapolo la capacidad instalada de ultrafiltración de 650 l/s puede llegar a 1000 l/s con las adaptaciones ya implementadas; además, es capaz de producir 225 l/s (810 m³/h) de agua desmineralizada a través de tres baterías de ósmosis inversa (75 l/s, 60 l/s y 90 l/s). La conductividad final es de hasta 30 µS/cm a 23 °C; con una recuperación del sistema de alrededor del 75 %.

Con un historial de alta confiabilidad operativa (superior al 99,9 %) y calidad superior en agua reutilizada, Aquapolo es pionera en el uso de efluentes sanitarios para la industria.

La empresa no sufre pérdidas en su sistema de distribución (conducción) y cuenta con un sistema de detección de fugas en tiempo real mediante ultrasonido.



Beneficios obtenidos

- Mejor calidad del agua.
- Diversificación de las fuentes de agua en un lugar con estrés hídrico estructural.
- Generación de ahorros financieros en las operaciones de los clientes.
- Acción de educación ambiental para más de 6000 niños de las regiones ABC y São Paulo.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Eficiencia en el transporte.
- Menor impacto visual y sonoro.



Empresa implementadora
AQUAPOLO AMBIENTAL



Costo de inversión y operación

El proyecto que dio origen a la empresa Aquapolo contó con inversiones de alrededor de **R\$ 364 000 000**. Braskem facilitó la iniciativa con un contrato de largo plazo para la adquisición de agua residual reutilizada.

Costos de inversión: R\$ 150 000 000, aproximadamente, según datos históricos 2012 - 2015.

Costos de funcionamiento: costos recurrentes de operación y mantenimiento del orden de **R\$ 30 000 000** al año, incluyendo la ejecución de la planta de tratamiento -EPAI- y de los sistemas de aducción y distribución.

Costos de operación: son los mismos costos operativos.



Empresa / implementador
AQUAPOLO AMBIENTAL

Aquapolo



Ubicación:
Región ABC Paulista, Brasil.

El agua reciclada producida en Aquapolo llega a los clientes del Polo Petroquímico a través de una conducción de 17 kilómetros (con un diámetro de 900 mm en acero al carbono), construida especialmente para este propósito, basada en un proyecto que permite derivaciones para atender a nuevos clientes a lo largo de su extensión.

Práctica de reúso de agua, tratamiento de aguas residuales domésticas



Aspectos por considerar para su replicabilidad

Barreras superadas:

- Cumplimiento de especificaciones de agua con mejor calidad.
- Disponibilidad operativa del 99,99 %

Aprendizajes:

- El monitoreo de la calidad del agua reciclada es realizado en línea por Aquapolo y los clientes, quienes tienen acceso en tiempo real a los instrumentos de la empresa.
- La reutilización de aguas residuales impacta la disponibilidad de agua para otros usuarios (como la sociedad) y también la calidad del agua en la región al fortalecer las acciones de saneamiento y correcta dirección de los efluentes.



Recomendaciones y limitaciones

Los parámetros de calidad del agua reciclada fueron establecidos junto con los clientes y fueron decisivos para el rumbo tecnológico del proceso de la empresa.



Referencias

Para conocer más sobre este caso:

Sitio web de Aquapolo - <http://www.aquapolo.com.br/>

Video institucional - https://www.youtube.com/watch?v=VTKkJcR_XAY

Visita virtual a la planta - <https://www.youtube.com/watch?v=2julKSV7ubg>

Documental «El futuro de las aguas»: <https://www.youtube.com/watch?v=WZkEws3Ubcw&t=32s>

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
BRASKEM



Ubicación:
Estado de São Paulo, Brasil.

Braskem es una empresa comprometida con la economía circular y la neutralidad de carbono, que cree e invierte en la innovación como pilar que posibilita sus acciones.

Braskem es una empresa global con unidades industriales ubicadas en Brasil, Estados Unidos, Alemania y México. Líder en la producción de resinas termoplásticas (PE+PP+PVC), líder mundial en biopolímeros de PE a partir de materias primas renovables y es el mayor productor de PP en Norteamérica y líder en producción de PE en México.

Su producción se centra en resinas de polietileno (PE), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC), así como insumos químicos básicos como etileno, propileno, butadieno, benceno, tolueno, cloro, sosa y solventes, entre otros. Juntos conforman uno de los portafolios más completos del mercado, ya que también incluye polietileno verde, producido a partir de caña de azúcar, de origen 100% renovable.

Práctica de reúso de agua, tratamiento de aguas residuales domésticas



Detalles de la buena práctica

La mayor planta de reutilización de América del Sur, resultado de una alianza entre BRK Ambiental, de Brookfield, y la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (Sabesp), Braskem fue facilitadora de la iniciativa, garantizando un contrato de largo plazo para Adquisición de agua de reúso de aguas residuales.

Desde 2012, las 3 unidades industriales de Braskem, en ABC, utilizan esta agua, evitando el consumo de más de 200 millones de litros de agua dulce por mes.

Se utiliza en las plantas industriales de Braskem en el 100% de las operaciones industriales, es decir, el 100% del agua necesaria para todas las etapas del proceso proviene de la reutilización de aguas residuales (Aquapolo).

La mayor diferencia de AQUAPOLO es el uso de efluentes secundarios de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales ABC de Sabesp como insumo para la producción continua de agua industrial de alta calidad para sus clientes.

Parte de los efluentes secundarios que serían vertidos al Córrego dos Meninos son recolectados para tratamiento terciario en las unidades productivas de AQUAPOLO y utilizados en diversos procesos, evitando así el uso de agua potable en aplicaciones industriales. Esta forma innovadora contribuye a la sostenibilidad ambiental en la Región Metropolitana de São Paulo. Con una capacidad de producción instalada actual de 2.340 m³/h, AQUAPOLO cuenta con tecnologías que representan las más modernas en tratamiento terciario de efluentes sanitarios (sistemas de ultrafiltración (UF) y membranas de ósmosis inversa).

En AQUAPOLO, la capacidad instalada de ultrafiltración de 650 l/s puede llegar a 1000 l/s con las adaptaciones ya implementadas.

AQUAPOLO es capaz de producir 225 l/s (810 m³/h) de agua desmineralizada a través de tres baterías de Ósmosis Inversa (75 l/s, 60 l/s y 90 l/s). La conductividad final es de hasta 30 µS/cm a 23°C; con una recuperación del sistema de alrededor del 75%.

Braskem lo recibe a través de un oleoducto de 17 kilómetros de largo y 900 mm de diámetro (con un caudal promedio de 350 l/s y una presión promedio de 9,5 bar).

Con un historial de alta confiabilidad operativa (superior al 99,9%) y calidad superior en agua reutilizada, AQUAPOLO es pionera en el uso de efluentes sanitarios para la industria.



Empresa implementadora
BRASKEM



Costo de inversión y operación

- **Costos de inversión:** El costo de la inversión fue de Aquapolo (proveedor de agua reutilizada), Braskem asumió un contrato de suministro a largo plazo (40 años) para viabilizar la iniciativa.
- **Costos de funcionamiento:** Los costos de operación son los de Aquapolo, Braskem paga el costo unitario adquirido del agua reutilizada, según el contrato.
- **Costos de operación:** Son los mismos costos operativos.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

- Cumplimiento de especificaciones de agua con mejor calidad.
- Disponibilidad operativa del 99,99%

Aprendizajes:

- Se debe tarificar el agua en función del costo de no tener agua (escenarios/períodos de escasez de agua).
- Cuanto mayor sea el compromiso e implicación de otras empresas/usuarios, menor será el coste para todos.
- Existe un beneficio económico asociado a su continuidad operativa.
- La reutilización de aguas residuales impacta la disponibilidad de agua para otros usuarios (como la sociedad), y también la calidad del agua en la región al fortalecer las acciones de saneamiento y dirección correcta de los efluentes.



Empresa / implementador
BRASKEM



Ubicación:
Estado de São Paulo, Brasil.

Braskem es una empresa comprometida con la economía circular y la neutralidad de carbono, que cree e invierte en la innovación como pilar que posibilita sus acciones.

Braskem es una empresa global con unidades industriales ubicadas en Brasil, Estados Unidos, Alemania y México. Líder en la producción de resinas termoplásticas (PE+PP+PVC), líder mundial en biopolímeros de PE a partir de materias primas renovables y es el mayor productor de PP en Norteamérica y líder en producción de PE en México.

Su producción se centra en resinas de polietileno (PE), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC), así como insumos químicos básicos como etileno, propileno, butadieno, benceno, tolueno, cloro, sosa y solventes, entre otros. Juntos conforman uno de los portafolios más completos del mercado, ya que también incluye polietileno verde, producido a partir de caña de azúcar, de origen 100% renovable

Práctica de reúso de agua, tratamiento de aguas residuales domésticas



Beneficios obtenidos

- Reducción de la extracción de agua en cuencas fluviales de alto riesgo;
- La empresa no utiliza un volumen de 212 millones de litros/mes de agua dulce (equivalente a 35 mil personas), reduciendo potenciales conflictos de uso.
- En una región de potencial estrés hídrico, con el proyecto de reutilización de agua, durante la crisis hídrica de 2014/2015 en ABC, Braskem incrementó sus operaciones mientras otras empresas sufrieron pérdidas/interrupciones en la producción;
- Contribución a los ODS 6, 9, 11, 12 y 13.



Otros beneficios

- Mejor calidad del agua;
- Ahorros adicionales de más de una docena de millones de dólares estadounidenses debido al aumento de los ciclos en las torres de enfriamiento, la recirculación, la reducción del mantenimiento y los equipos de conmutación.



Recomendaciones y limitaciones

- Necesidad de políticas públicas que fomenten la iniciativa de reutilización del agua en relación con otras operaciones insostenibles, como la captación de agua en cuencas con alto riesgo hídrico.
- Es importante pensar en estrategias y políticas para difundir la reutilización para todos los usuarios, incluidos los domésticos.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
AMBEV

ambev

Ubicación:
Brasil

AMBEV es una empresa de bebidas que produce y comercializa cerveza. Hace parte de uno de los grupos cerveceros más grandes del mundo. Realizan productos de pasión personal y nacional, promoviendo y participando de momentos de celebración para los brasileños.

Reúso y recirculación: sistema de reúso del agua en envases de cerveza



Detalles de la buena práctica

Sistema con capacidad de reutilización de **6000 m³** mensuales y objetivo de reutilización de agua de equipos llenadores de cerveza.

El agua que sería desechada en procesos de envasado como lavado de latas («enjuagadora») y lavado de botellas (eliminación de tanques durante el mantenimiento de los equipos) es enviada al sistema y recibe un tratamiento simplificado de ajuste de pH y filtración con carbón. Luego del tratamiento el agua es reutilizada en el sistema de lubricación para transporte de botellas, torres de enfriamiento, equalización y reposición de tanques de agua de lavadoras y pasteurización de botellas; además, de usarse para la limpieza de pisos.



Beneficios obtenidos

- Reducción de captura de agua con la aplicación de un sistema de reúso en envases de cerveza.
- Circularidad del agua.



Aspectos por considerar para su replicabilidad

Barreras superadas:

Una de las barreras superadas fue incorporar un sistema de tratamiento de agua y nueva tecnología a la rutina del operador del área de embotellado. Para ello se aplicaron diversas capacitaciones y estandarización de operaciones; además, el sistema contiene un alto nivel de enclavamiento y automatización que requiere poca interacción operativa.

Aprendizajes:

Fue necesario estudiar y comprender la mezcla ideal entre las «corrientes» de agua de alimentación para optimizar el sistema. El agua proveniente del sistema de lavado de botellas tiene un pH alcalino, mientras que el agua del sistema de lavado de latas es ácida. Se realizaron varias pruebas para llegar a la mezcla ideal para un menor consumo de productos químicos en la corrección del pH.

La rutina de retrolavado del filtro también es importante para mantener los niveles de eficiencia de la planta.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora
AMBEV



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **61,35 mil dólares.**
- Costos de operación y funcionamiento: USD **0,35/m³**
- No se tuvieron en cuenta los costos laborales, ya que se incluyen en el paquete de costos de envasado de cerveza.



Recomendaciones y limitaciones

- Capacitación operativa en rutinas de seguimiento y mantenimiento de la planta de reúso; nueva tecnología para la operación.
- Aplicación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos.



Empresa / implementador
AMBEV

ambeve

Ubicación:
Brasil

AMBEV es una empresa de bebidas que produce y comercializa cerveza. Hace parte de uno de los grupos cerveceros más grandes del mundo. Realizan productos de pasión personal y nacional, promoviendo y participando de momentos de celebración para los brasileños.

Reúso y recirculación: sistema de reutilización de efluentes para su uso en un sistema de torre de enfriamiento y otros servicios públicos.



Detalles de la buena práctica

Sistema con capacidad de reutilización de efluentes de **10800 m³ mensuales**.

La tecnología consta de un sistema de decantación, ultrafiltración y ósmosis inversa para el tratamiento y la reutilización del efluente. El agua se utiliza en el área de servicios públicos para reemplazar el agua de las torres y los condensadores del sistema de enfriamiento y calderas; además, de usarse para la limpieza de pisos.



Beneficios obtenidos

- Reducción de la captura de agua con la aplicación de un sistema de reutilización de efluentes para su uso en un sistema de torre de enfriamiento y otros servicios públicos.
- Circularidad del agua.



Aspectos por considerar para su replicabilidad

Barreras superadas:

La principal barrera que enfrenta es la inserción de una nueva operación y tecnología en la rutina operativa del técnico de servicios públicos. Parte del equipo técnico también opera una planta de tratamiento de agua, facilitando la comprensión del sistema de reutilización y la integración de la tecnología en la rutina.

La capacitación y la estandarización de procesos fueron claves para implementar el proyecto; además, de aplicar soluciones de automatización para minimizar la necesidad de intervención operativa constante.

Aprendizajes:

- Aplicación de dosificación automática de cloruro férrico según la turbiedad del efluente, intertrabamiento de diferencial de presión de ósmosis y la presencia de cloro después de la ultrafiltración para aumentar la vida útil de las membranas.
- Aplicación de dosificación automática de todos los químicos utilizados en el sistema.
- Reemplazo periódico de membranas de ultrafiltración, filtros de cartucho y membranas de ósmosis para garantizar la eficiencia de estos sistemas.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora
AMBEV



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **USD 220 000.**
- Costos de operación y funcionamiento: **USD 1,15/m³**
- No se consideraron costos de mano de obra, ya que están incluidos en el costo del área de servicios públicos.



Recomendaciones y limitaciones

La eficiencia del tratamiento y el éxito de la operación dependen directamente de la calidad del efluente tratado que se envía al sistema de reutilización. La planta de tratamiento de efluentes tiene una eficiencia de eliminación superior al **99 %** lo que permite aprovechar el efluente tratado para su reutilización; asimismo, se implementan planes de mantenimiento preventivo de equipos y cambios periódicos de filtros y membranas.



Empresa / implementador
CBA - Companhia Brasileira de Aluminio



Ubicación:
Brasil

Compañía productora de aluminio en Brasil, con operación en siete estados brasileños, incluyendo oficinas, plantas y minas, represas hidroeléctricas y reservas ambientales. Producen y suministran aluminio de alta calidad a una amplia gama de industrias, además de reciclar chatarra de aluminio procedente de la fabricación.

Líder en la producción de aluminio con bajas emisiones de carbono utilizando energías renovables, y cuyas operaciones abarcan toda la cadena de valor del aluminio.

Reúso y recirculación del agua.



Detalles de la buena práctica

CBA - Companhia Brasileira de Aluminio opera verticalmente en todas las etapas de la producción de aluminio. La mayor parte de su producción, y su demanda de agua, ocurre en una planta integrada en la ciudad de Aluminio - SP. La preocupación de la empresa por el uso del agua y la disponibilidad de recursos es genuina y se viene presentando desde hace más de 70 años. Para ello, la empresa instaló en la década de 1950 un sistema de reúso de agua de efluentes sanitarios, industriales y de lluvia, que incluía una laguna de efluentes, un sistema de bombeo y una Estación de Tratamiento de Aguas Industriales (ETAI). El tratamiento incluye coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Este sistema ya ha sido revitalizado y se encuentra en constante mantenimiento y evaluación de mejoras en los parámetros de tratamiento.

ETAI ocupa, en planta, una superficie de aproximadamente 45 x 50 m (unos 2.250 m²), ubicada en la parte más alta del complejo industrial. La estación fue diseñada inicialmente para un caudal aproximado de 917 m³/h y sufrió modificaciones para aumentos graduales del caudal hasta alcanzar la capacidad actual de 2.400 m³/h (o 57.600 m³/d).

Este sistema permite la recirculación y reutilización del 100% de los efluentes de esta planta integrada (cero efluentes desechados), proporcionando agua tratada para diversos procesos industriales. En la etapa de Refinería de Alúmina se utiliza agua en el funcionamiento de bombas de vacío, hidrocórrido y de hidratación de cal. En la etapa de Electrólisis se utiliza agua industrial en el sistema de lavado de gases, el cual consta de 41 lavadoras que purgan continuamente 3 m³/h/lavadora, totalizando la necesidad de reponer 123 m³/h de agua industrial. Frecuentemente se revisan los procesos de la unidad para que la calidad del agua tratada sea cada vez mejor, permitiendo su uso en nuevos procesos y, en consecuencia, reduciendo la necesidad de captación de agua.

Esto se refleja en los resultados: en 2014 la unidad utilizó 11,4 m³ de agua nueva por cada tonelada de aluminio producida, en 2019 este resultado fue de 8,17 m³, una reducción del 28%.

En 2020, la compañía esbozó su Estrategia ESG 2030, que tiene 33 objetivos y, en relación con la gestión de los recursos hídricos, el CBA pretende reducir en un 20% la intensidad de agua nueva por tonelada de aluminio líquido producida en la planta ubicada en Aluminio.

Desde el año base 2019 hasta finales de 2022, la empresa ya alcanzó el indicador de 6,28 con una reducción del 23%. En resultados absolutos, el consumo de agua nueva cayó un 17,25% en este período.



Beneficios obtenidos

- Reducción de la extracción de agua
- Reducción de emisiones de CO₂
- Ahorro de energía (kw o USD)
- Ahorro de agua por año (USD)
- Reducción de descargas
- Ahorros asociados a descargas (USD)
- Economía monetaria



Empresa implementadora
CBA



Costo de inversión y operación

Costos de inversión: Para implementar el sistema, las inversiones ascendieron a aproximadamente **R\$ 18 millones**. Este costo se basa en 1998.

Costos de operación y funcionamiento: Según los costos variables y fijos, el promedio de enero a junio de 2023 es de **R\$ 571.000,00**.



Otros beneficios

- Reducción del impacto de la disponibilidad de cuencas hidrográficas.
- Reducir/eliminar cualquier impacto relacionado con la eliminación de efluentes.



Empresa / implementador
CBA - Companhia Brasileira
de Aluminio



Ubicación:
Brasil

Compañía productora de aluminio en Brasil, con operación en siete estados brasileños, incluyendo oficinas, plantas y minas, represas hidroeléctricas y reservas ambientales Producen y suministran aluminio de alta calidad a una amplia gama de industrias, además de reciclar chatarra de aluminio procedente de la fabricación.

Líder en la producción de aluminio con bajas emisiones de carbono utilizando energías renovables, y cuyas operaciones abarcan toda la cadena de valor del aluminio.

Reúso y recirculación del agua.



Otros beneficios

Barreras superadas:

Operación y mantenimiento del sistema de reutilización de agua.

Aprendizajes:

Están relacionados con la calidad del agua industrial tratada y directamente relacionados con la complejidad del efluente industrial de la unidad CBA ubicada en Aluminio/SP. El efluente está compuesto por varios compuestos químicos que requieren tratamientos específicos.

Con la operación de la estación, eliminamos el 100% del vertido de efluentes a la red externa y, como resultado, posibilitamos cada vez más una reducción en la captación de agua nueva para uso industrial.



Recomendaciones y limitaciones

La reutilización del agua ha demostrado ser una iniciativa viable para reducir el consumo de agua nueva. Para utilizar agua tratada en nuevos procesos es importante que su calidad sea alta y por eso ya se han implementado varios proyectos de mejora del sistema además de acciones de mantenimiento y mejora de los productos de tratamiento. Un ejemplo más reciente es que desde 2021, CBA trabaja con una consultoría especializada en un proyecto de actualización de la ETAi. Algunas mejoras que se están estudiando son la instalación de una estación de pretratamiento del efluente de la Refinería, incluyendo la instalación de reactores de neutralización y floculación, decanters, sistema de eliminación de lodos mediante decanter/centrífuga e la instalación de rejillas en la entrada a la laguna de efluentes, para eliminar sólidos gruesos. En la estación de agua industrial se evalúa la inclusión de un abrevadero Parshall, la instalación de tanques de decantación con eliminación mecánica de lodos, la sustitución del floculador hidráulico, la mejora del sistema de filtración y la renovación y actualización del sistema de deshidratación de lodos. CBA siempre busca procesos eficientes, ya que el objetivo es reutilizar cada vez más su agua industrial, reduciendo así su ingesta de agua nueva.



Referencias

Para conocer más: <https://www.cba.com.br/>

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
CBA - Companhia Brasileira
de Aluminio



Ubicación:
Brasil

Compañía productora de aluminio en Brasil, con operación en siete estados brasileños, incluyendo oficinas, plantas y minas, represas hidroeléctricas y reservas ambientales. Producen y suministran aluminio de alta calidad a una amplia gama de industrias, además de reciclar chatarra de aluminio procedente de la fabricación.

Líder en la producción de aluminio con bajas emisiones de carbono utilizando energías renovables, y cuyas operaciones abarcan toda la cadena de valor del aluminio.

Reúso y recirculación del agua.



Detalles de la buena práctica

En la Unidad Minera de Bauxita, en Mirai-MG, el mineral es lavado, con el objetivo de obtener bauxita con mayor contenido de alúmina utilizable y menor sílice reactiva. Luego de esta etapa de lavado se obtienen dos productos: la bauxita lavada, que seguirá el proceso para transformarse en aluminio metálico, y los residuos, que son destinados a la presa. Actualmente, la presa cuenta con 25.3 Mm³, de los cuales 11,4 Mm³ son agua y el resto son relaves propiamente dichos.

Hasta diciembre de 2022 fue necesario captar agua nueva para lavar pisos y sellar bombas en la Planta de Beneficio, ya que el agua de la presa no cumplía con las especificaciones necesarias, al tener una turbidez alrededor de las 20.000 NTU y un pH ligeramente ácido, lo que provocó que las partículas permanecieran suspendidas.

En el 2021 se realizó un proyecto denominado "Decantación de Coloides de la Presa", corrigiendo el pH a cerca de 7, con la adición de Cal (básica), dejando el agua prácticamente cristalina, con 5 NTU, y habilitando el 100% Recirculación de aguas industriales.

Antes de este proyecto, el agua de la presa era tratada por la Planta Potabilizadora (PPA). Con el proyecto utilizamos menos insumos, que se agregan directamente a la presa. Al reducir el consumo de agua nueva, también redujimos el monto pagado al otorgar (DAURH - Declaración Anual de Aprovechamiento del Recurso Hídrico, reglamentada por el Decreto Estatal N° 48.160/2021) para la captación de agua, lo que reduce el impacto en la disponibilidad de la cuenca hidrográfica de la región.



Referencias

<https://brasilminingsite.com.br/mineradora-cba-e-premiada-por-mudanca-na-coloracao-da-agua-da-barragem-de-mirai/>

<https://www.inthemine.com.br/site/inovacao-gera-beneficios-ambientais/>

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora
CBA



Beneficios obtenidos

- Reducción de la extracción de agua
- Reducción de emisiones de CO₂
- Ahorro de energía (kw o USD)
- Ahorro de agua por año (USD)
- Reducción de descargas
- Ahorro asociado a descargas (USD)
- Ahorro monetario
- Aprendizajes de implementación

• Barreras superadas:

- Decantación de sólidos en suspensión del embalse.

• Aprendizajes:

- Monitorear continuamente las condiciones operativas de la presa y las características del agua.



Recomendaciones y limitaciones

El proyecto sólo fue posible porque es una presa, es decir, todo el material está en un depósito cerrado. La recirculación del agua al 100% se realiza siempre y cuando las condiciones del embalse sean las adecuadas (turbidez y pH), y se limita a un margen de seguridad de bombeo y altura de capa de agua.



Empresa / implementador
Capricornio Textil



CAPRICORNIO
TEXTIL
70 años

Ubicación:
Brasil

Empresa del sector textil que produce mezclilla, la materia prima de los jeans. Es una empresa familiar brasileña fundada hace más de 75 años y que actualmente es el segundo productor de denim en el mercado nacional, con 60 millones de metros producidos al año, aproximadamente 850 empleados y más de 2.000 clientes.

Reducción del consumo de agua con eficiencia hídrica



Detalles de la buena práctica

Proyectos dirigidos al sector tintorero: Con el objetivo de reducir el consumo de agua en el sector de tintura, donde se recoge la mayor cantidad de agua de la fábrica, realizamos una acción en la caja de tintura, que antes utilizaba 600 L de agua por hora y ahora utiliza 150 L de agua por hora, una reducción del 75% de agua en el sector. Para el teñido con el tinte negro intenso, también se realizó un proyecto para reducir el caudal de agua en las cajas de teñido, de un caudal de 4950 L/h a 3450 L/h, reduciendo un 30% la captación de agua para abastecer las cajas de tinte de los artículos teñidos con colorantes sulfurosos.

Otra acción de teñido fue el aumento de velocidad de la máquina, lo que se tradujo en una mayor producción utilizando la misma cantidad de agua, reduciendo el indicador L/m de tejido fabricado, que antes era de 10,55 L/m y ahora estamos en 7,47 L/m de tejido, reduciendo nuestro principal indicador en un 29%.

Realizamos una simple acción de controlar manualmente la bomba hidráulica de las máquinas de teñir, que antes consumía 7L/min de agua y ahora la cerramos a 0,4L/min, usándola solo para mantener la bomba enfriando.

Proyecto orientado al compromiso: Se realizó capacitación al personal de tintorería sobre los cambios en el sector, siempre enfatizando la importancia de tener un uso responsable del agua y cómo tenemos que darle voz a cada operador para traer y hablar de sus ideas. También realizamos una acción denominada "Viernes Sostenible", en la que hablamos de la importancia del agua para nuestra industria y cómo es vista como la principal materia prima para seguir fabricando tejido Denim, sin agua no podemos producir, por eso tenemos que tratarla como un valor de la empresa, nunca sobre el precio, sino como valor.

Estamos en el proceso de fortalecer el compromiso con toda la fábrica en el uso y ahorro del agua de manera responsable y sin comprometer nuestra calidad.

Proyecto de reducción dirigido al sector de acabados: con el objetivo de reducir el consumo de agua en el sector de procesamiento de telas, en una de las máquinas logramos reducir la cantidad de agua que abastece las cajas de lavado de la lavadora, al cambiar el procesamiento de la máquina logramos reducir el consumo de agua en un 40% en el sector.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

Hemos visto que es posible reducir el agua en nuestras plantas industriales y producir un producto de calidad y ambientalmente responsable.

Aprendizajes:

La importancia del compromiso con todos los empleados es lo que marca la diferencia para que ideas como estas surjan y se conviertan en acciones, que llevamos a cabo sin gasto económico, simplemente cambiando la forma en que fabricamos tejidos, mirando nuestros impactos negativos y viendo que es posible cambiar para generar un impacto positivo y ser un referente en el sector con el cuidado de nuestros recursos naturales.



Empresa implementadora
Capricornio Textil



Costo de inversión y operación

Costos de inversión: No tuvimos ningún tipo de inversión financiera.

Costos de operación y funcionamiento: No tuvimos ningún tipo de gastos de financiación, ni operación.

Costos no monetarios: Tiempo de los empleados para probar máquinas y ensamblar proyectos, verificar la calidad de la tela después de las pruebas.



Beneficios obtenidos

Reducción de captación de agua / Reducción de emisiones de CO2 / Ahorro de energía (kw o USD) / Ahorro de agua por año (USD) / Reducción de vertidos / Ahorro asociado a vertidos (USD) / Ahorro monetario.

Otros beneficios: Compromiso del equipo industrial para ahorrar agua en el teñido y acabado del tejido Denim.



Referencias

Para conocer más sobre este caso:
<https://www.capricornio.com.br/>

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
SUZANO



Ubicación:
Brasil

Multinacional brasileña con 100 años de historia, es la mayor fabricante de celulosa del mundo, una de las mayores productoras de papel de América Latina y líder del mercado brasileño en el segmento de papel higiénico.

Reúso.



Detalles de la buena práctica

Reducción del uso de agua industrial en la torre de enfriamiento, reutilizando residuos de ósmosis inversa para Make-up en la torre de enfriamiento de la unidad Imperatriz - MA: 1.194.676 m³/año.



Beneficios obtenidos

- Reducción de captación de agua
- Ahorro de agua por año (USD)
- Reducción de vertidos
- Ahorro monetario
- Reducción del uso de productos químicos para el tratamiento del agua.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

Riesgo de saturación de sal en el agua de refrigeración, lo que puede provocar la formación de depósitos en tuberías e intercambiadores de calor. Riesgo controlado mediante el control de la tasa de recirculación de la torre de enfriamiento.

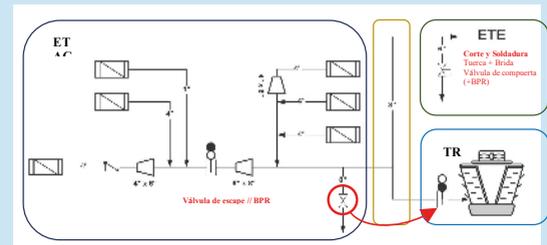
Aprendizajes:

- Mejora de la calidad del agua de refrigeración gracias a la adición de sales, llevando el agua a una condición más equilibrada (LSI más cercano a cero y Ryznar más cercano a 7).
- Posible reducción del consumo de inhibidores de corrosión, debido a una mayor saturación salina (agua con menor tendencia corrosiva).
- Logro del objetivo a largo plazo de reducción del consumo de agua.
- Baja inversión, se puede realizar con recursos propios.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora
SUZANO



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **R\$ 90.000,00**
- **Costos de operación y funcionamiento:** Sin costes adicionales



Recomendaciones y limitaciones

- Bajo costo de inversión debido a que la unidad ya contaba con una línea de interconexión entre la Torre de Enfriamiento y la ETAC que no fue utilizada. Lo único que queda es la necesidad de instalar válvulas y bridas.
- El proyecto permitió reducir el indicador de uso de agua de la unidad en 0,72 m³/ton.

3.6 Recomendaciones y conclusiones caso brasileño

La necesidad de aumentar la disponibilidad de agua en algunas partes de Brasil, especialmente en la región nordeste y en sus grandes centros urbanos, ha impulsado discusiones sobre el avance de la práctica de la reutilización del agua como suministro alternativo. Además de mejorar la disponibilidad de agua, la reutilización permite la conservación de los recursos hídricos, tanto en la reducción de la explotación de las fuentes hídricas como en la disminución del suministro de nutrientes a las aguas superficiales procedentes de efluentes domésticos e industriales. A pesar de los beneficios evidentes la práctica debe aplicarse con atención a los parámetros definidos para garantizar la salud humana y ambiental, dado que los efluentes mal tratados o aplicados para usos inadecuados conllevan el potencial de contaminación para los productores, distribuidores y usuarios de agua reutilizada.

Uno de los mayores desafíos – si no el mayor – para la consolidación y la expansión de la reutilización del agua en Brasil es el establecimiento de instrumentos legales consistentes que sean capaces de regular, orientar y ofrecer seguridad para la práctica en diferentes niveles. Actualmente, el marco regulatorio relacionado con la reutilización tiene muchas lagunas y carece de integración entre las diferentes iniciativas legislativas. El establecimiento de estándares de calidad para el agua reutilizada debe considerar tanto el contexto nacional como el local con el fin de adaptarse a las capacidades institucionales, técnicas y financieras del país y de cada región específica. Por otro lado, definir parámetros muy restrictivos en una situación de inversiones limitadas, bajo conocimiento y familiaridad con la reutilización del agua, además de deficiencias estructurales para las actividades de monitoreo, puede inhibir el desarrollo de la práctica y la obtención de beneficios.

Lejos de ser una solución aislada la reutilización del agua debe considerarse como una de las alternativas a incorporar en la gestión integrada de los recursos hídricos, lo que implica un entorno regulatorio consolidado y el desarrollo de otros frentes paralelos, pero imprescindibles, como la universalización del abastecimiento de agua y el alcantarillado y servicios de recogida y tratamiento. Por tanto, la práctica de la reutilización debe integrar el conjunto de medidas necesarias para garantizar la seguridad hídrica en los distintos puntos del territorio nacional. Pese a esto, las complejidades específicas de cada sector, junto con los desafíos del contexto brasileño, dificultan la expansión del reúso de manera sistemática. De esta manera, la coordinación a diferentes niveles será imperativa para comprender y alinear las acciones necesarias para la operación, el mantenimiento y la gestión de los sistemas de reutilización, especialmente cuando estos involucran reutilización descentralizada, así como en el caso de destino para fines potables.

En este sentido, cabe destacar que el programa Interáguas – propuesta de plan de acción para implementar una política de reutilización de efluentes sanitarios en el contexto nacional – se presenta como un documento completo que, a través del diagnóstico del marco regulatorio actual, promueve la coherencia entre propuestas legislativas y sugerencias de iniciativas para reducir los obstáculos a la expansión de la reutilización del agua en Brasil; asimismo, constituye una importante guía de acciones para consolidar la práctica en los próximos años.

3. CAPÍTULO BRASIL



Finalmente, para que la reutilización del agua sea incluida efectivamente en la agenda de recursos hídricos y de encontrar resonancia con las demandas locales de mayor disponibilidad de agua es pertinente centrarse en los siguientes aspectos: definir un marco regulatorio relevante y suficiente, brindar apoyo técnico a nivel estatal para que las iniciativas legislativas y regulatorias puedan difundirse en todo el territorio nacional, incrementar los proyectos de reutilización en todas sus modalidades, prestando atención a la disponibilidad de datos públicos; incluir la práctica de la reutilización como dimensión obligatoria de los instrumentos de planificación de los recursos hídricos como los planes hidrológicos y el Plan Nacional de Recursos Hídricos, entre otros; ampliar los incentivos fiscales y financieros, incluidas nuevas fuentes de financiación; y consolidar instrumentos legales y mecanismos de gobernanza que permitan los procesos de licenciamiento de sistemas de reúso de agua.



4. CAPÍTULO CHILE



Herbert Pacheco de la Jara
SABAVIDA
Katherine Lisette Valderrama Caviedes
Care Perú

Patricia Valdez Castro
Yeny Rodríguez Cisneros
Consultores independientes

Agradecimientos

Yocelin Ortiz
Frutícola Olmué SpA

4. CAPÍTULO CHILE



4.1 Contexto país

Chile tiene una franja de tierra de 4200 km con un ancho medio de 180 km entre la cordillera de los Andes y el océano Pacífico. El país está dividido administrativamente en 15 regiones y cuenta con más de 17 millones de habitantes, donde más de 89 % se concentra en las ciudades, principalmente, en la Región Metropolitana y Valparaíso con el 31 % y 9 %.

Debido a la ubicación en la que se encuentra Chile, se considera como un país privilegiado con los recursos hídricos. El volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces superficiales y subterráneos equivale a una media de 53 000 m³/persona/año, este valor es más alto que la media mundial. No obstante, cuando se analiza por las regionales, la zona sur tiene las mayores reservas de agua, mientras que desde la zona norte hasta el centro-sur del país la escasez hídrica es un problema que ha incrementado en los últimos años, afectando directamente a muchas actividades económicas como la agricultura o la minería (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

A esta realidad geográfica se añade la vulnerabilidad hídrica que genera la variabilidad climática, propia de zonas templadas, cálidas y semidesérticas; además, del impacto de la sequía de los últimos años (Leiva, Sánchez, Serrano, Schneider, Alv y Rodríguez, 2020). Chile podría llegar a ser el único país latinoamericano con nivel de estrés hídrico extremadamente alto, con proyecciones de sufrir una disminución en el suministro de agua en el año 2040. Incluso, en el 2019, ocupó el puesto 18 en los territorios con mayor estrés hídrico en el mundo (Escenarios Hídricos 2030, 2022).

En los últimos 30 años (1980 - 2010), Chile ha logrado un crecimiento económico con una tasa anual real de PIB de 6,2 %. La economía chilena se basa en la exportación en sectores con producción que requieren altos consumos de agua como la minería y la agricultura. El sostenido crecimiento económico y desarrollo social de las últimas décadas ha generado demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos por parte de los diferentes tipos de usuarios. Este crecimiento sostenido requiere del abastecimiento del recurso hídrico.

La escasez del agua hace necesaria la búsqueda de nuevas fuentes como complemento o suplemento de los recursos hídricos disponibles; entre estas alternativas se encuentra la captación de aguas lluvias, el transporte o trasvase de agua desde cuencas, la desalinización de agua de mar y el reúso de aguas residuales tratadas para realizar una gestión más sostenible del recurso (Fundación Chile, 2016). Es importante mencionar que el reúso de agua de forma indirecta siempre ha estado presente en la sociedad, desde el vertimiento no regulado de las aguas servidas a una fuente superficial o subterránea y su posterior uso en diversas actividades como riego, procesos industriales, uso en estanques de baño, entre otras.

En Chile, la cobertura de alcantarillado en territorios concesionados por empresas sanitarias se encuentra en un 97,2 %, y de este porcentaje un 99,98 % recibe tratamiento de aguas servidas; posterior a su tratamiento y cumplimiento de la normativa de emisión (Decreto Supremo n. ° 90/2000). En el país hay 300 sistemas de tratamiento de aguas servidas operativos, dentro de las tecnologías más utilizadas se encuentran los lodos activados con un 63 % del total, seguido por las lagunas aireadas con un 18 % y los emisarios submarinos abarcando un 11 % del total (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

4.2 Marco conceptual y normativo

4.2.1 Marco conceptual

El reúso de las aguas residuales contribuye con la solución al problema de escasez hídrica al liberar recursos para otros usos o para su conservación. Las aguas residuales pueden ser tratadas hasta lograr diversas calidades para satisfacer la demanda de sectores como la industria y la agricultura; asimismo, pueden emplearse para mantener el flujo ambiental (Banco Mundial, 2020). Es necesario que dichas aguas cumplan con los requisitos mínimos de calidad para garantizar condiciones seguras y saludables para los usuarios y evitar la contaminación ambiental (Baeza, 2023a). Actualmente, existen opciones tecnológicas para tratar el agua con una calidad tal que se puede dar un uso posterior tanto productivo, de abastecimiento o de mitigación de las situaciones de estrés hídrico (Fundación Chile, 2016).

En Chile, la Superintendencia de Servicios Sanitarios -SISS- trabaja en el fomento del reúso de las aguas residuales, priorizándolo en el ciclo sanitario y en las actividades como la agricultura y la minería. Dentro de los avances se destaca la Ley n. ° 21075 que regula la recolección, la reutilización y la disposición de aguas grises emitida en el año 2018 y la NCh 3674/2021 «Reúso de agua - vocabulario» (Baeza, 2023a).

La Ley n. ° 21075 definió los siguientes conceptos:

- **Aguas residuales:** aquellas que se descargan después de haber sido utilizadas en un proceso o producidas por este y que no tienen ningún valor inmediato para dicho proceso.
- **Aguas negras:** aguas residuales que contienen excretas.
- **Aguas grises:** aguas servidas domésticas residuales provenientes de las tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios y otros.
- **Aguas servidas domésticas:** aguas residuales que contienen los desechos de una edificación compuestas por aguas grises y aguas negras.
- **Reutilización de aguas grises:** es la aplicación de aquellas una vez que se han sometido al tratamiento exigido para el uso autorizado.

4. CAPÍTULO CHILE

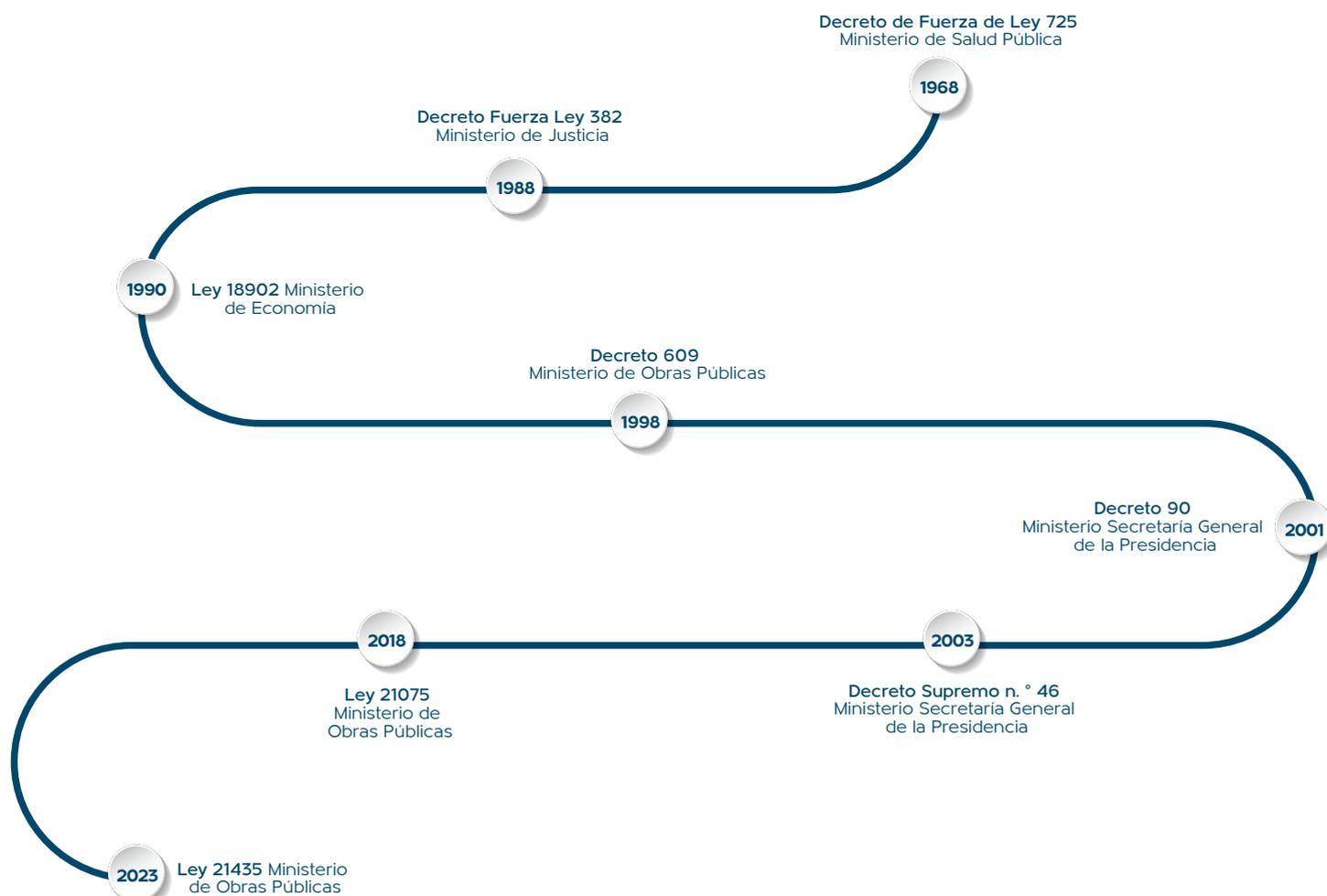


Si bien en la Ley n. ° 21075 el concepto de reutilización está ligado específicamente al de las aguas grises, la reutilización se entiende como el uso de las aguas residuales una vez que han sido sometidas al tratamiento necesario para autorizar su uso. Respecto de la recirculación no se identificó en el marco legal una definición establecida (Baeza, 2023b).

4.2.2 Marco normativo

4.1.1.1 Línea del tiempo normativa sobre reutilización

Figura 8. Línea de tiempo normativa sobre reutilización Chile



4. CAPÍTULO CHILE

A continuación, en el siguiente cuadro se presenta la regulación identificada sobre la reutilización de las aguas residuales.

Tabla 6. Regulación identificada sobre reutilización de aguas residuales en Chile

FECHA	NORMA	NOMBRE	DETALLE DE LA NORMA	DETALLE EN REÚSO DE AGUA
31/01/1968	Decreto de Fuerza de Ley 725 Ministerio de Salud Pública	Código Sanitario	El Código Sanitario rige las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de Chile.	En el artículo 75, menciona sobre el uso de las aguas residuales para el riego agrícola, previa autorización del Servicio Nacional de Salud.
30/12/1988	Decreto Fuerza Ley 382 Ministerio de Justicia	Ley General de Servicios Sanitarios	Establece las disposiciones para la prestación de servicios públicos destinados a producir y a distribuir agua potable y a recolectar y a disponer aguas servidas.	En el artículo 61 a la Ley General de Servicios Sanitarios que dispone: «...entiéndese que los prestadores de servicios sanitarios abandonan las aguas servidas cuando éstas se evacúan en las redes o instalaciones de otro prestador o si se confunden con las aguas de cauce natural o artificial, salvo que exista derecho para conducir dichas aguas por tales cauces, redes o instalaciones.
27/01/1990	Ley 18902 Ministerio de Economía	Crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios.	Esta norma brinda los lineamientos para la creación y funcionamiento de la Superintendencia de Servicios Sanitarios como un servicio funcionalmente descentralizado con persona jurídica y patrimonio propio que realizará la fiscalización de los prestadores de servicios sanitarios, del cumplimiento de las normas relativas a servicios sanitarios y control de los residuos líquidos industriales que se encuentran vinculados a las prestaciones o servicios de las empresas sanitarias.	Se crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios y se agregan disposiciones a la Ley General de Servicios Sanitarios.

4. CAPÍTULO CHILE

FECHA	NORMA	NOMBRE	DETALLE DE LA NORMA	DETALLE EN REÚSO DE AGUA
20/07/1998	Decreto 609 Ministerio de Obras Públicas	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado	La norma busca mejorar la calidad de las aguas servidas que los servicios públicos de disposición de estas vierten a los cuerpos de agua terrestre o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial, que se descarguen en los alcantarillados. Así también la norma está orientada a proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas mediante el control de las cargas de residuos.	Se establecen los límites máximos de contaminantes permitidos para residuos industriales líquidos descargados por establecimientos industriales a los servicios públicos de recolección de aguas servidas de tipo separado o unitario.
07/03/2001	Decreto 90 Ministerio Secretaría General de la Presidencia	Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.	La norma tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de Chile, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos químicos que se descargan en los cuerpos receptores.	Establece la concentración máxima de contaminantes permitidos para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales.
17/01/2003	Decreto Supremo n.° 46 Ministerio Secretaría General de la Presidencia	Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas	La norma tiene como objetivo de protección la contaminación de aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero.	Establece la norma de emisión que determina las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados a las zonas saturadas de los acuíferos mediante obras destinadas a infiltrarlo.
15/02/2018	Ley 21075 Ministerio de Obras Públicas	Regula la recolección, la reutilización y la disposición de aguas grises.	La ley establece y regula los sistemas de reutilización de las aguas grises, aplicable a áreas rurales y urbanas.	Se define el concepto de aguas grises y se establece que estas aguas pueden ser tratadas y reutilizadas para ser utilizado en fines urbanos, recreativos, ornamentales, industriales y ambientales y silvoagropecuarios previa autorización del funcionamiento de la autoridad sanitaria regional respectiva. Prohíbe la reutilización de aguas grises para usos como consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas, procesos productivos de la industria alimenticia, uso en establecimiento de salud, cultivo acuícola de moluscos, uso de piletas, piscinas y balnearios, uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos, uso de fuentes o piletas ornamentales y cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere peligroso.

4. CAPÍTULO CHILE



FECHA	NORMA	NOMBRE	DETALLE DE LA NORMA	DETALLE EN REÚSO DE AGUA
06/04/2022	Ley 21435 Ministerio de Obras Públicas	Reforma el Código de Aguas.	Se modifica el Código de Aguas y se establece que todas las cuencas hidrográficas del país deben contar con un plan estratégico de recursos hídricos, incluida una evaluación para implementar nuevas fuentes para el aprovechamiento y la reutilización de aguas.	Establece que se debe evaluar la disponibilidad de implementar nuevas fuentes de agua para el aprovechamiento y la reutilización con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, la desalinización de agua de mar, la reutilización de aguas grises y servidas, la recarga artificial de acuíferos y la cosecha de aguas lluvias en los planes estratégicos de recursos hídricos que se deben formular para cada una de las cuencas hidrográficas del país (art. 293b).

Fuente: elaboración propia

Normas técnicas

El avance normativo del país se ha dado, principalmente, a través de la generación de normas técnicas y lineamientos para la reutilización de aguas servidas tratadas desarrolladas por el Instituto Nacional de la Normalización de Chile. A continuación, se presentan las principales normativas encontradas que se relacionan con el reúso del agua.

Tabla 7. Principales normativas de reúso de agua en Chile

AÑO	NORMA	DETALLE
1987	NCh1333 Requisitos de calidad del agua para diferentes usos	La norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a los requerimientos científicos que son referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Los criterios buscan proteger y preservar la calidad del agua que se destinen a usos específicos.
2018	NCh3581 Reutilización de agua residual de origen doméstico - calidad estándar del agua regenerada para el consumo municipal misceláneo de agua.	Especifica los requisitos mínimos de calidad del agua, muestreo y métodos de análisis para la reutilización de agua residual de origen doméstico en consumo municipal misceláneo de agua. Aplica al agua regenerada que se usa en descargas de inodoros, limpieza de espacios, combate de incendios, limpieza de vehículos y obras de construcción.

4. CAPÍTULO CHILE



AÑO	NORMA	DETALLE
2018	<p>NCh3582:2018 Reutilización de agua residual de origen doméstico - calidad estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica los requisitos mínimos de calidad estándar del agua, muestreos y métodos de análisis para la reutilización de agua residual de origen doméstico para irrigación de áreas verdes. Aplica al agua regenerada que se usa para irrigación de áreas verdes.
2018	<p>NCh3583 Reutilización de agua residual de origen doméstico - definiciones y clasificación estándar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Define los principios de clasificación, categorías y campo de aplicación de la reutilización de agua residual de origen doméstico. Rige para la planificación de la utilización de los recursos de agua y el diseño de ingeniería y gestión de la reutilización de agua residual de origen doméstico.
2019	<p>NCh3580 Reutilización de aguas - selección de sistemas de reutilización de aguas lluvias y aguas grises.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brinda recomendaciones sobre cómo seleccionar los sistemas de recolección y reutilización del agua tomando en cuenta los recursos de agua, la gestión de aguas superficiales y subterráneas y la infraestructura de suministro de agua y saneamiento.
2020	<p>NCh3465 Reúso de agua en áreas urbanas - directrices para el reúso y evaluación de seguridad - métodos y parámetros para su evaluación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Provee la evaluación de seguridad para el reúso de agua y los parámetros de aceptación pública y métodos para los usuarios que diseñan, manejan o supervisan los esquemas y las actividades del reúso de aguas servidas tratadas y aguas grises tratadas en áreas urbanas desde el punto de vista de la calidad del agua.
2021	<p>NCh3452 Reúso de aguas residuales tratadas para riego - directrices para la adaptación de sistemas y prácticas de riego a aguas residuales tratadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona directrices sobre cómo ajustar los equipos de riego para permitir la utilización directa de las aguas residuales tratadas -ART- para el riego, considerando parámetros físicos, químicos y biológicos. Define los parámetros de las aguas residuales tratadas en la entrada de los sistemas de riego después de pasar por una planta de tratamiento de aguas residuales para permitir un funcionamiento continuo y óptimo de dichos sistemas.
2021	<p>NCh3456 Directrices para el uso de aguas residuales tratadas en proyectos de riego</p> <p>Parte 1: base de un proyecto de reúso para riego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Parte 1: Contiene directrices para el desarrollo y la ejecución de proyectos que pretenden utilizar aguas residuales tratadas (ART) para el riego y considera los parámetros del clima y del suelo. • Proporciona especificaciones para todos los elementos de un proyecto que utilizan ART para riego. • Considera los siguientes contenidos: <ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la calidad y del uso de las ART • Base de un proyecto de reúso para riego • Factores que influyen en los proyectos de riesgo de ART • Diferentes efectos sobre la salud pública, el suelo, los cultivos y las fuentes de agua. • Clasificaciones de clima utilizando el índice de aridez • Resumen de los riesgos relacionados con el suelo. • Ejemplos de niveles máximos de nutrientes y factores de salinidad en ART para riego.

4. CAPÍTULO CHILE



AÑO	NORMA	DETALLE
2021	<p>NCh3462/1</p> <p>Reúso de agua en zonas urbanas - directrices para un sistema centralizado de reúso de agua -</p> <p>Parte 1: principios de diseño de un sistema centralizado de reúso de agua.</p> <p>Parte 2: gestión de un sistema centralizado de reúso de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Parte 1: Proporciona directrices para la planificación y el diseño de sistemas centralizados de reúso de agua y de aplicaciones de reúso de agua en zonas urbanas. • Refiere sobre las autoridades y profesionales relacionados o interesados en el área de reúso de aguas, así también aborda a cualquier componente de un sistema de reutilización de un sistema. • Incluye los siguientes contenidos: <ul style="list-style-type: none"> • Estimación de la demanda de agua (cantidad de agua, posibles usuarios, condiciones de sitio, composición del sistema). • Consideraciones con respecto a la fuente (tipo de fuente de agua, calidad de agua y consideraciones económica y confiabilidad) • Sistema de tratamiento de aguas recicladas. • Sistema de transmisión y distribución de agua reciclada. • Sistema de monitorización • Plan de respuesta ante emergencias. • Parte 2: Proporciona directrices para la gestión de sistemas centralizados de reúso de agua y de aplicaciones de reúso de agua en zonas urbanas. Esta norma aborda la totalidad de los sistemas centralizados de reúso de agua y aplica a cualquier componente del sistema de agua regenerada. • Incluye los siguientes contenidos: <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de gestión de sistemas centralizados de reusos (elementos, plan de gestión, demanda de agua y componentes del sistema) • Principios y metodologías de la gestión. • Manejo de la fuente de agua • Gestión de sistemas de tratamiento de agua reciclada. • Gestión de sistemas de almacenamiento de agua reciclada. • Gestión de sistemas de almacenamiento de agua reciclada. • Gestión de sistemas de tratamiento de agua reciclada. • Monitorización de la calidad del agua • Gestión de incidencias y emergencias • Recomendaciones de apoyo • Revisión.
2021	<p>NCh3482</p> <p>Directrices para la evaluación y gestión de riesgos para la salud en el reúso de aguas servidas tratadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Establece directrices técnicas para la evaluación y la gestión de los riesgos para la salud asociados con los patógenos contenidos en el agua regenerada y los que se espera se originen por el uso del agua regenerada y por la producción, el almacenamiento y el transporte de agua regenerada. Aplica al uso de agua regenerada proveniente de cualquier fuente de agua tratada. • Incluye los siguientes temas: <ul style="list-style-type: none"> • Conceptos de evaluación y gestión de riesgos para la salud en el reúso de aguas servidas tratadas. • Evaluación y gestión de riesgos para la salud. • Gestión de riesgos • Puntos de control y monitoreo de desempeño • Diversos tipos de patógenos que se presentan en las AS • Patógenos que a menudo se detectan en aguas residuales sin tratar

4. CAPÍTULO CHILE



AÑO	NORMA	DETALLE
2021	NCh3483 Directrices para la clasificación de la calidad del agua regenerada para el reúso no potable.	Establece las directrices para la clasificación de la calidad del agua regenerada para ayudar a los usuarios a determinar la idoneidad y calidad de esta con aplicaciones seguras de reúso no potable basadas en el nivel de exposición.
2021	NCh3674 Reúso de agua - vocabulario	Define los términos y las definiciones que se utilizan comúnmente en las normas de reúso de agua.
2021	NCh3677/1 Uso de agua regenerada en sistemas de enfriamiento industriales - parte 1: directrices técnicas.	Define los términos relacionados con sistemas de agua de enfriamiento industriales y especifica directrices técnicas para el uso de agua regenerada como agua de reposición en sistemas de enfriamiento industriales. También proporciona un marco básico para considerar en el diseño y en la operación de sistemas de enfriamiento industriales que usan agua regenerada.
2022	NCh3435 Actividades de servicio relacionadas con sistemas de suministro de agua potable, aguas residuales y agua lluvia - vocabulario.	Define los conceptos para las diferentes partes interesadas en la provisión de servicios de agua. Pretende facilitar la comprensión y la comunicación en la provisión y en la gestión de actividades de servicios relacionados con los sistemas de suministro de agua potable, aguas residuales y agua lluvia.
2023	NCh3804 Reúso de agua industrial - métodos de evaluación de procesos de reúso de aguas residuales industriales tratadas.	Especifica los principios y el marco de referencia para la evaluación integral de los procesos de reúso de aguas residuales industriales tratadas. La norma describe cómo evaluar exhaustivamente los procesos de reúso de aguas residuales industriales tratadas utilizando los enfoques de cálculo propuestos e indicadores recomendados.

Fuente: elaboración propia

4.2.2.1 Sectores económicos reglamentados por la normatividad reúso

Se conoce que el uso consuntivo del agua es demandado por los sectores agrícola con un 88 %, el agua potable y saneamiento con un 6,3 %, minería con un 3,8 %, generación eléctrica con 0,6 %, industrial y pecuario con 0,4 %; sectores donde se identifica un alto potencial para el reúso (Escenarios hídricos 2030, Chile). Cabe señalar que ampliar el reúso de las aguas servidas tratadas no es un problema tecnológico, sino más bien de gestión y económico, siendo necesario mejorar la coordinación entre distintos actores involucrados.

4.2.2.1.1 Sector agrícola

El Banco Mundial señala que, debido al crecimiento poblacional, el desarrollo de las ciudades y el cambio climático, con el tiempo, cada vez más se incrementa la competencia por el uso del agua, lo cual tendrá un impacto directo sobre la agricultura. Para el 2050 se proyecta una

4. CAPÍTULO CHILE



población mundial cercana a los diez mil millones y para satisfacer las necesidades de alimentación la producción agrícola debe aumentar en un 70 %, aproximadamente, lo que demandará una mayor cantidad de agua. No obstante, para cubrir la demanda será necesario reasignar entre el 25 % y 40 % del recurso hacia actividades más productivas y se prevé que tal asignación vendrá de la agricultura, pero ello debe ir acompañado de mejoras de la eficiencia en el uso del agua y mejoras en los sistemas de abastecimiento de dicho recurso (Banco Mundial, 2022).

En Chile, el sector económico agropecuario es el principal consumidor de aguas consuntivas con 252,46 m³/s (DGA); en los últimos años el sector silvoagropecuario ha logrado un gran desarrollo impulsando las exportaciones lo que ha llevado a un crecimiento económico del país. En los últimos 14 años consecutivos, Chile ha sufrido de sequía (probablemente la más larga y severa de los últimos tiempos) (Hormazábal, 2023); como resultado de ello, en febrero de 2023, la Dirección General de Aguas informó que los embalses presentaban un déficit de volumen de 33,2 % respecto de sus promedios históricos y que, incluso, en los embalses para riego el déficit es de 61,1 % (Dirección General de Aguas, 2023). Las sequías tienen un impacto directo en la producción agrícola y en la seguridad alimentaria; además, representan una fuente de pobreza y migración rural (Naciones Unidas Chile, 2021).

La disponibilidad de agua para riego y consumo animal y la falta integral del recurso hídrico han generado problemas de accesibilidad hídrica, por lo que se consideran otras alternativas como el reúso del agua.

Considerando el marco legal asociado al reúso de agua para el sector agrario se tienen en cuenta las siguientes normativas:

Ley 21075. Establece la regulación, la recolección, la reutilización y la disposición de aguas grises para fomentar la reutilización en:

- **Ornamentales:** esta categoría incluye las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- **Ambientales:** incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y de otro uso que contribuya a la conservación y a la sustentabilidad ambiental.
- **Silvoagropecuarios:** incluye el riego de cultivos agrícolas, salvo los cultivos acuícola de moluscos filtradores. Considera, entre otros, el riego de especies arbóreas arbustivas frutales, cereales, cultivos industriales, viveros, cultivos de plantas leñosas, cultivos ornamentales, cultivos de flores, praderas o empastadas y producción de semillas.

NCh3465 (2020). Reúso de agua en áreas urbanas - directrices para el reúso y evaluación de seguridad - métodos y parámetros para su evaluación.

NCh3456/1 (2021). Directrices para el uso de aguas residuales tratadas para proyectos de riego - parte 1: la base de un proyecto de reúso para riego; parte 2: desarrollo del proyecto; parte 3: componentes de un proyecto de reúso para riego; y parte 4: seguimiento.

4. CAPÍTULO CHILE



A la fecha, no existe un instrumento legal que defina claramente las obligaciones y responsabilidades respecto de la calidad para su uso en agricultura, solamente se cuenta con la NCh 1333. Esta normativa señala algunos criterios de calidad de agua para su uso en riego de cultivos, sin indicar o sugerir responsabilidades para resguardar ese criterio y las obligaciones de los diversos actores para llegar a ese objetivo, es por ello que la aplicación concreta por parte de la institucionalidad resulta poco funcional.

4.2.2.1.2 Sector industrial

El agua es un recurso vital para todos los procesos industriales, sobre todo para aquellos que desarrollan sus operaciones en áreas remotas y secas. Si bien algunas industrias han logrado avances importantes en materia de eficiencia, muchas empresas enfrentan grandes desafíos en la adquisición de fuentes de agua. Tales retos se intensifican cuando esas compañías utilizan el agua subterránea y superficial de la que dependen las comunidades locales para su uso doméstico. Esto a menudo se traduce en protestas y conflictos sociales. No solo el uso del agua es materia de conflicto, también el vertimiento de los efluentes industriales que genera preocupación debido a su potencial de contaminación ambiental, situación que lleva a las industrias a reducir su volumen de aguas residuales y tratarlas antes de descargarlas para prevenir la contaminación.

Desde este ángulo el reúso y la recirculación de las aguas tratadas es otro gran reto que se debe asumir, siendo clave contar con las tecnologías necesarias que permitan tratar y volver a emplear y consumir aquellas aguas que han sido utilizadas en diferentes procesos industriales (Vicente, 2022). Además, esta estrategia contribuye también con la mejora de las relaciones sociales con las comunidades locales, pues se evita la competencia por el uso del agua y a la vez se aumenta la disponibilidad doméstica del recurso.

4.2.2.1.3 Sector minero

Si bien, el consumo de agua del sector minero es cercano al 3 %, este es el sector donde se han desarrollado fuertes prácticas de recirculación. El escenario de escasez hídrica que afecta a distintas regiones del país, los conflictos sociales asociados a la actividad minera y la competencia por el uso del agua han propiciado diversos avances en la optimización del uso de los recursos hídricos.

Este sector cuenta con un Política Nacional Minera 2050 emitida en el año 2022. Entre sus ejes de acción, el eje ambiental, tiene como meta en la industria minera: no superar el 10 % de las aguas totales utilizadas al 2025 y el 5 % al 2040, promoviendo otras fuentes que no compitan con el consumo humano. Bajo ese contexto se potenciarían aún más las prácticas de recirculación del agua.

Al parecer, el sector ya está encaminado a tal objetivo. Para el año 2020, el agua recirculada representó el 74,5 % del consumo total, para la gran minería de cobre el 75 % corresponde a agua recirculada, mientras que para la mediana minería y la minería de otros metales y no

4. CAPÍTULO CHILE



metálica el agua recirculada representó el 64 % y el 50 % de su consumo total, respectivamente. Estas prácticas de recirculación o reciclaje del agua han permitido que, en los últimos años, el agua continental (de origen superficial y subterránea) demandada por la industria minera se reduzca de forma continua año tras año; mientras en el 2015 el 23 % del agua utilizada era agua continental, para el 2020 este valor llegó a 17,7 % (Sociedad Nacional de Minería, s.f.)

4.2.2.1.4 Sector saneamiento

En el sector de saneamiento Chile tiene un gran potencial de reuso debido a su amplia cobertura de este servicio (Donoso y Rivera, 2020). Incluso se encuentra al mismo nivel de los países desarrollados en la materia, puesto que en la parte urbana su cobertura está cerca del 99 % contando con aproximadamente 283 sistemas de tratamiento de aguas residuales autorizados y monitoreados por la Superintendencia de Servicios Sanitarios a lo largo del territorio nacional; sin embargo, el déficit de alcantarillado en sectores rurales alcanza el 53 % (Fundación Chile, 2016). En el año 2021 la cantidad de aguas servidas tratadas fue de 1238 millones de metros cúbicos. De estos, un 71,7 % se liberan a cuerpos fluviales superficiales continentales de agua, un 22,2 % al mar, un 5,8 % se reutiliza directamente y el resto se libera en cuerpos lacustres (Sepúlveda, 2023). Estos caudales pueden ayudar a disminuir la presión sobre el recurso hídrico en actividades agrícolas donde hay una alta demanda del agua, pero asegurando condiciones sanitarias para evitar riesgos a la salud de la población.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios realiza estudios económicos de los costos de inversión por sector económico para conocer los de tratamientos estimados para el sector industrial y para empresas según actividad lo que proporciona información importante tanto para las compañías que deciden implementar iniciativas como para los emisores de instrumentos públicos en el momento de desarrollar incentivos para la inversión según el tipo de industria (Fundación Chile, 2016)

4.2.2.2 Papel de las autoridades ambientales

En Chile, como ya se mencionó líneas arriba, la principal legislación sobre recursos hídricos es el Código de Aguas. En cuanto a la institucionalidad un rol central corresponde a la Dirección General de Aguas -DGA-, organismo adscrito al Ministerio de Obras Públicas, responsable de gestionar, verificar y difundir la información hídrica del país, en especial sobre su cantidad y calidad, las personas naturales y jurídicas que están autorizadas a utilizarlas, las obras hidráulicas existentes y la seguridad de estas. Además, en particular, tiene como función primordial la aplicación del Código de Aguas. No obstante, incluso ya hace más de una década, la OCDE advirtió que en Chile se tiene una diversidad de autoridades administrativas involucradas en la gestión del agua que dificulta la planificación coordinada y le quita a la DGA autonomía para la toma de decisiones (Biblioteca Nacional del Congreso de Chile, 2021).

En el 2013 el Banco Mundial identificó 43 actores instituciones (entre los que figuran organismos de gobierno, organizaciones de usuarios de agua y organismos autónomos) con

funciones en materia de los recursos hídricos. La complejidad del aparato institucional genera duplicidad de funciones, vacíos por omisión y problemas de coordinación lo que genera problemas en el cumplimiento de sus funciones, en muchos de los casos, debido a la falta de una estructura institucional clara que permita su correcto desempeño.

Se hace necesario que la autoridad tome el liderazgo y plantee algunas líneas estratégicas a través de políticas públicas, incentivos y definiciones claras (por ejemplo, quiénes son los propietarios de estas aguas). Asimismo, tampoco se identifica liderazgo en la SISS (AIDIS, 2016). Pueden existir iniciativas del sector privado como parte de la mejora de su desempeño ambiental y social; sin embargo, sin reglas claras no existen incentivos para hacer crecer en gran escala la reutilización de las aguas residuales. Es el Estado quien marca la pauta y debe de empoderar a organismos involucrados para beneficio de los actores en el reaprovechamiento de las aguas residuales, pero, sobre todo, para generar mejores condiciones para la población.

4.3 Enfoques técnicos para el reúso y la circulación

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes, todas las veces que sea posible, para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

Si bien, en la actualidad el enfoque es aplicado a nivel de industrias y procesos productivos, aplica para la gestión del agua (Fundación Chile, 2019). Así, el enfoque de economía circular para el agua se presenta en el siguiente gráfico y se basa en cinco principios (Donoso y Rivera, 2020).

Figura 9. Economía circular del agua



Fuente: Donoso y Rivera, 2020.

4. CAPÍTULO CHILE



- **Reducir las pérdidas de agua para los operadores sanitarios:** disminuir la cantidad de agua no facturada.
- **Reutilizar el agua residual tratada:** el tratamiento y la calidad del efluente debe estar en función del uso al que será destinado, de lo contrario no sería económicamente eficiente.
- **Reciclar el agua** en los procesos productivos como elemento necesario para incrementar la productividad del recurso.
- **Restaurar el agua** en las fuentes con la calidad necesaria para proteger la salud y los ecosistemas acuáticos.
- **Recuperar aguas** para su reutilización lo que permite incrementar su productividad y reducir la presión sobre los recursos hídricos.

4.4 Desafíos para el reúso en el país

a) Reorganización de la gobernanza e institucionalidad hídrica

Desde 1992, con base en investigaciones realizadas por organismos internacionales como la Comisión Económica para América Latina -CEPAL-, se plantean sugerencias para el sistema de la gestión de los recursos hídricos de Chile. En ese sentido, la publicación de los Escenarios Hídricos 2030 para Chile, realizada en 2022, indicó denominadores comunes respecto del rol que deberán asumir las autoridades estatales:

- Establecer y velar por la estabilidad de una Política Nacional de Recursos Hídricos para la seguridad hídrica a largo plazo (la falta de seguimiento eficaz al cumplimiento de esta tarea no ha permitido contar con un instrumento vinculante a todo nivel).
- Creación de una autoridad nacional que asuma la coordinación y el liderazgo del conjunto de instituciones públicas con competencia en materia de recursos hídricos -se han identificado 43 (Banco Mundial, 2013) instituciones con superposición y duplicidad de funciones- con capacidad de resolver los principales desafíos que afronta el país y velar porque el gasto público destinado para la materia sea coherente con los planes y las políticas asociadas.
- Fortalecer el funcionamiento e independencia de cada una de las cuencas del país por medio de una gestión de los recursos hídricos basada en cuencas.
- Administrar la información de los recursos hídricos del país velando porque esta sea entregada en forma integrada, sea de calidad y se encuentre disponible para acceso universal (actualización de registros, homologación e integración de datos, elaboración de reportes informativos periódicos, entre otros).
- Estas acciones están orientadas a fortalecer la gestión integral del recurso hídrico, por este motivo es la base para fomentar el reúso de las aguas residuales.

4. CAPÍTULO CHILE



b) Regulación

El reúso de las aguas residuales tratadas en Chile es una práctica que se ha venido dando a pesar de no contar con un marco normativo desarrollado al respecto, solo se ha regulado el reúso de las aguas grises, una fracción de las aguas residuales, estando aún pendiente la reglamentación (Donoso y Rivera, 2020). En ese marco, se requiere aclarar quién tiene la titularidad de las aguas residuales, una vez que estas hayan sido tratadas, y definir las normas para un adecuado reúso (Fundación Chile, 2016). Este asunto ha estado en debate en los últimos años. Al respecto han surgido dos posiciones: por un lado, la de las concesionarias o empresas sanitarias que abogan por propiedad de las aguas residuales mientras estas se encuentren en sus instalaciones, pudiendo disponer libremente de esas aguas; por otro lado, los agricultores que sostienen que las concesionarias deben obligadamente descargar las aguas residuales tratadas al cauce o fuente hídrica correspondiente al final del proceso sanitario porque, según su entender, habría usuarios que tienen derecho de utilizarlas (Donoso y Rivera, 2020).

El marco regulatorio también debe esclarecer las condiciones técnicas de operación para la implementación de sistemas de reúso, integrando aspectos como demanda, oferta, estructura de inversión, análisis costo-beneficio, identificación y mitigación de riesgos, sistemas de pago, estrategias de comercialización, entre otros. Esto permitirá dar seguridad jurídica a los sectores demandantes y a los inversionistas para destinar recursos que permitan instalar sistemas de reúso formales (Fundación Chile, 2019).

c) Cambio de paradigma en las empresas de saneamiento

El marco regulatorio aplicable a las empresas sanitarias establece un sistema tarifario sobre la base de una «empresa modelo». Bajo dicha conceptualización las actividades relacionadas con el manejo de la cuenca para mejorar la oferta hídrica y las posibles iniciativas de reúso quedan fuera del concepto de «empresa modelo», por lo tanto, son actividades fuera de las necesidades de financiamiento y de los planes de desarrollo de las compañías. Adicionalmente, la eficiencia hídrica de la «empresa modelo» no es un motivo de fiscalización, siendo relevante para ese propósito solo los objetivos relacionados con la calidad del servicio al usuario que incluyen la continuidad, la calidad del agua y la presión (Fundación Chile, 2019). Este marco es una limitante para el desarrollo del reúso de las aguas residuales, pues bajo las reglas de juego actuales no hay incentivos que fomenten la reutilización.

El Estado debería cambiar las directrices para impulsar el reúso de las aguas residuales tratadas y disminuir la presión de los recursos hídricos que cada vez son más escasos. Otra vez, se evidencia la necesidad de contar con regulación en la materia.

d) Financiamiento

El financiamiento y la recuperación de costos de la infraestructura de saneamiento es un desafío. Para permitir y aumentar la reutilización de las aguas residuales tratadas se deben buscar modelos económicos y comerciales innovadores que aprovechen las fuentes de

4. CAPÍTULO CHILE



ingresos adicionales que pueden surgir de la reutilización del recurso hídrico. En este punto, es importante distinguir y definir claramente la calidad del agua requerida según el uso previsto. Esto es esencial porque la implementación de un alto nivel de procesamiento puede proporcionar una calidad superior a la requerida para el uso, pero puede hacer que el proyecto sea inviable debido a los altos costos de inversión y operación. En consecuencia, puede darse el caso de que proyectos con evaluaciones positivas de los beneficios sociales no se implementen por falta de financiamiento (Donoso y Rivera, 2020).

e) Desafíos sociales

Otra limitante para la reutilización de las aguas residuales tratadas es la aceptación del consumidor y su percepción del riesgo. En definitiva, aprovechar las oportunidades para la reutilización de las aguas residuales tratadas implica cerrar la brecha entre la percepción pública y la calidad efectiva de tal recurso (Donoso y Rivera, 2020). Aún está en la memoria colectiva el regadío con aguas residuales crudas o sin tratar y el rol que jugaron estas aguas en la propagación del cólera a fines de la década de los ochenta en el norte del país (Fundación Chile, 2016). Por lo tanto, la sensibilización y la educación de la población son herramientas claves y necesarias para fomentar el reuso sostenible de aguas residuales tratadas.

4.5 CASOS DE APLICACIÓN

Esta sección presenta un caso de aplicación relacionado con la reutilización de agua de una empresa chilena, ejemplo de uso eficiente del recurso hídrico.



Empresa / implementador
Frutícola Olmué SpA



Ubicación:

Camino Parque Lantaño 100
Chillán, Región de Ñuble, Chile.

Frutícola Olmué fue fundada en 1993 en los inicios de la industria de frutas congeladas en Chile. Se dedica a la exportación de frutas congeladas con presencia en todos los mercados relevantes en el ámbito mundial. Está enfocada en crear relaciones comerciales confiables y de largo plazo con los clientes, así como generar éxito para los agricultores.



Detalles de la buena práctica

Sus líneas de producción requieren el lavado de materia prima para brindar seguridad al consumo de los alimentos y disminuir la carga microbiana que pueden contener; además, de dar cumplimiento a la normativa y a los estándares de calidad internacionales de los países a los que exporta.

Para la preparación de dos productos se requieren las tinas de lavado de mayor tamaño, cada tina cuenta con tecnología de filtrado rotatorio interno. La capacidad de las tinas va desde 0,8 m³ hasta 7 m³ de agua. Al comienzo del turno productivo se llenan las tinas con agua potabilizada, se activa el dilutor con el sanitizante para mantener el agua con la concentración requerida (60 - 80 ppm) y se activa el recirculado de manera inmediata. Todos los productos que pueden ser lavados cuentan con este sistema.

El proceso inició en 2009 y concluyó en 2017.



Beneficios obtenidos

La empresa logró una disminución aproximada en el uso de agua de un 43 % (3985 l) y 54 % (3935 l) en las líneas productivas por turno. Esta medida implementada también impacta proporcionalmente la descarga de riles que también presenta una baja y menor presencia de sólidos en ella.

Como organización comunica a todos sus colaboradores las distintas iniciativas que se implementan para gestionar de mejor manera el recurso hídrico y los resultados obtenidos, esto ha tenido excelentes resultados, pues transmite confianza al personal y permite que se involucren en esta temática con el reporte de fallas, el compartir de ideas, el cuidado del consumo personal y con la toma de conciencia de la crisis hídrica que se vive en la actualidad.



Aspectos por considerar para su replicabilidad

- El lavado de materia prima con agua recirculada dependerá del tipo de tratamiento y normativa que se requiera cumplir para obtener buenos resultados sin comprometer la seguridad del alimento.

- Se disminuye el consumo de sanitizante debido a que se mantiene una concentración específica de acuerdo con los m³ de cada tina.

- Cada cierto período, en función de la calidad del agua, esta se requiere cambiar por lo que es importante evaluar para cada especie y aplicación.

- Una de las limitantes es la carga microbiana, por lo tanto se requiere hacer estudios para asegurar y mantener estándares.

Actualización ficha: 16 Abril 2024



Empresa implementadora
Frutícola Olmué SpA



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **\$4.000.000 CPL x unidad**
- Costos de funcionamiento: **10.500 CLP/día x unidad**
- Costo de operación: **N/A**

4.6 Recomendaciones y conclusiones caso chileno

- A pesar de contar con una alta disponibilidad hídrica promedio, se ha identificado que Chile hace frente a un nivel de estrés hídrico alto en parte de su territorio. Ello hace necesario la búsqueda de nuevas fuentes de agua, como las residuales, como un complemento o suplemento de los recursos disponibles.
- El marco normativo sobre el reúso de aguas residuales es incipiente. Se cuenta con la Ley 21075 que contempla únicamente las aguas residuales grises, que adolece de reglamentación y por ello aún no está vigente. Los avances se han dado, principalmente, en la emisión de normas técnicas.
- Chile cuenta con una institucionalidad sobre los recursos hídricos dispersa y centralizada; se han identificado hasta 43 instituciones con funciones delegadas en la materia. Se estima la necesidad de fortalecer las capacidades y atribuciones institucionales para liderar y enfrentar los desafíos en gestión del agua que enfrenta el país.
- No existe claridad sobre quién es el titular de las aguas residuales. Esta situación ha ocasionado conflictos que han sido judicializados, generando condiciones que desincentivan la celebración de contratos para la reutilización de las aguas residuales.
- Siendo el sector agrícola el que demanda cerca del 88 %, es el que tiene un alto potencial para el reúso de las aguas residuales.



5. CAPÍTULO COLOMBIA



Carolina María Rodríguez
Catalina Herrera Barrientos
Durys Ríos Kerguelén
Yazari Agudelo Cano
Centro de Ciencia y Tecnología
de Antioquia - CTA -

Agradecimientos

Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible - Minambiente

Pacto Global Colombia

Asociación Nacional de Empresarios
de Colombia - ANDI

Dora María Moncada Rasmussen
Yeison Iván Montenegro Castañeda
Centro Nacional del Agua y la
Biodiversidad, Asociación Nacional de
Empresarios de Colombia - ANDI

Daniela Arias Moya
Alfagres S.A

Juliana Cancino Duarte
Edwinder Bolaños Rodríguez
Giovanni Annicchiarico Pianeta
Juan Bernardo Carrasco
Juan Diego Ramírez Castro
Sandra Yamile Álvarez Aceros
Ecopetrol

Luis Fernando Arango Londoño
Pablo Gómez Zea
Enviaseo

Edward Fernando Montaña Gómez
Mauricio López Villa
Primadera S.A.S

Loren Tatiana Duque
Productos Alimenticios Doria

Adriana Becerra
Alexander Gómez
Gustavo Arroyave
Sika Colombia

5. CAPÍTULO COLOMBIA



5.1 Contexto país

El agua es un patrimonio fundamental en Colombia del cual dependen los ecosistemas, la sociedad, su economía y sus sistemas productivos. El país cuenta con una serie de instrumentos como lo es la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la que se enmarcan otros instrumentos de planificación y la conjunción de actores del Sistema Nacional Ambiental -SINA-.

En relación con el uso de las aguas residuales el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, mediante la Resolución 1256 de 2021 (que modifica la 1207 de 2014), ha establecido las disposiciones y la reglamentación. Esta norma hace la diferencia entre los términos: recirculación y reúso del agua. Así, la recirculación corresponde al uso en la misma actividad económica que genera las aguas residuales y el reúso implica un usuario receptor, distinto al que genera el agua residual. Adicionalmente, la norma establece que el reúso de agua es únicamente permitido en los sectores agrícola e industrial, definiendo las condiciones técnicas y las obligaciones de los usuarios generadores y receptores de las aguas residuales tratadas.

En este capítulo se presenta el análisis del marco normativo en Colombia, incluyendo los antecedentes legales del reúso del agua en el país. Luego, se analizan los conceptos a tener presente en el momento del análisis de la norma vigente y se presentan algunas experiencias del sector industrial. Estas iniciativas plantean estrategias, buenas prácticas y tecnologías que han permitido aplicar la recirculación y, en algunos casos, se ha logrado llegar al reúso de agua.

5.2 Marco conceptual y normativo

5.2.1 Marco conceptual

El uso del agua, entendido como el uso para actividades humanas, incluye cualquier extracción de agua, descarga de agua o actividad humana que en una cuenca hidrográfica impacte el flujo (cantidad) o la calidad del agua; esto incluye usos en el cuerpo de agua tales como piscicultura, transporte y recreación (ISO, 2016). En el uso del agua se pueden implementar medidas de manejo como son la recirculación, el flujo o caudal de retorno y el reúso.

Con base en la resolución 1256 de 2021 la **recirculación** tiene lugar cuando parte del volumen del agua extraída es retornada en el mismo proceso para ser usada nuevamente. Se entiende como «*el uso de aguas residuales dentro de la misma actividad económica que las genera, o por el mismo usuario generador, sin que exista contacto con el suelo al momento de su uso, salvo cuando se trate de suelo de soporte de infraestructura*». «El suelo en el cual se localiza infraestructura de la actividad económica, esto es, las edificaciones operativas, de almacenamiento de fluidos y sólidos, de insumos y materias primas, vías y locaciones» (Minambiente, 2021).

5. CAPÍTULO COLOMBIA



La norma incentiva la recirculación, mencionando que «siempre que sea técnica y económicamente viable, todo usuario del recurso hídrico podrá hacer la recirculación de sus aguas residuales, sin que se requiera autorización ambiental».

Por otra parte, el **reúso** se entiende como «*el uso de las Aguas Residuales por parte de un Usuario Receptor, para un uso distinto al que las generó*», entendiéndose por **aguas residuales** aquellas aguas utilizadas o servidas de origen doméstico o no doméstico (Minambiente, 2021). De acuerdo con Álvarez (2017), las aguas residuales provienen de diferentes actividades humanas (domésticas, agropecuarias, industriales, entre otras) y cuya calidad ha sido afectada, requiriendo un proceso de tratamiento adecuado de recuperación de los estándares mínimos de calidad establecidos en las normas para sus usos posteriores, pues de lo contrario puede representar un peligro social o ambiental en el momento de implementar actividades de reúso.

El usuario generador (quien genera las aguas residuales) y **el usuario receptor** (quien las usa) son los mismos en el caso de la recirculación, mientras que para el caso del reúso pueden ser iguales o diferentes. En el caso del reúso las cantidades (volumen o caudal) de agua requeridas está sujeto a la disponibilidad definida por parte del usuario generador y el usuario receptor de aguas residuales es responsable del cumplimiento de las disposiciones establecidas acorde con la norma (Minambiente, 2021) para el reúso es requerida la concesión de aguas para adquirir el derecho al uso de las aguas residuales, mientras que para el caso de la recirculación no se requiere autorización ambiental; no obstante, se debe generar información para el seguimiento y el control, por parte de la autoridad ambiental, de la recirculación del agua residual en suelos de soporte de infraestructura (Minambiente, 2021).

De acuerdo con la norma para el reúso se requiere la concesión de aguas para adquirir el derecho al uso de las aguas residuales, mientras que para el caso de la recirculación no se requiere autorización ambiental. No obstante, en el caso de la recirculación el usuario debe generar información para el seguimiento y el control por parte de la autoridad ambiental.

En ambos casos, el uso de las aguas residuales debe considerar criterios de calidad (aquellos parámetros donde se determina cuáles son las aguas residuales aptas diferenciadas por el tipo de uso). En ese sentido, se establece que las aguas que pueden ser reusadas son «*aquellas aguas residuales que han sido sometidas a operaciones o procesos unitarios de tratamiento que permiten cumplir con los criterios de calidad requeridos para su reúso*» (Ministerio de Ambiente, 2014).

Como se mencionó anteriormente, la Resolución 1256 del 2021 especifica que las aguas residuales se pueden usar solo en los sectores agrícola (irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias) e industrial (según Decreto 1076 de 2015). Para el uso agrícola de las aguas residuales **los criterios de calidad** se establecen en la Resolución 1256 del 2021 (Minambiente, 2010).

5. CAPÍTULO COLOMBIA



La normativa colombiana plantea definiciones adicionales a tener presentes para el reúso del agua, los procedimientos, los retos y las aplicaciones en el ámbito local. La **demanda hídrica** «es el volumen de agua extraído del sistema natural (superficial o subterránea) destinada a suplir los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no» (IDEAM, 2010). La utilización se puede hacer a través de diferentes actividades: sustracción, alteración, desviación o retención temporal (IDEAM, 2018; IDEAM, 2016). El análisis de la demanda hídrica implica comprender los usuarios del agua, su ubicación geográfica y su relación con la demanda de los ecosistemas de los que, a su vez, depende nuestra supervivencia (Minambiente, 2010)

La actividad de reúso del agua ha cobrado gran importancia como manera de elevar la eficiencia en el uso del recurso y reducir los impactos ambientales generados. En Colombia la norma mencionada busca promover esta práctica, alineada con la Estrategia Nacional de Economía Circular que plantea el **metabolismo del flujo del agua** teniendo presente diferentes fases que incluyen la recirculación y el reúso.

5.2.2 Marco normativo

En Colombia, la Ley 373 de 1997 menciona el reúso del agua en su artículo 5, entendiéndose inicialmente como «Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere efluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socioeconómico y las normas de calidad ambiental».

En el año 2010, se definió legalmente el reúso como la «utilización de los efluentes líquidos previo cumplimiento del criterio de calidad». Luego, en el artículo 2 de la Resolución 1207 de 2014 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014) fueron a su vez definidas las aguas residuales tratadas como «aquellas aguas residuales que han sido sometidas a operaciones o procesos unitarios de tratamiento que permiten cumplir con los criterios de calidad requeridos para su reúso». A partir de la entrada en vigencia de la Resolución 1207 de 2014 y de la expedición de la Resolución 1256 de 2021 se estableció el reúso como el uso de las aguas residuales por parte de un usuario receptor para un uso distinto al que las generó.

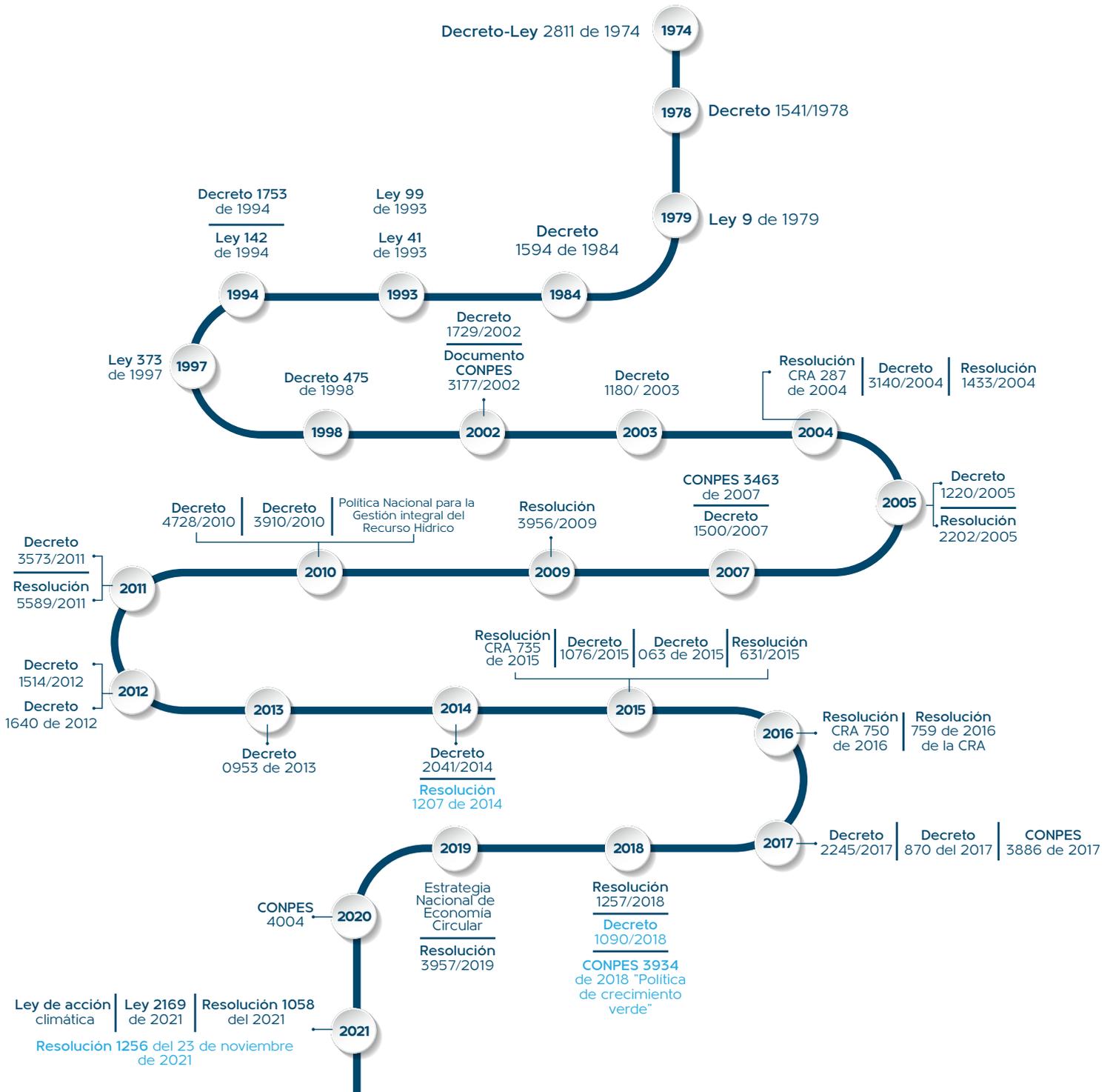
5.2.2.1 Línea del tiempo normativa sobre recirculación y reúso

A continuación, se presenta un breve recuento normativo relacionado con el reúso y recirculación de agua en Colombia.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



Figura 10. Línea de tiempo normativa relacionada al reúso y recirculación del agua en Colombia



Fuente: elaboración propia

5. CAPÍTULO COLOMBIA



Tabla 8. Detalle normativo de reuso y recirculación en Colombia.

AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
1974	<p>Decreto-Ley 2811 de 1974</p> <p><i>"Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente."</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> En los artículos 51, 52, 59 y 77 se disponen el aprovechamiento de las aguas ya utilizadas, servidas o negras, entre otras requiere, concesión. En el literal g del artículo 134 se determina que corresponde al Estado establecer los casos en los cuales será permitida la utilización de las aguas negras y prohibir o señalar las condiciones para el uso de estas. Acoge explícitamente la obligación de evaluar los impactos ambientales y el deber de obtener licencia como resultado de evaluación. Corresponde al estado garantizar la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso es necesario para dichos fines
1978	<p>Decreto 1541/1978</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973."</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Reglamenta las condiciones y requisitos para obtener el permiso de ocupación de cauce Califica las aguas utilizadas, servidas o negras, como aguas de dominio público.
1979	<p>Ley 9 de 1979</p>	<ul style="list-style-type: none"> Establece los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.
1984	<p>Decreto 1594 de 1984</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos."</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Inicia el establecimiento de la normatividad en lo que concierne a los residuos líquidos
1993	<p>Ley 41 de 1993</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos."</i></p> <p>Ley 99 de 1993</p> <p><i>"por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones."</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Establece que la ADT tiene como objeto la "construcción de obras, con el fin de mejorar y hacer más productivas las actividades agropecuarias, velando por la defensa y conservación de las cuencas hidrográficas". Se dio el proceso de descentralización de los servicios públicos, reordenando la gestión e institucionalidad pública de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. En el artículo 5, numerales 2 y 11, se dan las disposiciones referentes a las funciones del MinAmbiente como encargado de regular el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y de dictar regulaciones para hacer control y reducir la contaminación hídrica.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
1994	Decreto 1753 de 1994 <i>"por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales."</i>	<ul style="list-style-type: none"> Se sustentan y reglamentan las licencias ambientales donde se encuentran las disposiciones a tener presente en el caso de aprobación de licencias relacionadas a los residuos líquidos.
	Ley 142 de 1994 <i>"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones."</i>	<ul style="list-style-type: none"> Se define el servicio público de domiciliario de agua potable, llamado también servicio público domiciliario de acueducto, como la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición.
1997	Ley 373 de 1997 <i>"Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua."</i>	<ul style="list-style-type: none"> En el artículo 5 se establece que las aguas utilizadas, sean estas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias. Establece el "Programa para el uso eficiente y ahorro del agua" El reúso de las aguas se constituye en una actividad que debe ser fomentada por parte del Estado Establece el reúso obligatorio de las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental.
1998	Decreto 475 de 1998 <i>"Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable."</i>	<ul style="list-style-type: none"> Establece que los sistemas de tratamiento de aguas residuales se encuentran en un nivel inferior de prioridad, después del suministro de agua potable, la recolección y disposición de aguas residuales.
2002	Documento CONPES 3177/2002 <i>Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Documento de política pública sobre acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales, ajustó el programa de tasas retributivas por contaminación y la estructura tarifaria de alcantarillado. Se sustentan los planes de saneamiento y manejo de vertimientos - Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales-PSMV- Se establecieron cinco acciones prioritarias, en cuanto al tratamiento de aguas residuales, enmarcadas en la necesidad de priorizar la gestión, desarrollar estrategias de gestión regional, revisar y actualizar la normatividad del sector, articular las fuentes de financiación y fortalecer una estrategia institucional para la implementación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales
	Decreto 1729/ 2002 <i>"Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones"</i>	<ul style="list-style-type: none"> Reglamenta los instrumentos para la planificación, la ordenación y el manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
2003	<p>Decreto 1180/ 2003</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales"</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias Ambientales (deroga el Decreto 1728 del 6 de agosto de 2002) • Se establece la reglamentación de las licencias ambientales por sectores económicos. • Se reglamentan los estudios de impacto ambiental para la entrega de licencias, donde se incluye la estimación básica de los residuos y vertimientos del proyecto.
2004	<p>Resolución CRA 287 de 2004</p> <p><i>"Por el cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de servicios de acueducto y alcantarillado"</i></p>	<p>Establece la estructura tarifaria para la definición de los costos asociados a la inversión y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.</p>
	<p>Resolución 1433/2004</p> <p><i>"Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones."</i></p>	<p>Reglamentó la metodología para la formulación, desarrollo y evaluación de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos-PSMV.</p>
2005	<p>Resolución 2202/2005</p> <p><i>"Por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de Solicitud de Trámites Ambientales."</i></p>	<p>Establece formularios únicos nacionales para el trámite. Este permiso procura evitar que las obras que se pretendan construir interrumpen el comportamiento natural de la fuente hídrica y evitar daños a predios contiguos, así como a los ecosistemas presentes. En general, el instrumento funciona adecuadamente; se resalta que la estandarización de formularios y guías a nivel nacional ha mejorado la claridad del procedimiento de solicitud de este tipo de permisos.</p>
	<p>Decreto 1220/2005</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales."</i></p>	<p>Adopta nuevas exclusiones a la reglamentación de las licencias ambientales</p>
2007	<p>CONPES 3463 de 2007.</p> <p><i>Planes departamentales de agua y saneamiento para el manejo empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.</i></p>	<p>Se incluye como objetivo de política de los planes departamentales de agua la regionalización y del manejo empresarial de la prestación de los servicios de APSB.</p>
	<p>Decreto 1500/ 2007</p> <p><i>"Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad ..."</i></p>	<p>Asegura el hecho de disponer de agua con la calidad y cantidad suficiente, de manera que satisfaga las necesidades de los animales y se eviten riesgos sanitarios y a la inocuidad.</p>

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
2009	<p>Resolución 3956/2009</p> <p><i>"Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital."</i></p>	<p>Establece la norma técnica para el control y el manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital.</p>
2010	<p>Decreto 4728/2010</p> <p><i>"Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010."</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modifica disposiciones en cuanto a usos del agua y residuos líquidos • Modifica las competencias de la autoridad con la intención de flexibilizar el otorgamiento de las licencias.
	<p>Decreto 3910/2010</p> <p><i>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.</i></p> <p><i>Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fija las zonas en las que se prohibirá o condicionará la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas o marinas • Se sustentan los planes de saneamiento y manejo de vertimientos-PSMV- • Constituye una solución ambientalmente amigable, capaz de reducir los impactos negativos asociados con la extracción y descarga a cuerpos de agua natural. • Establece como principio el ahorro y uso eficiente.
2011	<p>Resolución 5589/2011</p> <p><i>"Por el cual se fija el procedimiento de cobro de los servicios de evaluación y seguimiento ambiental"</i></p>	<p>Fija e procedimiento de cobro de los servicios de evaluación y seguimiento ambiental.</p>
	<p>Decreto 3573/2011</p> <p><i>"Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA- y se dictan otras disposiciones"</i></p>	<p>Crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA - y le concede competencias para otorgar o negar las licencias, permisos y trámites ambientales de competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.</p>
2012	<p>Decreto 1514/2012</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta la expedición de documentos de viaje colombianos y se dictan otras disposiciones"</i></p>	<p>Adopta los términos de referencia para la elaboración del plan del riesgo para el manejo de vertimientos.</p>
2012	<p>Decreto 1640 de 2012</p> <p><i>"Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones"</i></p>	<p>Modificación del Decreto 1729 de 2002, por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.</p>

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
2013	<p>Decreto 0953 de 2013</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011"</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamentación general del PSA • Establece como áreas de interés estratégico los ecosistemas que surten de agua a los acueductos del país.
2014	<p>Decreto 2041/2014</p> <p><i>"Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales"</i></p>	<p>Reduce los tiempos a la mitad para la evaluación de las licencias en el sector minero.</p>
2014	<p>Resolución 1207 de 2014</p> <p><i>"Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas".</i></p>	<p>MinAmbiente adoptó disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.</p>
2015	<p>Resolución 631/2015</p> <p><i>"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones"</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentran actualizados los parámetros y valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público • Define el seguimiento y control del cumplimiento de los límites permisibles de vertimientos puntuales.
2015	<p>Decreto 063 de 2015</p> <p><i>Por el cual se reglamentan las particularidades para la implementación de Asociaciones público-privadas en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.</i></p>	<p>Por el cual se reglamentan las particularidades para la implementación de las Asociaciones público - privadas en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.</p>
2015	<p>Decreto 1076/2015</p> <p><i>Esta versión incorpora las modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a partir de la fecha de su expedición.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Indica procedimientos a cumplir y los requisitos mínimos para usuarios para acceder a esta modalidad de concesión de aguas • Están establecidas en el libro 2, parte 2, capítulo 2 el uso y aprovechamiento del agua • Compila normas ambientales • Decreto único reglamentario del sector ambiente • y desarrollo sostenible • Definición del Reúso y lo promueve a través de los PRTLGV.
2015	<p>Resolución CRA 735 de 2015</p> <p><i>"Por la cual se modifica, adiciona y aclara la Resolución CRA 688 de 2014"</i></p>	<p>Establece que dentro de los costos unitarios de las empresas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado se deben tener en cuenta las tasas ambientales que deben pagar, como la TUA para el caso del servicio de acueducto y la TR para el caso del servicio de alcantarillado.</p>

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
2016	Resolución CRA 750 de 2016	Se establece el rango de consumo básico destinado a satisfacer las necesidades esenciales de consumo de las familias.
	Resolución 759 de 2016 de la CRA <i>"Por la cual se establecen los requisitos generales aplicables a los contratos que suscriban los prestadores de servicios públicos domiciliarios de acueducto y/o alcantarillado"</i>	Se definió el Índice de Pérdidas de Agua por Usuario Facturado (IPUF) como indicador de pérdidas en la metodología tarifaria.
2017	CONPES 3886 de 2017 <i>"Lineamientos de política y programa nacional de pago por servicios ambientales para la construcción de paz"</i>	Lineamientos de política y programa nacional de pago por servicios ambientales para la construcción de paz.
	Decreto 870 del 2017 <i>"Por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación"</i>	<ul style="list-style-type: none"> Nueva reglamentación general del PSA Establece las directrices para el desarrollo de los PSA y otros incentivos a la conservación que permitan el mantenimiento y generación de servicios ambientales en áreas y ecosistemas
	Decreto 2245/2017 <i>"Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas"</i>	Reglamenta la guía de criterios técnicos para el acotamiento de rondas hídricas en los permisos de ocupación de cauces, playas y lechos.
2018	Resolución 1257/2018 <i>"Por la cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3 del Decreto 1090 del 2018, mediante el cual se adiciona el Decreto 1076 del 2015"</i>	Establece la estructura y contenido del programa para el uso eficiente y ahorro del agua y del programa para el uso eficiente y ahorro del agua simplificado.
	Decreto 1090/2018 <i>"Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones"</i>	Adiciona el decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.
	CONPES 3934 de 2018 <i>"Política de crecimiento verde"</i>	Establece la promoción del uso del agua residual tratada como una estrategia para promover la bioeconomía.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



AÑO	NORMATIVA	CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL REÚSO DEL AGUA
2019	Resolución 3957/2019 <i>"Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital"</i>	Se establece la norma técnica para el control y el manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital ligado a la calidad del recurso hídrico.
	Estrategia Nacional de Economía Circular	Contempla el reúso como una práctica para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.
2020	Conpes 4004	Documento de política pública de economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.
	Ley 2169 de 2021	Se establece como meta a 2030 reusar el 10% del uso de las aguas domésticas tratadas por parte de los prestadores de servicio público de acueducto.
2021	Resolución 1058 de 2021	Reglamenta el uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables relacionados con el recurso hídrico y suelo.
	Resolución 1256 del 23 de noviembre de 2021 <i>"Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones"</i>	<ul style="list-style-type: none"> Reglamenta el uso de aguas residuales en el país, una alternativa para zonas de escasez del líquido y a la que podrán aplicar las empresas de acueducto y otros usuarios del recurso hídrico. 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. El suministro de las cantidades (volumen o caudal) de agua requeridas para el reúso está sujeto a la disponibilidad definida por parte del Usuario Generador.

Fuente: elaboración propia

5.2.2.2 Sectores económicos reglamentados por la normativa

A la fecha, la norma en Colombia ha permitido y orientado lineamientos específicos para dos sectores: el agrícola y el industrial, mencionados a continuación.

El uso de las aguas residuales por parte de un usuario receptor para un uso distinto al que las generó.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



5.2.2.2.1 Sector agrícola

El sector agrícola emplea el 70 % del agua que se extrae del mundo (Banco Mundial, 2022). Para Colombia, según el Estudio Nacional del Agua -ENA- del 2022, el sector agricultura y postcosecha es el mayor usuario del agua con una demanda hídrica de 13 984 millones de metros cúbicos al año, que representan el 43 % del total de la demanda hídrica multisectorial (IDEAM, 2022).

A escala mundial el sector agrícola es el principal usuario de agua de reúso, especialmente para las actividades de riego; se estima que alrededor de 50 países en el mundo realizan riego del 10 % de las áreas de regadío con aguas residuales parcialmente tratadas o sin ningún proceso previo de tratamiento (Jaramillo, 2014). Sin embargo, a la fecha no se cuenta con información disponible sobre los volúmenes de reúso y recirculación del agua en Colombia (IDEAM, 2022).

La normativa en Colombia relacionada con el reúso en el sector agrícola presenta priorizaciones del aseguramiento de las condiciones de calidad que eviten la generación de enfermedades y problemas de salud pública. Por ello, se exige un plan de monitoreo que registre la cantidad y la calidad de agua empleada para el reúso, el cual debe ser revisado por la autoridad ambiental encargada, quién define la periodicidad de la revisión. Adicionalmente, se debe entregar una lista de información técnica para el manejo y la prevención de los riesgos asociados al reúso para el efecto del otorgamiento de la concesión de uso de aguas residuales, tal y como se aclara en la Resolución 1256 del 2021 (Minambiente, 2021).

Adicionalmente, se debe tener presente lo establecido en el Decreto 1076 del 2015 que define en el artículo 2.2.3.3.9.5 los criterios de calidad del agua para el uso agrícola, allí se plasman parámetros y valores máximos permisibles (**Tabla 9**).

Tabla 9. Criterios de calidad adicionales de aguas residuales para uso agrícola.

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Conductividad	µS/cm	1500,0
Fenoles totales	mg/L	0,2
Hidrocarburos totales	mg/L	1,0
Cianuro libre	mg CN- /L	0,20
Cloruros	mg Cl- /L	300,0
Fluoruros	mg F- /L	1,0
Sulfatos	mg SO ₄ 2- /L	500,0
Mercurio	mg Hg/L	0,001
Sodio	mg Na/L	200,0
Antimonio	mg Sb/L	0,1
Cloro total residual (con mínimo 30 minutos de contacto)	mg Cl ₂ /L	< 1,0
Nitratos (expresado como N)	mg/L	11,0

Fuente: (Minambiente, 2021) artículo 5 de la Resolución 1256 de 2021.

5.2.2.2.2 Sector Industrial

Según el Decreto 1076 del 2015 el uso industrial del agua se refiere a procesos manufactureros de transformación o explotación, generación de energía, minería, hidrocarburos, fabricación o procesamiento de fármacos, cosméticos, medicamentos, aditivos y similares, y elaboración de alimentos en general, en especial los destinados a comercialización y distribución.

El sector Industrial en Colombia representa alrededor del 12,1 % del PIB (ANDI, 2019) y según el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2022) la demanda hídrica del sector es del 5 %, donde la industria de hidrocarburos representa el 1 % y la minería el 2 % (IDEAM, 2018). El reúso de agua es más factible para actividades industriales que requieren grandes cantidades de agua con parámetros de calidad no muy exigentes, permitiendo así la disminución del consumo de agua de primer uso (CTA; DNP, 2017). Aproximadamente, el 19 % de las aguas residuales globales, con tratamientos terciarios, se reutilizan en el sector industrial (EPA, 2012).

En lo que concierne a la norma (Resolución 1256/2021) para este sector también se debe entregar a la autoridad ambiental un plan de monitoreo y seguimiento donde se especifique la cantidad del agua residual tratada que se emplea en el reúso, donde sea claro el punto de control y el punto de entrega, así como un informe técnico relacionado con el manejo y la prevención de los riesgos asociados al uso de aguas residuales, esto para efectos del otorgamiento de la concesión. La autoridad ambiental determina la periodicidad de la revisión. Es importante aclarar que para este sector no se definen criterios de calidad adicionales a las disposiciones establecidas en materia sanitaria que regulan la actividad.

El sector minería e hidrocarburos es de importancia económica para el país y, como fue mencionado, representa el 3 % de la demanda hídrica. En la normativa colombiana el reúso de agua en el sector minero y de hidrocarburos está incluido como parte del industrial; sin embargo, no se encuentran normas específicas de calidad de agua para esta actividad.

5.2.2.2.3 Papel de las autoridades ambientales

En Colombia, la Resolución 1256 de 2021 constituye el instrumento legal para la gestión, el seguimiento y el control del reúso de aguas residuales, en la cual designan a las autoridades ambientales como las encargadas de recibir y evaluar los diferentes balances e informes requeridos para brindar los permisos y las concesiones necesarios en los procesos de vertimiento y de reúso.

La claridad, la eficiencia y la pronta respuesta de las autoridades ambientales en el trámite y expedición de permisos para legalizar el uso de los recursos naturales, incluyendo el reúso de agua, es determinante para promover su aplicación.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



5.3 Enfoques para la Gestión Corporativa del Agua

Las experiencias de soluciones técnicas sectoriales para mejorar la gestión del agua pueden ser un acelerador para su implementación en el sector privado. A continuación, se enuncian algunos enfoques.

Oportunidades de economía circular

Para la economía circular la alianza entre diferentes procesos productivos juega un papel articulador para la sostenibilidad. Esto es aplicable en la práctica del reúso de agua partiendo del principio que lo que para un proceso productivo es un desecho o subproductos para otro puede ser un insumo, si se realizan los procesos adecuados.

El reúso de agua inspira acciones pragmáticas como el caso del aprovechamiento de aguas con desechos orgánicos producidos por animales para la fertilización (por ejemplo, la porcinoza y la gallinaza para fertirriego) (Acevedo, 2021). Así, el sector agrícola, con requerimientos de agua para riego y fertilizantes, puede trabajar con empresas cercanas de otro sector siguiendo la normativa y los procedimientos seguros.

La economía circular destaca la simbiosis industrial que representa una nueva forma de pensar y gestionar las relaciones a través del intercambio de recursos, típicamente desechos o subproductos: «se centra en el flujo de recursos a través de grupos de empresas geográficamente próximas, que puede ser del mismo sector o de nichos completamente distintos. La principal característica es la gestión compartida y el intercambio y ciclo de recursos como energía, agua, materiales y subproductos. Cada industria requiere diferentes calidades de agua y otras corrientes de flujo como productos químicos, energía, nutrientes, etc., con lo cual lo que es desecho para uno puede ser materia prima para otro proceso productivo. El intercambio de recursos puede optimizar el uso de agua y energía y la gestión de residuos de cada industria» (Waterxpert.net, 2021).

Aplicación de soluciones basadas en la naturaleza

Las inversiones en infraestructura natural representan alternativas con beneficios derivados en términos de participación social, biodiversidad, paisaje y provisión de servicios ecosistémicos (regulación hídrica, alimento, fijación de carbono, regulación del clima, productos medicinales, otros). Es el caso del manejo y de la conservación de humedales como infraestructura para controlar inundaciones, contribuyendo a su vez con la degradación de contaminantes orgánicos del agua por acción de la biota del ecosistema, paisaje y espacios verdes para la población, conservación de la biodiversidad, producción de peces, entre otros.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



Desde la Gestión Corporativa del Agua una solución basada en la naturaleza implica «la conservación o rehabilitación de los ecosistemas naturales o la mejora de procesos naturales en ecosistemas intervenidos o artificiales» (WWDR, 2018). Se pueden aplicar soluciones a diferentes escalas, por ejemplo: adecuación de cultivos a disponibilidad hídrica, sistemas eficientes de riego, rotaciones, uso de biofertilizantes, prácticas de ganadería sostenible, filtros verdes, humedales artificiales para el tratamiento de aguas, protección y restauración del suelo, adaptación de los usos del suelo, restauración geomorfológica, restauración edáfica y de revegetación, restauración de riberas, reconexión de acuíferos, estabilización química y física de residuos mineros, entre otros (Lillo Ramos, 2021).

Cadenas de valor extendidas y selección estratégica de proveedores

La selección estratégica de proveedores puede incentivar y generar medidas de eficiencia y aprovechamiento, teniendo en cuenta criterios de eficiencia hídrica y gestión sostenible del agua. Es fundamental estimular la implementación de medidas de reúso y recirculación al interior de las empresas, así como en su cadena de suministro para esto; algunas medidas proactivas incluyen gestión de la calidad del agua en actividades propias, códigos de conducta para proveedores, medidas formativas para los proveedores más importantes, inversión en gestión del agua y tecnología de reutilización del agua y búsqueda de usos alternativos para aguas residuales (Naciones Unidas, 2015). Aplicar el enfoque de ciclo de vida, con la visión integral de la cadena de valor de un servicio o producto, promueve la corresponsabilidad e interacción en torno a la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad. De esta manera, una cadena productiva articulada puede generar economías de escala para ampliar el conocimiento, mejorar o implementar las prácticas y tecnologías reduciendo los impactos o huellas ambientales del proceso productivo en su conjunto.

Confiabilidad del uso de aguas de reúso

El reúso de las aguas residuales se debe desarrollar bajo la premisa de uso seguro, trabajando en establecer y mantener la confianza de los receptores y demás actores que tenga relación directa e indirecta con el agua. Lo anterior permitirá hacer una transición desde la informalidad a un uso regulado, controlado y seguro.

Grupos empresariales

Las asociaciones gremiales pueden potenciar experiencias conjuntas para analizar, compartir o implementar buenas prácticas y tecnologías apropiadas para el sector, gestionando riesgos de forma colectiva y capitalizando beneficios. Esto aplica para la eficiencia en el uso, para los sistemas de tratamiento y de recirculación, así como para el relacionamiento entre empresas, materializando el reúso. El relacionamiento con los centros de investigación y la academia también contribuye con aumentar la capacidad de innovación y reducir costos.

5.4 Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en Colombia

Se plantean los siguientes desafíos y oportunidades asociadas:

- En Colombia, dentro de las principales limitantes para el reúso de agua está la relación costo-beneficio de invertir en tecnologías de tratamiento, proceso de monitoreo y de concesión, frente al pago actual por el agua.
- Otro aspecto es la tasa por uso de agua que suele no representar un costo importante de producción, lo cual desincentiva las inversiones para el reúso.
- La aplicación de la norma requiere mayor claridad sobre los lineamientos para los informes y planes de monitoreo que deben entregarse a la autoridad ambiental.
- Se estima que los informes y el monitoreo de calidad y cantidad a presentar ante la autoridad ambiental pueden ser un limitante para la implementación del reúso del agua por parte de una familia o un productor agrícola a pequeña escala. Se podrían establecer esquemas asociativos o tarifarios para el monitoreo que permitan el escalamiento asequible, pero seguro de la práctica de reúso.

En este sentido, se describen las oportunidades asociadas:

- **Conocimiento y aplicación de normativa** sobre prácticas de **recirculación y reúso** de agua. Se sugiere fortalecer la capacitación sobre el reúso de aguas residuales basados en evidencias, fundamentadas en experiencias prácticas y atender de forma transparente las inquietudes socioculturales asociadas al uso de aguas residuales tratadas para fomentar la aprobación pública. El informe de las Naciones Unidas sobre recursos hídricos titulado Las aguas residuales - El recurso desaprovechado (UNESCO,2017) planteó que para lograr un avance significativo en el tema era necesario contar con una mayor aprobación social de la utilización de aguas residuales.
- Fortalecer el conocimiento al interior de las **autoridades ambientales** sobre los requisitos y trámites para el reúso de las aguas residuales. Se podrían plantear metas de estímulo para fomentar las prácticas seguras como alternativa para minimizar la contaminación por vertimientos directos a las fuentes de agua.
- Continuidad en los **programas institucionales y gubernamentales** para trabajar en los aspectos estructurales de la gestión del agua lo que requiere aplicar una visión de país, de territorio, a largo plazo; enfocados en acciones concretas de mejora continua que no culminen con cada período electoral.
- **Implementación de incentivos para la gestión tecnológica - beneficios tributarios ambientales -BTA- y de ciencia, tecnología e innovación -CTel-**. En Colombia las empresas pueden acceder a beneficios tributarios por inversión en temas ambientales o de CTel, los cuales representan **deducciones, exenciones y tratamientos especiales** que se traducen en una disminución de las obligaciones tributarias de los contribuyentes.

5. CAPÍTULO COLOMBIA



- Los BTA se pueden obtener por inversión en **tecnologías para la sostenibilidad, la reducción y el mejoramiento del impacto al medio ambiente** (físico, químico o energético), entre los que se destacan (Figura 11):

Figura 11. Beneficios tributarios ambientales - BTA

BTA- RENTA AMBIENTAL		BTA- IVA	
Descuento 25% por inversiones en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente	Para Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), el beneficio es de 50% del total de la inversión.	Exclusión por compra de equipos o maquinarias destinadas al mejoramiento del medio ambiente.	Para FNCE, cubre los servicios relacionados con la puesta en marcha del proyecto.

Fuente: elaboración propia a partir de (Minambiente, 2022).

- Los beneficios tributarios de CTel por **inversiones que realicen en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)** para promover la competitividad de las empresas y el desarrollo de investigaciones de alto impacto (Figura 12).

Figura 12. Beneficios tributarios para CTel

BENEFICIOS TRIBUTARIOS PARA INVERSIÓN - PROYECTOS CTel		CTEL- BENEFICIOS TRIBUTARIOS POR INVERSIÓN -CRÉDITO FISCAL	
Inversiones en I+D+i serán deducibles en el período gravable en el que se realicen.	Descontar de su impuesto de renta a cargo del 25 % del valor invertido en el período gravable (excedentes podrán trasladarlos a siguientes).	Aplicable a proyectos inversiones que realicen las micro, pequeñas y medianas empresas en proyectos de I+D+i.	Acceder a un crédito fiscal por el 50 % de la inversión realizada y certificada por el CNBT aplicable para la compensación de impuestos nacionales.
CTel -BENEFICIOS TRIBUTARIOS POR VINCULACIÓN DE CAPITAL HUMANO DE ALTO NIVEL EN LAS EMPRESAS		CTel- INGRESOS NO CONSTITUTIVOS DE RENTA O GANANCIA OCASIONAL	
Reducción y descuento del 25 % de la remuneración efectivamente pagada al personal con título de doctorado.	Mipymes podrán acceder a crédito fiscal por el 50 % del total de la inversión.	Descontar de los ingresos que constituyen su base gravable, el valor de los honorarios recibidos por estas labores.	Aplicable a los recursos que reciba el contribuyente para ser destinados al desarrollo de proyectos de I+D+i.
CTel - EXCENCIÓN DEL IVA POR IMPORTACIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS		CTel - EXCENCIÓN DEL IVA POR IMPORTACIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS	
Aplicable a proyectos de CT+i.	Excepción del impuesto del IVA para importaciones de equipos y elementos requeridos para el desarrollo de proyectos de I+D+i.	Aplicable a donaciones recibidas por el Fondo Nacional Francisco José de Caldas para el financiamiento de proyectos de CTel.	Deducir el valor del montón amado y acceder al descuento tributario del 25 % del valor donado.

Fuente: elaboración propia con base en (Minciencias, 2022)

5. CAPÍTULO COLOMBIA



Los beneficios tributarios incluyen traslados de excedentes, acceso a créditos fiscales, exclusiones de aranceles aduaneros, de impuesto al valor agregado -IVA- y depreciaciones aceleradas. No obstante, hay poco conocimiento y acceso a información que permita al sector empresarial beneficiarse de estos incentivos u oportunidades, desaprovechando posibilidades de generar proyectos en donde se pueda aumentar el uso eficiente del agua con temas de reúso o incorporación de nuevas tecnologías.

- **Mecanismos técnicos de medición y verificación para costos asociados al reúso:** se requieren competencias de vigilancia y labores administrativas para generar los cobros de las tasas basadas en la oferta y demanda del recurso. Actualmente, en Colombia los consumos se rigen bajo el esquema de autorreporte de los usuarios en detrimento de mecanismos técnicos de medición y verificación.
- **Conocimiento público y confianza en el seguimiento y control:** con 33 corporaciones autónomas regionales y siete autoridades ambientales urbanas, Colombia podría visibilizar y elevar el conocimiento público sobre el seguimiento y control a las prácticas ambientales sectoriales, como es el caso del reúso. La transparencia en la gestión aporta a la confianza en el servicio público y se genera mayor compromiso por parte de las empresas privadas.
- **Cultura del agua:** Colombia es un país con abundancia hídrica promedio. Sin embargo, la variabilidad y el cambio del clima exacerbaban los riesgos hídricos por aumento o disminución de la oferta en diferentes períodos. De allí, el interés apremiante en que la ciudadanía y las autoridades conozcan el estado de los recursos hídricos y trabajen por la sostenibilidad ambiental y prosperidad económica.

5.4.1 Sectores potenciales para el reúso

A continuación, se realiza un análisis para otros sectores potenciales, teniendo en cuenta que la normativa colombiana hasta ahora tiene definidos lineamientos para los sectores agrícola e industrial.

5.4.1.1 Sector pecuario

El reúso en el sector pecuario colombiano no está permitido ni para el consumo de agua directo por los animales ni para el consumo de agua de servicios. Los CONPES 3375, 3376, 3458 y 3468, las guías ambientales para los subsectores como el avícola, el porcícola y la camaronicultura (Resolución 1023 del 2005), la Ley 9 de 1979, el Decreto 1500 de 2007 y las resoluciones 2341 de 2007, 2640 de 2007 y 2242 de 2013 han sido consistentes en priorizar el agua potable para el consumo de animales y las actividades de limpieza de los lugares donde habitan (CTA; DNP, 2017).

5. CAPÍTULO COLOMBIA



Existen algunas referencias internacionales para la recirculación en las actividades de limpieza de las granjas. Es el caso de Puerto Rico, municipio de Corozal, como se menciona en el documento de la Misión de Crecimiento Verde liderada por el DNP (CTA; DNP, 2017, pág. 99), donde en granjas porcinas se trata y recircula el 50 % del agua que ingresa al proceso.

5.4.1.2 Sector agua potable

Para el caso del sector agua potable en Colombia la norma es clara al no permitir el reúso por consideraciones de salud pública. Sin embargo, se considera un potencial a tener presente, con un estricto tratamiento y mecanismos de control, para regiones con limitantes en disponibilidad del recurso o problemas de contaminación de las fuentes de abastecimiento.

5.5 CASOS DE APLICACIÓN

En esta sección se presentan algunas experiencias de aplicación de recirculación y de reúso de aguas en diferentes sectores productivos. Se mencionan los casos de recirculación, teniendo en cuenta sus implicaciones en tratamiento y monitoreo que pueden proveer lecciones para nuevas experiencias de reúso de aguas residuales en Colombia.



Empresa / implementador

Alfagres S. A.
Soacha - complejo
productivo



Ubicación:

Soacha - Cundinamarca

Empresa líder en la fabricación y en la comercialización de revestimientos cerámicos, pisos en gres, baldosas y gramas sintéticas. Produce y comercializa pinturas, productos de mantenimiento, soluciones para cocinas y baños para todo tipo de ambientes.



Detalles de la buena práctica

El programa de recirculación de agua se implementa mediante un conjunto de procesos y actividades que buscan reducir el consumo de agua y evitar el vertimiento de aguas industriales y domésticas a cuerpos de agua.

El agua es la resultante de todas las actividades de la planta de manufactura donde se fabrican revestimientos cerámicos, gres y terrazo; además, luego de aplicarla a los servicios domésticos y otros usos conexos de mantenimiento se vuelve a incorporar a los mismos procesos. Entre estos se cuenta con:

- Identificación de fuentes de agua: análisis de las salidas de agua disponibles para conducción a tratamiento. Esto incluye la caracterización que asegura su adecuado tratamiento para recirculación.
- Tratamiento de agua: aseguramiento de los sistemas de tratamiento de agua residuales (se cuenta con dos plantas de tratamiento) para garantizar la calidad y las necesidades del proceso productivo para su recirculación.
- Recirculación de agua: instalación de sistemas de recirculación de agua que permiten su reutilización en los procesos productivos (tuberías, bombas y equipos satélites de tratamiento de agua).



Beneficios obtenidos

- Disminución de captación de agua de la fuente natural en un **46 %**. Este ahorro se calcula comparando lo consumido en el año 2016 vs. 2022.
- Eliminación del **100 %** de los vertimientos de aguas domésticas e industriales resultantes de la operación del complejo productivo de Alfa en Soacha, contribuyendo a la conservación de importantes cuerpos de agua como el humedal "El Vínculo Maipore".
- El **60 %** del agua que se utiliza en el complejo productivo es residual tratada recirculada.



Aspectos por considerar para su replicabilidad:

Se tuvieron los siguientes retos:

- Alcanzar la mejor calidad de agua en los procesos de tratamiento para recircularla en el proceso sin afectar el producto o las maquinarias.
- Adaptar los tratamientos de agua para lograr los estándares requeridos y hacer el seguimiento y el control continuo.
- Diseñar y adaptar las tuberías para conectar los retornos de agua en procesos ya existentes.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora

Alfagres S. A.



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **\$96.593.622** (obra civil y adecuaciones).
- Costos de funcionamiento: **\$12.134.322** (promedio anual).
- Costo de operación: **\$85.309.394** (promedio anual).



Recomendaciones y limitaciones

Se dan algunas recomendaciones:

- Aprovechar obras civiles y otras intervenciones y desde la propuesta incluir en los diseños los procesos de recuperación.
- Adaptar espacios para el almacenamiento de aguas para tener lo suficiente para cubrir las demandas de la empresa.
- Implementar un adecuado balance de agua, tan detallado como sea posible, para entender dónde concentrar los esfuerzos de recuperación y de recirculación para obtener reducciones importantes que se vean reflejadas en ahorros económicos y del recurso hídrico.
- Contar con una buena línea base o punto de partida que permita reflejar los ahorros de esta práctica.



Empresa / implementador
Productos Alimenticios
Doria S. A. S.



Ubicación:
Planta Mosquera, Cundinamarca.

Empresa dedicada a la producción de alimentos con cinco líneas de productos: pastas, preparados, granos y semillas, y harinas. Fundada en 1952 y con una larga trayectoria en el mercado nacional trabaja cada día para llevar a los colombianos nutritivos, gratificantes y divertidos momentos.

Productos Alimenticios Doria, comprometida y alineada con las prioridades estratégicas de sostenibilidad de Grupo Nutresa y en coherencia con el cumplimiento de los ODS ha venido consolidando un sistema de tratamiento de agua residual que permite reutilizar en los diferentes procesos de la compañía el 100 % de su vertimiento, convirtiéndola en la primera empresa de Grupo Nutresa con cero vertimientos, lo que va alineado con sus propósitos del uso responsable del agua y de soluciones circulares.



Detalles de la buena práctica

La compañía tiene un sistema de tratamiento de sus aguas residuales que trata en promedio 25 m³/diarios proveniente de los servicios sanitarios, de alimentación y de uso en los procesos productivos. Hace ocho años esta cantidad de agua residual tratada se vertía directamente a un cuerpo de agua (canal de riego San José) que lindera con la planta. Los controles ejercidos por las autoridades exigen que el proceso de tratamiento sea avanzado, lo que permite que el agua residual, ya tratada, tenga características de calidad que la acercan a estándares de agua potable y, por ende, permite que, con algunos acondicionamientos adicionales, pueda ser nuevamente reutilizada.

El proyecto de reutilización del agua se desarrolló en 4 etapas

Etapas 1: en el año 2011 se implementó un sistema de desinfección, se instaló una red secundaria de «agua gris» y se aplicó la reutilización en servicios sanitarios y riego. Esta fase utilizaba el 19 % de agua residual tratada.

Etapas 2: se llevó a cabo en el año 2014 donde se incorporó un sistema de tratamiento adicional que consta de un intercambio catiónico, ultrafiltración y ósmosis inversa para desmineralizar el agua, con esto se habilitó la reutilización en servicios técnicos como torres de enfriamiento y calderas. Con esta fase se reutilizaba el 54 % de agua residual tratada.

Etapas 3: se llevó a cabo en 2016 e incorporó al tratamiento un equipo de desinfección por óxido reducción. En esta fase se reutilizaba el 88 % de agua residual tratada.

Etapas 4: en estos últimos años se amplió la capacidad del equipo de ósmosis inversa, se actualizó el sistema eléctrico y se estabilizó el sistema de tratamiento lo que permitió reutilizar el agua restante en red contra incendios y en la alimentación del sistema de control de temperatura y humedad del salón de producción. Con esta fase se reutiliza el 100 % del agua residual tratada. Adicionalmente, se cuenta con un proceso de automatización del sistema de tratamiento y se espera incorporar una mejora con un equipo o una tecnología que permita evaporar el rechazo de agua (residual de agua proveniente del equipo de ósmosis inversa) que hoy alimenta la red contra incendios.



Beneficios obtenidos

- 1). Disminuir el consumo de agua potable en un 24 % (m³/ton) requerida en las operaciones de la compañía desde 2010 hasta la fecha.
- 2). Eliminar las descargas de agua residual al cuerpo de agua canal San José.
- 3). Ser un referente para el municipio de Mosquera, para la Corporación Autónoma Regional de Sabana de Occidente -CAR- y el comité ambiental de la ANDI.
- 4). Promover una cultura ambiental al interior de todas las personas que trabajan en la compañía quienes han llevado estas prácticas a sus hogares y entornos.
- 5). Contar con una estrategia de continuidad de negocio que permita darle uso al agua residual tratada, ya que por cambios regulatorios la autoridad ambiental ha restringido el vertimiento al cuerpo de agua.



Empresa implementadora
ALIMENTOS DORIA



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: \$189.239.119
- Costos de funcionamiento: \$9.666.841
- Costo de operación: \$28.175.868



Aspectos por considerar para su replicabilidad

Generación de agua de rechazo con altos niveles de conductividad; se recomienda tener alternativas de uso para el agua con estas características o la implementación de equipos que permitan reducir estos parámetros.

Actualización ficha: 16 Abril 2024



Empresa / implementador
Ecopetrol S. A.



Ubicación:

Veredas La Unión y Primavera, municipio de Acacias, departamento del Meta.

Es la principal empresa de petróleo de Colombia y la segunda empresa petrolera más grande de Latinoamérica. Tiene operaciones ubicadas en el centro, sur, oriente y norte de Colombia, al igual que en el exterior. Cuenta con dos refinerías: una en Barrancabermeja y otra en Cartagena.



Detalles de la buena práctica

Ecopetrol S. A., en su búsqueda de opciones que le permitan lograr un equilibrio entre la producción de hidrocarburos y la conservación y la protección del medio ambiente, en alianza con Agrosavia (anteriormente Corpoica), desarrolló trabajos de investigación dirigidos a evaluar el efecto del reúso de aguas de producción tratadas del campo Castilla para la irrigación de cultivos agroforestales y ornamentales en la hoy declarada Ecorreserva ASA La Guarupaya.

Los resultados de esta investigación demostraron que el riego con agua de producción tratada no afectó las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo ni se presentó acumulación de metales pesados o hidrocarburos sobre este recurso. Así mismo, no se observó ningún efecto negativo sobre los cultivos que, por el contrario, registraron mejores índices de biomasa y crecimiento comparados con cultivos regados con agua fresca de la región. Tampoco se presentó afectación negativa sobre el medio ambiente, sino que se registró un mejoramiento de las condiciones ambientales y la calidad del suelo, generando hábitats y microhábitats aptos para la colonización de diferentes grupos de fauna silvestre, incluidas especies endémicas, amenazadas o migratorias, que han encontrado en la ecorreserva un refugio para el desarrollo de sus ciclos de vida (alimentación, nidificación, descanso y reproducción). El ASA se transformó de un sitio altamente degradado a un refugio de biodiversidad que logró un incremento del 84 % de la fauna presente entre el 2010 y el 2019, representada en 210 especies.

La Ecorreserva ASA La Guarupaya cuenta con 228,72 hectáreas de terreno, de las cuales 188,17 tienen cultivos agroforestales y más de 90 hectáreas de áreas en rehabilitación ambiental, recuperación ecológica y bosque de galería. Cuenta con 305 km de sistema de riego por aspersión subfoliar y 3,39 km por canales superficiales que garantiza el 100 % de la eficiencia en el aprovechamiento del agua. En el período comprendido entre enero de 2015 y junio de 2023 se han reusado más de trece millones de metros cúbicos de agua de producción en esta ecorreserva, cumpliendo con los requerimientos de calidad establecidos en la Resolución 1256 de 2021; una muestra clara del compromiso de retornar agua limpia para el entorno en línea con la ambición corporativa de agua neutralidad a 2045 y la estrategia de economía circular.



Otros beneficios

- **64,9 mil barriles de agua** por día (3,77 millones de m³/año) de aguas de producción reusadas en 2022.
- Ahorro de energía en procesos de bombeo para inyección de **6630 megavatios/hora** al año equivalente al consumo de **4230 hogares colombianos**.
- Se evitó la emisión de **3162 toneladas/año de CO₂** equivalente que corresponde a sembrar **6324 árboles**.
- Habilita la producción de aproximadamente 1069 barriles de petróleo por día.
- **84 %** de aumento de la fauna en la hoy denominada ecorreserva entre 2010 y 2019 representada en **210 especies**.
- **6 publicaciones** de resultados de investigación que indican que no existen efectos negativos del uso del agua residual tratada sobre especies vegetales, animales, suelo y agua.
- Divulgación de resultados del proyecto a más de **1800 visitantes** en el período 2018 - 2020 a través de visitas guiadas, cursos técnicos y participación en foros.
- Los resultados de esta investigación fueron el insumo principal para la creación y la actualización de la norma de reúso de agua en Colombia.



Empresa implementadora
Ecopetrol S. A.



Aspectos por considerar para su replicabilidad:

Las aguas de producción del campo Castilla cuentan con buenas condiciones de calidad para su reúso en riego agroforestal, especialmente por sus bajos contenidos de sales disueltas (cloruros y sulfatos). El sistema de tratamiento de agua de este campo que está compuesto por separadores CPIs, celdas flotantes, filtros de cáscara de nuez, piscinas de aspersión y estabilización permite reducir las concentraciones de parámetros de interés en el agua hasta los niveles exigidos por la Resolución 1256 de 2021 y en otros casos hasta un nivel no detectable (p.e. metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos -PAH-, compuestos fenólicos). Este sistema de tratamiento no permite reducir o remover sales disueltas en agua, por lo tanto, para implementar este tipo de iniciativa en otra área con mayores niveles de salinidad se requerirían tratamientos terciarios adicionales como la ultrafiltración u ósmosis inversa para alcanzar la calidad requerida.



Referencias

Para conocer más sobre este caso:

https://www.youtube.com/watch?v=E_p4fuLXt00

https://www.youtube.com/watch?v=UVqJu6_lhbw

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
Enviaseo E. S. P.



Ubicación:
Envigado - Antioquia

Empresa encargada de la prestación del servicio público de aseo y alumbrado público en las áreas urbana y rural del municipio de Envigado, Antioquia.



Detalles de la buena práctica

- Práctica de recirculación de agua.
- Planta de tratamiento de aguas para reúso en el lavado de vehículos dentro de las instalaciones de Enviaseo E. S. P. (Envigado, Antioquia).

Enviaseo implementa una planta de tratamiento de aguas residuales que permite utilizar las aguas tratadas para el lavado de su parque automotor y el lavado de otras áreas públicas del municipio de Envigado, aportando así al uso eficiente del agua y al cuidado del medio ambiente.

Este sistema de tratamiento de aguas residuales está compuesto por:

- Cárcamos de recolección de agua de lavado.
- Caja de recolección de aguas lluvias.
- Trampa de grasas.
- Caja de bombeo.
- 2 reactores de 10 000 litros cada uno para realizar proceso fisicoquímico.
- Unidades de filtración con antracita y carbón activado, respectivamente, de 13".
- Unidad de espesamiento y deshidratación de lodos.
- Tanque de almacenamiento de agua tratada de 20 000 litros.
- Reactor biológico de 3 m³ para purga de vertimiento.
- Sistema de bombeo.
- Tablero de control.



Beneficios obtenidos

- Disminución de consumo de agua: 44 % . Pasó de un total de consumo promedio de 1270 m³/año a 508m³/año.
- Disminución de emisiones de CO₂: el tratamiento fisicoquímico no genera emisiones de GEI.
- Ahorro de agua: 508 m³ durante el 2022.
- Ahorro monetario: \$3 950 000 (821 USD).
- Reducción de vertimientos: 95 %.
- Ahorro asociado a vertimientos: \$2 434 218 (506 USD).



Aspectos por considerar para su replicabilidad:

- Se recomienda la aplicación de este tipo de tecnología para el tratamiento de las aguas residuales no domésticas resultantes del lavado de vehículos compactadores, ya que la calidad final del agua residual tratada cumple con las exigencias de la norma colombiana vigente.
- El sistema se desempeña de manera ideal dando un agua clara e inolora que cumple con los parámetros permisibles lo que demuestra un buen trabajo de remoción y tratamiento.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora
Enviaseo E. S. P.



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **USD 79 660.**
- Costos de funcionamiento: **USD 2287** al año.
- Costo de operación: **USD 8378** al año.



Uso de incentivos tributarios para su implementación:

- Dedución del impuesto de renta: **USD 29 054**
- Depreciación acelerada: se lleva como un mayor valor de la edificación pues la planta está incorporada como inversión en los activos según el Estatuto Tributario, artículo 258 -1: activos fijos.
- Prorrato, arts. 409 - 490: se realiza cuando se adquieren bienes y servicios para generar ingresos de operaciones gravables, exentas y exclusivas de IVA.



Referencias

Para conocer más sobre este caso: ver el video sobre "Enviaseo y su nueva planta de tratamiento de aguas residuales", <https://www.youtube.com/watch?v=pzva2uKE7Pg>



Empresa / implementador
PRIMADERA S. A. S.

PRIMADERA®

Ubicación:

Planta de Gachancipá,
Cundinamarca.

Empresa colombiana ubicada en Gachancipá, Cundinamarca, especializada en la producción de tableros de partículas de madera aglomerada tipo MDP: crudos y melamínicos en diferentes tamaños, espesores y acabados. En línea con las prácticas de economía circular aprovecha el 60 % de madera reciclada como materia prima en sus procesos; esto refleja su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en la utilización de recursos.

Caso 1_ Detalles de la buena práctica:



Detalles de la buena práctica

Sistema de aprovechamiento de aguas lluvias

Desde la construcción de la fábrica se identificó que la zona veredal carecía de un sistema de saneamiento básico. Dadas las condiciones climáticas de la zona y su precipitación continua se evidenció un gran potencial para el aprovechamiento del agua lluvia. Por lo tanto, se tomó la decisión de construir un sistema integral para este fin.

El sistema de aprovechamiento de aguas lluvias incluye varios componentes:

1.Sistema recolector de agua lluvia: consta de una cubierta de producción de 2.9 hectáreas, canaletas perimetrales de la cubierta, bajantes de 8 pulgadas y más de 500 metros lineales de canales recolectores en concreto en la zona del reservorio.

2.Transporte: alcantarillado pluvial independiente de 18 pulgadas.

3.Captación: sistema de bombeo aguas abajo del predio.

4.Almacenamiento reservorio con capacidad para almacenar 2400 metros cúbicos de agua.

5.Tratamiento: planta modular capaz de tratar 1 litro de agua por segundo.

6.Distribución: sistema de distribución por gravedad. Este sistema permite aprovechar al máximo el recurso hídrico disponible en la zona, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia en el uso del agua.

Consumo: entre los 10 m³/día, es relativamente bajo comparado con otras industrias.

Fuente de respaldo: pozo de aguas subterráneas con permiso de la autoridad ambiental.



Aspectos por considerar para su replicabilidad

1.Capacidad de almacenamiento: es importante determinar cuánta disponibilidad del recurso hídrico se requiere según su consumo. Esto permite entender cuánta agua se necesita almacenar para satisfacer las necesidades de la empresa.

2.Precipitación y condiciones geográficas de la zona: evaluar si la cantidad de lluvia en la zona es suficiente para suplir las necesidades de la compañía teniendo en cuenta el almacenamiento y el consumo. Las condiciones geográficas también pueden influir en la cantidad de agua que se puede recolectar.

3.Sistema de tratamiento y cantidad requerida para consumo: considerar qué calidad de agua se requiere para el proceso y cuánta agua es necesaria durante un período determinado. Esto ayudará a determinar la capacidad de la planta de tratamiento.

4.Suministro hídrico de respaldo o una fuente de agua alterna a las aguas lluvias: tener un plan de respaldo en caso de que no haya suficiente agua de lluvia que podría incluir un pozo de aguas subterráneas, captación superficial, acueducto, etc.



Empresa implementadora
PRIMADERA S. A. S.



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: \$150 000 000, aproximadamente, según datos históricos del período 2012 - 2015.
- Costos de funcionamiento: \$ 4100 por m³ de agua tratada actualmente a todo costo.



Beneficios obtenidos

- Disminución de captación de agua: 3300 m³/año.
- Ahorro de agua al año: \$ 4 500 000 pesos colombianos (diferencia del valor m³ del acueducto de Bogotá -como referencia- vs. valor del m³ tratado en Primadera S. A. S., año 2022).



Empresa / implementador
PRIMADERA S. A. S.

PRIMADERA®

Ubicación:
Planta de Gachancipá,
Cundinamarca.

Empresa colombiana ubicada en Gachancipá, Cundinamarca, especializada en la producción de tableros de partículas de madera aglomerada tipo MDP: crudos y melamínicos en diferentes tamaños, espesores y acabados. En línea con las prácticas de economía circular aprovecha el 60 % de madera reciclada como materia prima en sus procesos; esto refleja su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en la utilización de recursos.

Caso 1_ Detalles de la buena práctica:



Aspectos por considerar para su replicabilidad

PTAP: planta de tratamiento de agua de proceso

Consiste en un sistema modular de 1 l/s de tratamiento de agua cuyo sistema se conforma de:

- Bombeo inicial.
- Mezcla rápida (dosificación para el ajuste de pH, oxidante).
- Torre de aireación.
- Mezcla hidráulica (dosificación de coagulante).
- Sedimentación.
- Clarificación.
- Filtración.
- Poscloración.
- Almacenamiento.
- Distribución (por gravedad).

Reservorio de aguas lluvia

Primadera cuenta con un reservorio artificial de forma irregular recubierto con geomembrana que tiene una capacidad de almacenamiento aproximada de **2400 m³**. Este reservorio está equipado con un sistema de aireación a golpe de agua y una turbina de aire para la inyección de oxígeno. Estas características permiten mantener un pH estable y evitar la eutrofización, es decir, la presencia de algas.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador
PRIMADERA S. A. S.

PRIMADERA®

Ubicación:

Planta de Gachancipá,
Cundinamarca.

Empresa colombiana ubicada en Gachancipá, Cundinamarca, especializada en la producción de tableros de partículas de madera aglomerada tipo MDP: crudos y melamínicos en diferentes tamaños, espesores y acabados. En línea con las prácticas de economía circular aprovecha el 60 % de madera reciclada como materia prima en sus procesos; esto refleja su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en la utilización de recursos.

Caso 2_ Detalles de la buena práctica:



Detalles de la buena práctica

Desde la construcción de la fábrica se evaluó la viabilidad de realizar el aprovechamiento del agua residual que propició una estructuración de los equipos de tratamiento de manera que el agua residual tratada pudiera ser recirculada en el sistema de lavado de gases teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Alcantarillado residual independiente.
2. Estación de bombeo inicial residual doméstico.
3. Sistema de tratamiento aeróbico.
4. Estación de bombeo inicial residual industrial.
5. Sistema de dosificación de químicos.
6. Sistema de retención de hidráulica.
7. Sistema de flotación por aire disuelto -DAF-.
8. Sistema de sedimentación de alta tasa.
9. Sistema de filtración rápida de arena y carbón.
10. Desinfección.
11. Almacenamiento.
12. Distribución.



Beneficios obtenidos

- **Agua residual tratada recirculada:** 400 m³/año.
- **Ahorro por disposición de agua residual tratada:** \$380 000 000 (diferencia entre valor de m³ de pago por disposición vs. m³ tratado en Primadera S. A. S., año 2022).



Aspectos por considerar para su replicabilidad:

1. Alcantarillado residual independiente: para un tratamiento óptimo de las aguas domésticas es crucial realizar su separación desde la fuente.

2. Sistemas de tratamiento: según las características y el caudal del agua a tratar es necesario revisar los requerimientos para cumplir con los objetivos y tener la capacidad de hacerlo. Por lo tanto, es esencial contar con un sistema de tratamiento que cumpla con las condiciones del resultado esperado.

3. Sistema de recirculación del agua residual tratada: contar con un proceso donde se pueda realizar la práctica, en el caso particular, un sistema donde el agua residual tratada se recircula para el lavado de los gases generados en la formación del tablero aglomerado.

4. Suministro hídrico de respaldo en caso fortuito: es importante tener un plan de respaldo en caso de que no haya suficiente agua residual tratada. Esto implica tener una fuente de abastecimiento alternativa o, si la generación del agua residual es mayor, tener varias alternativas para la recirculación o reúso según sea el caso.



Empresa implementadora
PRIMADERA S. A. S.



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **\$56 100 000**, valor únicamente de la PTAR 2013.
- Costos de funcionamiento: **N/A**

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa / implementador

Sika Colombia S. A. S.



Ubicación:

Vereda Canavita km 20.5
Tocancipá, Cundinamarca.

Líder de productos químicos para la construcción. Con un enfoque en la innovación y en la sostenibilidad ha estado a la vanguardia de impulsar cambios positivos en la industria de la construcción.



Detalles de la buena práctica

- Las aguas residuales domésticas son aquellas aguas provenientes de la actividad humana y el tratamiento consiste en un sistema biológico con eficiencia del 98 % en la remoción de contaminantes: el agua se trata por ósmosis inversa, es decir, pasa por unas membranas que retienen sales, iones metálicos, minerales, entre otros componentes que le dan al recurso una alta conductividad; además, el sistema incluye una lámpara UV para eliminar los microorganismos que puedan encontrarse allí.
- Las aguas residuales industriales son producto del lavado de equipos, del laboratorio de control de calidad y del laboratorio de ensayo de materiales. El tratamiento que se emplea es químico, sedimentación, filtración y desinfección que se realiza hasta alcanzar una calidad óptima del agua, recirculándose en servicios sanitarios.



Beneficios obtenidos

- Disminución de captación de agua: **7800 m³/año**.
- Disminución de emisiones de CO₂: **5479 t CO₂** equivalente/año (no uso de agua).
- Ahorro de agua al año: **384 000 (USD/año)**.
- Reducción de vertimientos: **7800 m³/año**.
- Ahorro asociado a vertimientos: **3000 (USD/año)**.
- Protege la vida acuática, conserva los ecosistemas acuáticos y reduce la contaminación del suelo.

Uso de incentivos tributarios para su implementación:

- No pago de tasas retributivas por vertimiento.
- No pago de tarifa por uso de alcantarillado.
- Disminución de pago del servicio público de consumo de agua.



Aspectos por considerar para su replicabilidad

- La calidad del agua tratada debe medirse y comprobarse periódicamente. Si la planta de tratamiento, así como cualquier otra parte del sistema, tiene una falla o daño técnico que ocasione contaminación del agua podría generar productos no conformes.
- El tipo de plantas de tratamiento que se deben instalar depende de los químicos presentes en las aguas residuales.
- Se debe comprobar la compatibilidad química entre los lodos obtenidos del tratamiento.

Actualización ficha: 12 Nov 2023



Empresa implementadora

Sika Colombia S. A. S.



Costo de inversión y operación

- Costos de inversión: **USD 97492**
- Costos de funcionamiento: **USD 3000** anual
- Costo de operación: **USD 20000** anual



Referencias

Para conocer más sobre este caso:

<https://col.sika.com/es/sostenibilidad/es/strategia-sostenible-sika-colombia.html>

https://www.youtube.com/watch?v=GDUJBQ_3QvU

5.6 Recomendaciones y conclusiones caso colombiano

Con base en el análisis de la normativa y los casos referenciados de aplicación de la recirculación y el reúso del agua, se resaltan algunos desafíos.

Durante las últimas tres décadas Colombia ha expedido políticas y normas tendientes a estimular el reúso de las aguas como parte de los programas de uso eficiente y ahorro de las aguas. En ese marco, usuarios del recurso, con una concesión, están obligados a estructurar medidas para reducir la presión sobre las fuentes hídricas superficiales y subterráneas del país. En ese sentido, es imperante fortalecer las capacidades financieras y técnicas de autoridades ambientales que permitan aplicar los principios e instrumentos de política. Dependiendo del sector económico se plantean restricciones para el reúso, basadas en la prioridad de proteger la salud pública y el principio de precaución. El avance a otros sectores económicos debe ser transparente y basado en evidencia para ampliar su aplicación.

A nivel de los sectores industrial y empresarial se plantea potenciar mecanismos que faciliten la implementación de procesos de reúso en las cadenas de producción, ya sea con soporte técnico, incentivos fiscales, incentivos para la innovación, relación con la academia y centros de investigación, sector empresarial, entre otros.

Respecto de los casos de empresas en Colombia, si bien se ha encontrado información, aún no se obtienen reportes completos con información técnica y las fuentes son dispersas. Por ello, se recomienda una sistematización estructurada para ampliar el acceso a casos, prácticas y tecnologías y hacer seguimiento. Esto proveerá las referencias sustentadas para divulgación y análisis. La sistematización de la información permitiría una mejor comprensión y difusión dentro de los gremios, facilitando la apropiación de las actividades de reúso en el sector empresarial.

Dentro de las diferentes instituciones que proveen servicios de investigación, capacitación y acompañamiento en los temas de reúso del agua está el Centro Nacional de Agua y Biodiversidad de la Asociación Nacional de Empresarios -ANDI-. Un énfasis en formaciones para el tema normativo, buenas prácticas, ejemplos de caso y análisis sobre viabilidad económica permitirían potenciar el tema en el sector empresarial.

Colombia puede fortalecer los programas de implementación de recirculación y reúso de aguas residuales, lo que contribuiría con gestionar la demanda creciente de agua, reducir la contaminación por vertimientos, proteger la salud de la población y conservar la mega biodiversidad que alberga el país. Por ello, es apremiante mejorar y tecnificar los mecanismos existentes, desarrollar procedimientos claros y sistematizar y divulgar las tecnologías y buenas prácticas asociadas.



6. CAPÍTULO MÉXICO



Juan Pablo Chargoy Amador
Centro de Análisis de Ciclo de Vida
y Diseño Sustentable - CADIS -

Agradecimientos

Arturo Gaytan Covarrubias
CEMEX

Comisión Nacional del Agua
CONAGUA

Cristian Michael Gómez Cerero
Bio pappel

Luis Rechy
Ternium

Uriel García
Roberto Amaya
Neolpharma

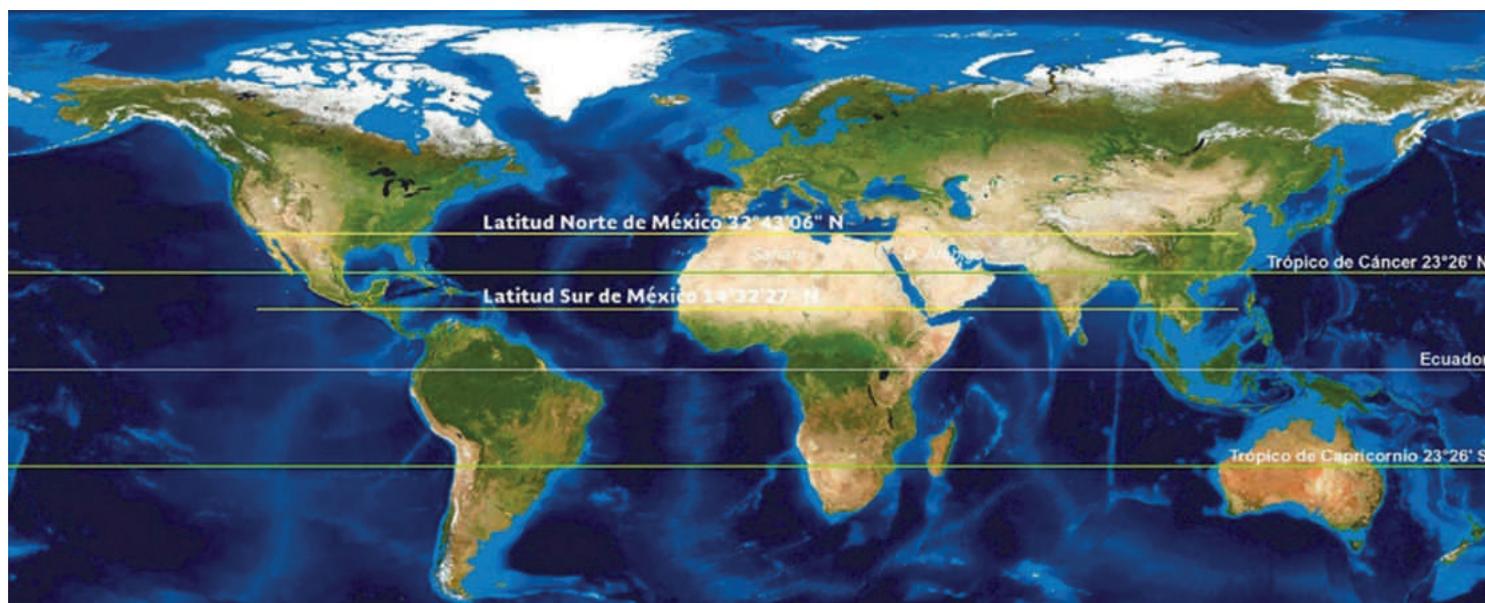
6. CAPÍTULO MÉXICO

6.1 Contexto país

En esta sección se discute la pertinencia y la relevancia del reúso del agua en México, se brinda una introducción sobre la normativa relacionada con el concepto de reúso, la cual se revisa a detalle a lo largo del capítulo y se da un preámbulo de la implementación de estrategias de reúso desde el sector empresarial.

México enfrenta desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad de agua, especialmente en ciertas regiones. La extensión territorial de México es de 1964 millones de kilómetros cuadrados (km²), de los cuales 1959 millones corresponden a la superficie continental y el resto a las áreas insulares. A lo largo de este territorio se presentan diversos climas que dependen de la ubicación geográfica; México se halla a la misma latitud que los desiertos del Sahara y el Árabe, de modo que la porción sur del país está en la zona intertropical del globo terráqueo y la porción norte está en la zona templada. En segunda instancia, los accidentes geográficos que caracterizan el relieve, como las cadenas montañosas, el eje volcánico transversal o el altiplano de México, también determinan el clima.

Figura 13. Ubicación geográfica de México.



Fuente: Comisión Nacional del Agua (2021).

Estos dos factores, ubicación geográfica y relieve, inciden directamente en la disponibilidad del agua, ya que los recursos hídricos superficiales y subterráneos no están distribuidos de manera uniforme en todo el país. Una tercera parte del territorio en el sur y sureste es húmeda, así como la región del golfo de México, suele tener precipitaciones anuales que superan los 2000 mm, cuenta con numerosos ríos, lagunas y acuíferos y, por lo tanto, más agua disponible; mientras que dos terceras partes del territorio al norte y noroeste del país se consideran áridas o semiáridas con precipitaciones anuales menores a los 500 mm. Por otro lado, cabe mencionar que México comparte varias fuentes de agua

6. CAPÍTULO MÉXICO



con sus países vecinos. Existen acuerdos bilaterales para la gestión de estos recursos transfronterizos como el Tratado de Aguas con Estados Unidos que regula la distribución de aguas en el río Colorado y en el río Grande.

A pesar de tener recursos hídricos considerables, México enfrenta problemas de estrés hídrico en algunas regiones debido a la demanda de agua para uso agrícola, abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de electricidad. El sector agrícola es el que consume más agua en el país, utilizando alrededor del 76 % del agua dulce disponible. El riego de cultivos, especialmente en regiones áridas y semiáridas, requiere grandes volúmenes de agua para mantener la producción agrícola, parte fundamental de la economía nacional. El abastecimiento público representa el 15 % del consumo total de agua en México. Este sector incluye el suministro de agua potable para hogares, empresas, instituciones públicas y comercios. En tercer lugar, las actividades industriales y la generación de electricidad representan el 10 % del consumo de agua en el país.

También es importante mencionar que los efluentes sin tratamiento de los sectores agrícola, doméstico e industrial alteran la calidad del agua, lo cual afecta la disponibilidad del recurso hídrico. Por ejemplo, el uso de agroquímicos como pesticidas y fertilizantes en la agricultura provocan ecotoxicidad y eutrofización en el agua; del mismo modo que los contaminantes presentes en el agua residual provenientes del uso doméstico e industrial, tales como patógenos, materia orgánica, productos químicos, metales pesados, aceites, productos farmacéuticos, plásticos, entre otros.

México cuenta con una Red nacional de monitoreo de calidad del agua con aproximadamente cinco mil sitios de monitoreo de diversos tipos: superficiales, subterráneos, de descargas y costeros; distribuidos a lo largo y a lo ancho del país. La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo con base en cuatro indicadores: la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST) y los coliformes fecales (CF). Los resultados de 2020 muestran que 10 % de los sitios monitoreados a nivel nacional tienen valores de DBO5 que indican contaminación del agua y 36 % de los sitios refleja cantidades de DBO que superan los límites aceptables. En cuanto a los SST y CF, 11 % y 63 % de los sitios indican contaminación, respectivamente.

El reúso del agua es una estrategia para mitigar la escasez y aliviar la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos al aprovechar al máximo el agua disponible al reducir la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas de consumo agrícola, humano e industrial. Además, el reúso genera beneficios económicos al aminorar los costos asociados con el tratamiento y el suministro de agua potable, así como los impactos ambientales del vertimiento de aguas residuales. De este modo, el reúso del agua contribuye con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de Naciones Unidas: garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Por último, pero no menos importante, debido al cambio climático se esperan patrones de precipitación más variables y eventos climáticos extremos; el reúso del agua ayuda a garantizar un suministro más confiable al reducir la dependencia de las fuentes de agua tradicionales.

Respecto del aspecto legal y normativo, México cuenta con la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento correspondiente, estos documentos rigen la gestión de los recursos hídricos a nivel nacional. De manera específica sobre el tema de reúso se han desarrollado las normas oficiales

6. CAPÍTULO MÉXICO



mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004-SEMARNAT-2002, las cuales buscan fomentar el tratamiento adecuado de las aguas residuales y su reutilización para usos no potables, así como garantizar la seguridad y la calidad del agua reutilizada. Más adelante, en este capítulo se describen con más detalles y se abordan otros documentos complementarios.

Hablando de los esfuerzos para el reúso de agua implementados desde el sector público, se puede resaltar que, durante el año 2019, se trataron 141,5 m³/s a través de las 2462 plantas en operación a lo largo del país, es decir el 65,7 % de los 215,3 m³/s fueron recolectados mediante los sistemas de alcantarillado. En el año 2020 el número de plantas incrementó a 2786, tratando 144,7 m³/s. Por parte del sector industrial se trataron 89,77 m³/s de aguas residuales en 3531, mientras que, en ese mismo año, el caudal tratado y el número de plantas disminuyeron a 71,67 m³/s y 3307, respectivamente.

En resumen, el reúso del agua es fundamental para garantizar la seguridad hídrica, promover la sostenibilidad, impulsar el desarrollo económico y cumplir con los compromisos internacionales en materia de gestión del agua en México.

6.2 Marco conceptual y marco normativo

6.2.1 Marco conceptual

La Ley de Aguas Nacionales -LAN- y la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente -LGEEPA- definen el concepto de reúso de la siguiente manera:

- **Reúso:** la explotación, el uso o el aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.

Adicionalmente, la norma NMX-AA-184-SCFI contiene las siguientes definiciones relacionadas con el reúso:

- **Agua de recirculación:** consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó.
- **Agua de reúso:** en esta situación el efluente de un proceso (con o sin tratamiento) se utiliza en otro proceso que requiere diferente calidad del agua.
- **Uso eficiente de agua:** es la reducción de volúmenes de agua, con independencia de la fuente de abastecimiento, para producir el mismo bien o servicio como resultado de acciones realizadas por el usuario.

A continuación, para complementar esta sección, se abordan algunos conceptos importantes relacionados con la gestión del agua en el país.

Regiones hidrológico-administrativas

México divide su territorio en trece organismos de cuenca cuyos ámbitos de competencia son las regiones hidrológico-administrativas -RHA-, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos.

6. CAPÍTULO MÉXICO



Los límites de las RHA respetan los municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica.

Tabla 10. Características de las RHA de México.

Nº	REGIÓN HIDROLÓGICO -ADMINISTRATIVA	SUPERFICIE CONTINENTAL (KM ²)	AGUA RENOVABLE 2020 (HM ³ /AÑO)	POBLACIÓN CENSO 2020 (MILLONES DE HAB.)	AGUA RENOVABLE PER CÁPITA 2020 (M ³ /HAB/AÑO)	APORTACIÓN AL PIB NACIONAL 2019 (%)	MUNICIPIOS Y/O ALCALDÍAS DE LA CDMX (NÚMERO)
I	Península de Baja California	154 279	4960	4.77	1041	5.56 %	12
II	Noroeste	196 326	8275	2.83	2920	3.29 %	78
III	Pacífico Norte	152 007	26 630	4.56	5846	2.96 %	51
IV	Balsas	116 439	23 446	12.24	1915	6.08 %	423
V	Pacífico Sur	82 775	31 310	5.17	6058	2.26 %	378
VI	Río Bravo	390 440	13 045	13.30	981	15.71 %	144
VII	Cuencas Centrales Del Norte	187 621	4667	4.76	981	4.44 %	78
VIII	Lerma-Santiago -Pacífico	192 722	35 247	25.65	1374	19.89 %	332
IX	Golfo Norte	127 064	28 695	5.20	5518	2.53 %	148
X	Golfo Centro	102 354	95 022	10.65	8920	6.55 %	432
XI	Frontera Sur	99 094	158 021	7.97	19819	3.71 %	143
XII	Península de Yucatán	139 897	28 878	5.11	5654	5.85 %	129
XIII	aguas del Valle de México	18 229	3444	23.85	145	22.19 %	121
TOTAL		1 959 248	461 640	126.01	3663	100.00 %	2469

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2021).

Clasificación de usos del agua

En el Registro Público de Derechos de Agua -REPDA- se registran los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales. El REPDA tiene clasificados los usos del agua en consuntivos y no consuntivos. En la siguiente Figura se explican ambos rubros, el tipo de fuente de donde se extraen y las RHA de la que provienen principalmente.

Figura 14. Resumen de usos del agua en México

USO DEL AGUA

15845 hm³

Mayor volúmen
Concesionado

VIII LERMA SANTIAGO PACÍFICO

1579 hm³

Menor volúmen
Concesionado
V PACÍFICO SUR



USOS DEL AGUA EN MÉXICO



Clasificación

CONSUNTIVOS

Diferencia entre volúmen extraído y el descargado al llevar a cabo una actividad.

NO CONSUNTIVOS

La actividad no modifica el volúmen.

FUENTES DE USO CONSUNTIVOS



SUPERFICIAL

61% de los usos consuntivos



SUBTERRÁNEA

39% de los usos consuntivos

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2019).

6. CAPÍTULO MÉXICO



6.2.2 Marco normativo

El marco normativo del agua en México está compuesto por una serie de leyes, reglamentos y disposiciones legales que regulan la gestión, el uso y la conservación de los recursos hídricos en el país. Algunas leyes, regulaciones y normas son:

Ley de Aguas Nacionales -LAN-: es la principal ley que rige la gestión de los recursos hídricos. La LAN establece los principios fundamentales de la administración del agua, incluyendo la consideración de su carácter de bien nacional y de dominio público. Además, define las bases para la planeación y la regulación de los recursos hídricos, la asignación de concesiones, los permisos de uso de agua y la protección de la calidad del agua. En los siguientes artículos se emplea el término de reúso de agua para diversas aplicaciones:

Tabla 11. Ley de Aguas Nacionales en México

Artículo 7

Se declara de utilidad pública:
VII. ...la recirculación y el reúso agua residuales.

Artículo 13 BIS 3

Los consejos de cuenca tendrán a su cargo:
XVII. ...impulsar el reúso y la recirculación de las aguas...

Artículo 14 BIS 5

Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:
XII. ...eficiencia y debe promoverse su reúso y recirculación...

Artículo 15

La formulación, implantación y evaluación de la planificación y programación hídrica comprenderá:
III. ...incluyendo su reúso...

Artículo 21

La solicitud de concesión deberá contener al menos:
VII. ...los procesos y medidas para el reúso del agua...

Artículo 23

El título de concesión que otorgue la autoridad del agua deberá expresar... los procesos y medidas para el reúso del agua...

Fuente: elaboración propia.

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales -RLAN-: proporciona normas y procedimientos específicos para la aplicación de la LAN. Define detalles sobre la obtención de concesiones y permisos (lo que incluye el reúso de aguas residuales tratadas), la infraestructura de agua, la medición y el uso eficiente del agua y otros aspectos relacionados con la gestión del recurso hídrico.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente -LGEEPA-: regula la protección del medio ambiente en México y contiene disposiciones relacionadas con la calidad del agua, la descarga de contaminantes y la prevención de la contaminación de cuerpos de agua. En aspectos relacionados con el reúso de agua establece:

6. CAPÍTULO MÉXICO



ARTÍCULO 89.- Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos serán considerados en:

VII.- Las previsiones contenidas en el programa director para el desarrollo urbano de la Ciudad de México respecto de la política de reúso de aguas.

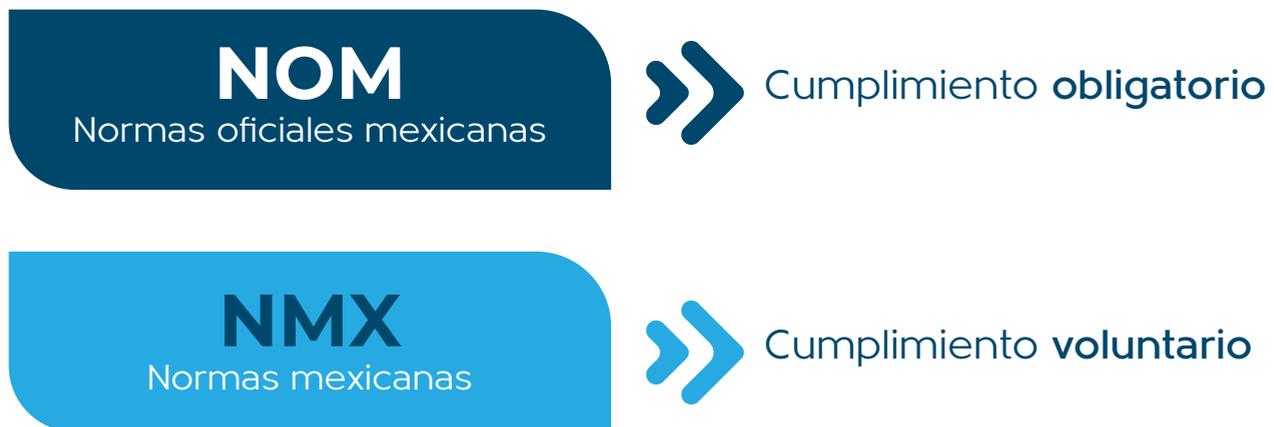
ARTÍCULO 92.- Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el ahorro y el uso eficiente del agua, el tratamiento de **aguas residuales y su reúso**.

Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre: regula la protección de los ecosistemas acuáticos que son fundamentales para la conservación de la vida silvestre en México y, por lo tanto, está relacionado con el reúso de agua en áreas naturales.

Ley General de Economía Circular: el Senado ha comunicado la intención de expedir la Ley General de Economía Circular que tendría por objeto reducir el impacto ambiental derivado de las actividades económicas, minimizando el desperdicio de materiales y disminuyendo el consumo de materias primas vírgenes a través de la reutilización, el reciclaje y el rediseño.

En cuanto al marco normativo en México, existen normas obligatorias y voluntarias que usan diferentes siglas identificadas como se muestra en la **Figura 15**.

Figura 15. Tipos de normas en México.



Fuente: elaboración propia.

Respecto del marco normativo relacionado al agua, se busca garantizar el acceso al agua potable, la protección de los ecosistemas acuáticos y la adaptación al cambio climático. A continuación, se enlistan las normas relacionadas con el reúso del agua.

Norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997: establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales tratadas a cuerpos receptores. Además, proporciona especificaciones técnicas para la reutilización de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas y forestales, así como para la recarga de acuíferos.

6. CAPÍTULO MÉXICO



a. Reúso en servicios al público con contacto directo.

b. Reúso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional.

c. Las características de las obras existentes para su extracción y aprovechamiento, así como las respectivas para su descarga, incluyendo tratamiento de las aguas residuales y los procesos y medidas para el reúso del agua, en su caso, y restauración del recurso hídrico; en adición, deberá presentarse el costo económico y ambiental de las obras proyectadas, esto último conforme con lo dispuesto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

d. El volumen de extracción y consumo autorizados se referirán explícitamente al uso o a los usos, caudales y volúmenes correspondientes, el punto de descarga de las aguas residuales con las condiciones de cantidad y calidad, la duración de la concesión o asignación y, como anexo, el proyecto aprobado de las obras a realizar o las características de las obras existentes para la extracción de las aguas y para su explotación, uso o aprovechamiento; además, de las respectivas para su descarga, incluyendo tratamiento de las aguas residuales y los procesos y las medidas para el reúso del agua, en su caso, y restauración del recurso hídrico.

Tabla 12. Límites máximos permisibles de contaminantes de acuerdo con la NOM-003-SEMARNAT-1997 en México

Límites máximos permisibles de contaminantes

Tipo de reúso	Promedio mensual				
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l
Servicios al público con contacto directo	240	>= 1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1000	<= 5	15	30	30

Fuente: elaboración propia.

6. CAPÍTULO MÉXICO



Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996: establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las descargas de aguas residuales tratadas al sistema de drenaje sanitario o cuerpos receptores. Esto es relevante para garantizar la calidad de las aguas residuales tratadas que se reutilizarán.

Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002: establece los criterios para el reúso de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas, forestales, uso público urbano y riego de áreas verdes. Define los parámetros de calidad del agua y los usos específicos permitidos.

NOM-014-CONAGUA-2003. Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada: define como reúso la explotación, el uso o el aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo; misma definición utilizada en LAN y LGEEPA.

NMX-AA-184-SCFI-2021. Metodología para determinar el volumen de uso eficiente de aguas nacionales y la huella hídrica azul directa: la norma establece la metodología para calcular el volumen ahorrado de aguas nacionales como resultado de la implementación de inversiones del usuario. Esta norma aplica a las personas físicas o morales de naturaleza pública o privada que al amparo de un título de concesión o asignación emitido por la Comisión Nacional del Agua explotan, usan o aprovechan las aguas nacionales, que realizaron inversiones que tuvieron como resultado -conforme a los criterios de esta metodología- elevar el uso eficiente de dicho recurso natural y que desean obtener dictamen favorable emitido por una unidad de verificación acreditada y aprobada para certificar el uso eficiente de aguas nacionales y, en su caso, adicionalmente, calcular la huella hídrica azul directa de los bienes o de los servicios que generan.

Es importante tener en cuenta que el reúso de agua en México cuenta con regulaciones en el ámbito nacional. Por lo tanto, es fundamental que los interesados en implementar proyectos de reúso de agua consulten las regulaciones locales y obtengan los permisos necesarios de las autoridades competentes.

6.2.2.1 Línea del tiempo normativa reúso y recirculación

Tabla 13. Normativa de reúso y recirculación

Artículo 29 BIS

...los asignatarios tendrán las siguientes obligaciones:
II. Descargar las aguas residuales previo tratamiento y procurar su reúso.

Artículo 29 BIS 4

La concesión de descarga podrá revocarse en los siguientes casos:
VII. No ejecutar las obras y trabajos autorizados para... el reúso...

Artículo 44

Los municipios y los estados podrán convenir con los organismos de cuenca el establecimiento de sistemas regionales de tratamiento de las descargas de aguas residuales y su reúso...

6. CAPÍTULO MÉXICO



Artículo 45

En el reúso de aguas residuales se deberán respetar los derechos de terceros que estén inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua.

Artículo 47 BIS

La autoridad del agua promoverá las acciones de reúso y restauración de las aguas residuales...

Artículo 84 BIS

"La Comisión", deberá promover la cultura del agua, para lo cual deberá:
I. Coordinarse con las autoridades educativas para incorporar en los programas de estudio los conceptos... reúso de las aguas residuales...

Fuente: elaboración propia.

En la historia de la política hídrica nacional se distinguen tres etapas: la primera, a principios del siglo XX, el enfoque se orientó a la oferta, por lo que se construyó un gran número de presas de almacenamiento, distritos de riego, acueductos y sistemas de abastecimiento de agua.

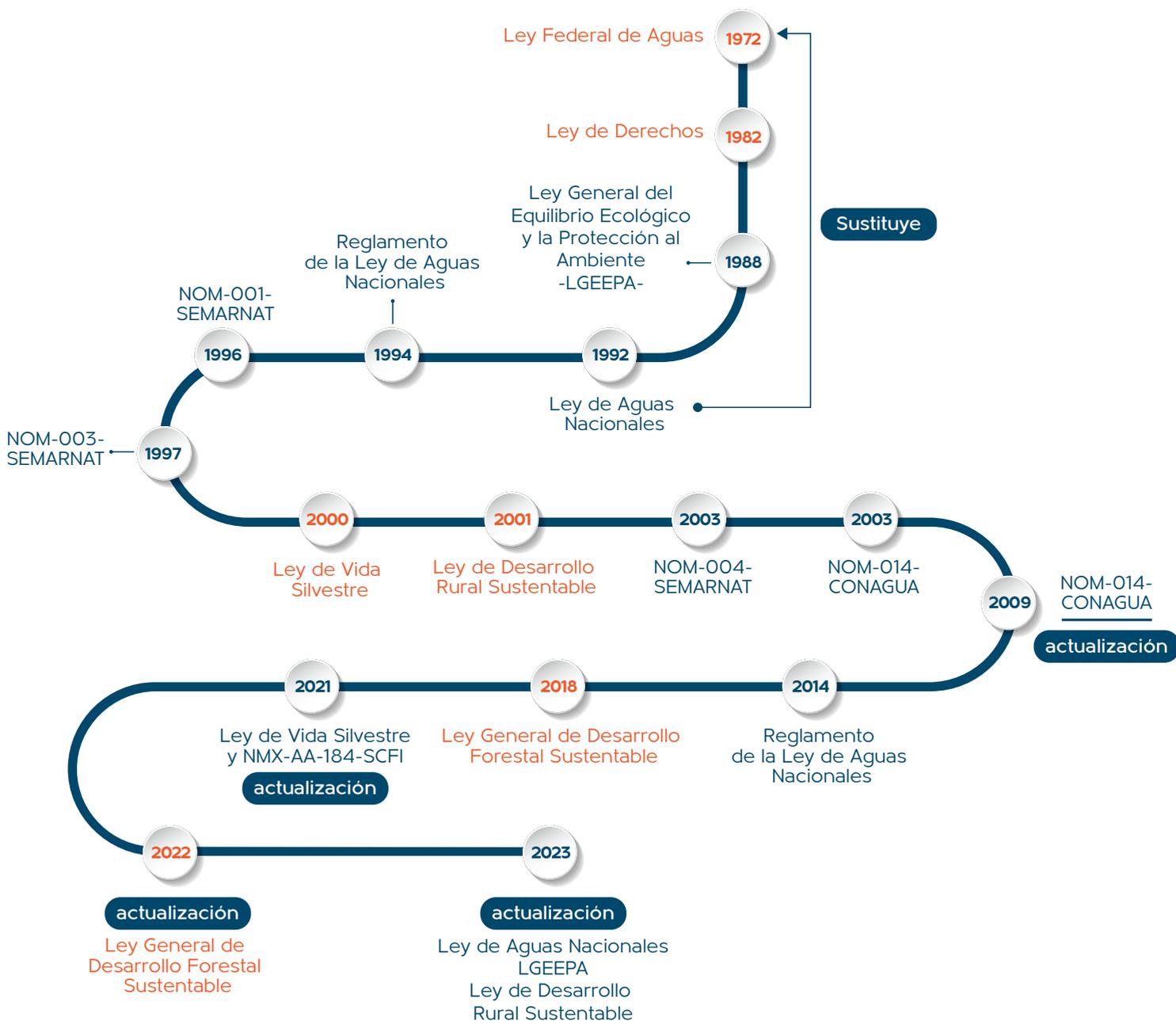
La segunda, a partir del decenio 1980 - 1990, la política se enfocó en la demanda y en la descentralización. La responsabilidad de proveer el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento se transfirió a los municipios y se creó la CONAGUA como una institución que concentró las tareas de administrar las aguas nacionales. Entre las acciones encaminadas a atender este objetivo se destaca la creación del Registro Público de Derechos de Agua -REPDA- como mecanismo para ordenar la explotación, el uso o el aprovechamiento del recurso.

La tercera, en los albores del siglo XXI, se distingue una nueva etapa enfocada a la sustentabilidad hídrica en la cual se incrementa significativamente el tratamiento de aguas residuales, se impulsa el reúso del agua y se hace énfasis en la administración de las aguas nacionales mediante la verificación de aprovechamientos, el ordenamiento de acuíferos y cuencas y la actualización de la metodología para el pago de derechos por uso o aprovechamiento de aguas nacionales

En la **Figura 16** se presenta una línea del tiempo de leyes, reglamentos y normas en México relacionadas con la gestión del recurso hídrico, incluyendo los años en los que se han actualizado. En la Figura se indica cuáles abordan el concepto de reúso, tal y como se menciona en la sección previa sobre el marco normativo.

6. CAPÍTULO MÉXICO

Figura 16. Línea del tiempo de leyes, reglamentos y normas relacionadas con el agua en México



● Aborda el concepto de reúso de agua ● Aborda la gestión del agua en general

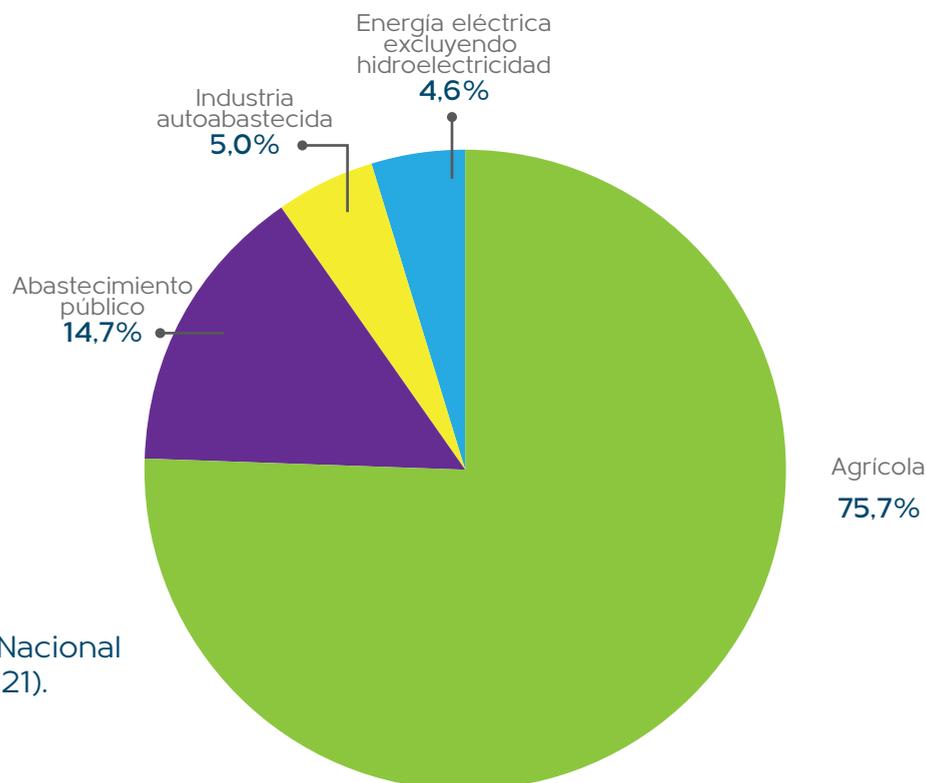
Fuente: elaboración propia.

6. CAPÍTULO MÉXICO

6.2.2.2 Sectores económicos reglamentados por la normatividad de reúso

Como se mencionó en la sección inicial sobre contexto, los sectores en México con mayor consumo de agua son el agrícola, abastecimiento público, industria y generación de electricidad. En la Figura 16 se observa el porcentaje de consumo de cada uno de estos sectores.

Figura 17. Usos consuntivos agrupados por sector económico en México



Fuente: Comisión Nacional del Agua (2021).

Debido a la relevancia de estos cuatro sectores se hace una revisión breve de la reglamentación sobre el uso del agua en general, ya que no existen leyes o normas específicas sobre el reúso de agua relacionadas.

6. CAPÍTULO MÉXICO



6.2.2.2.1 Sector agrícola

Existen normas y programas respecto del uso de agua en el sector agrícola, pero no especifican de forma clara la reglamentación referente al reúso o a la recirculación:

- **Norma oficial mexicana NOM-127-SEMARNAT-1994:** establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que podrían ser utilizadas en el riego agrícola.
- **Programas de uso eficiente del agua en agricultura:** a nivel estatal pueden existir iniciativas y regulaciones específicas para promover el uso eficiente del agua en el sector.
- **Comisiones de aguas estatales:** cada Estado mexicano puede tener comisiones de aguas encargadas de administrar y de regular el uso del agua a nivel local, incluyendo su aplicación en actividades agrícolas.
- **Lineamientos de organismos de cuenca:** autoridades de las distintas cuencas hidrográficas en México pueden emitir normas y lineamientos específicos para el manejo del agua adaptados a las condiciones locales.

6.2.2.2.2 Abastecimiento público

La reglamentación para el uso de agua en el abastecimiento público en México se rige por diversas leyes y normativas. A continuación, se mencionan algunas de las principales disposiciones:

- **Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994:** establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a los que deben someterse las aguas para consumo humano, incluyendo el agua destinada al abastecimiento público.
- **Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996:** establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores lo que contribuye a la protección de las fuentes de agua destinadas al abastecimiento público.
- **Programas de ordenamiento ecológico territorial -POET-:** pueden contener disposiciones específicas para la protección de las fuentes de agua utilizadas en el abastecimiento público, considerando aspectos ambientales y de sostenibilidad.
- **Regulación estatal y local:** además de las regulaciones federales, cada Estado en México puede tener sus propias normativas y regulaciones específicas relacionadas con el abastecimiento público de agua. Estas pueden abordar cuestiones como la planificación, la distribución y el tratamiento del agua.
- **Comisiones de agua estatales:** tienen un papel importante en la regulación y en la gestión del agua. Estas entidades suelen estar encargadas de otorgar concesiones, supervisar la calidad del agua y promover el uso eficiente del recurso.

6. CAPÍTULO MÉXICO



6.2.2.2.3 Generación eléctrica

La reglamentación para el uso de agua en el sector de generación de energía eléctrica en México está sujeta a diversas leyes y normativas y puede variar dependiendo del tipo de tecnología de generación de energía.

- **Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996:** establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores y puede aplicarse a las plantas de generación de energía eléctrica que descargan aguas residuales.
- **Norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997:** establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas que se utilicen en el enfriamiento de equipos en instalaciones de generación de energía eléctrica.
- **Norma oficial mexicana NOM-002-CNA-1996:** establece los criterios técnicos para el muestreo y el análisis de aguas destinadas al abastecimiento de calderas y sistemas de generación de vapor.
- **Programas de uso eficiente del agua:** pueden influir en las prácticas de gestión del agua en el sector.

6.2.2.2.4 Industria autoabastecida

La regulación del uso de agua para la industria autoabastecida en México se basa en diversas leyes y normativas:

- **Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996:** establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales que podrían derivarse de las operaciones industriales. Las industrias autoabastecidas también pueden estar sujetas a regulaciones sobre la calidad del agua que devuelven al medio ambiente.
- **Normas específicas para sectores industriales:** dependiendo del tipo de industria puede haber normas específicas que regulen el uso del agua. Por ejemplo, ciertos sectores industriales pueden estar sujetos a regulaciones más detalladas en áreas como el tratamiento de aguas residuales o el manejo de sustancias químicas.
- **Condiciones de autorización específicas:** las industrias autoabastecidas pueden requerir autorizaciones específicas por parte de la Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- u otras autoridades competentes. Estas autorizaciones pueden incluir condiciones particulares para el uso del agua.

6.2.2.3 Papel de las autoridades ambientales

La Comisión Nacional del Agua -CONAGUA- es la entidad responsable de administrar los recursos hídricos en el país. La CONAGUA, como órgano administrativo, normativo, técnico, de monitoreo y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus funciones a través de trece organismos de cuenca cuyo ámbito de competencia son las regiones hidrológico - administrativas -RHA-, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos.

6. CAPÍTULO MÉXICO



En México, una serie de principios y elementos guían la gestión, la regulación y el uso de los recursos hídricos. A continuación, algunos de estos aspectos:

- **Derecho humano al agua:** la Constitución mexicana reconoce el acceso al agua como un derecho humano. Esto significa que el Gobierno mexicano está obligado a garantizar que todos los ciudadanos tengan acceso a agua potable y a saneamiento básico.
- **Planificación y gestión integral:** implica la consideración de los aspectos ecológicos, económicos, sociales y culturales en la toma de decisiones relacionadas con el agua.
- **Participación ciudadana:** la participación de la sociedad civil y de las comunidades en la gestión del agua es un principio fundamental. Esto se logra mediante la creación de consejos de cuenca y la consulta a las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con el agua.
- **Tarifas y financiamiento:** el marco conceptual reconoce la importancia de establecer tarifas por el uso del agua para financiar la infraestructura y los servicios relacionados con el agua, al tiempo que se buscan mecanismos para garantizar que las tarifas sean justas y asequibles.
- **Propiedad pública:** en México el agua se considera un bien de dominio público, lo que significa que es propiedad del Estado y, por lo tanto, su uso y gestión están regulados por el Gobierno.

6.3 Enfoques técnicos para el reúso del agua en México

El reúso y la recirculación de agua en México pueden implementarse a través de diversos enfoques técnicos que buscan optimizar el uso de los recursos hídricos y reducir la demanda sobre las fuentes de agua dulce. Aquí se presentan algunos relevantes:

Tratamiento avanzado de aguas residuales

- Implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento para mejorar la calidad del agua tratada lo que permite su reúso en aplicaciones específicas como la agricultura o la industria.
- Uso de procesos como la ósmosis inversa, la desinfección ultravioleta y la oxidación avanzada para eliminar contaminantes persistentes.

Sistemas de tratamiento descentralizado

Desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales a escala local que reducen la necesidad de infraestructuras centralizadas y facilitan el reúso en comunidades y sectores específicos.

Sistemas de riego eficientes

- Implementación de sistemas de riego más eficientes como la irrigación por goteo o la aspersión para maximizar la utilización del agua en la agricultura y reducir las pérdidas por evaporación.

6. CAPÍTULO MÉXICO



- Captación y almacenamiento de agua de lluvia.

Sistema de recolección

Uso de sistemas de recolección de agua de lluvia para almacenar el recurso durante la temporada de lluvias y utilizarla en momentos de escasez, especialmente en áreas urbanas.

Reúso en la industria

Aplicación de tecnologías de tratamiento específicas para las necesidades industriales que permitan el reúso de agua en procesos productivos y reduzcan la descarga de aguas residuales.

Recirculación en acuicultura

Implementación de sistemas cerrados y tecnologías de recirculación en la acuicultura para disminuir la cantidad de agua necesaria y minimizar los vertidos para contribuir con la sostenibilidad de la producción acuícola.

Monitoreo y gestión inteligente del agua

Utilización de tecnologías de monitoreo en tiempo real para evaluar la calidad del agua y gestionar su distribución de manera eficiente para lograr una respuesta rápida a cambios en la demanda o en la calidad del recurso.

Reúso directo en la agricultura

Aplicación directa de aguas tratadas en la irrigación agrícola con medidas de seguridad para garantizar que los contaminantes no representen riesgos para la salud pública ni afecten la calidad de los cultivos.

Estrategias de gestión

- Desarrollo de estrategias de gestión de cuencas que promuevan la conservación del agua, la restauración de ecosistemas acuáticos y la minimización de la contaminación.
- La aplicación exitosa de estos enfoques técnicos requiere una combinación de inversiones en tecnología, investigación, desarrollo de capacidades y marcos regulatorios que respalden la implementación sostenible del reúso y de la recirculación del agua en México.

6. CAPÍTULO MÉXICO



6.4 Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en México

Tabla 14. Desafíos y oportunidades para el reúso de agua en México

Desafíos	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none">• Infraestructura insuficiente: la falta de infraestructura adecuada para la recolección, el tratamiento y la distribución de aguas residuales dificulta el aprovechamiento óptimo del agua tratada para usos secundarios.• Normativas y regulaciones: la falta de claridad de normas y regulaciones específicas para el reúso de agua puede generar incertidumbre y obstáculos legales para su implementación.• Conciencia y aceptación social: poca información disponible sobre evidencias y aspectos de seguridad y eficacia del reúso de agua pueden generar resistencia en la población y limitar su aplicación.• Inversión y financiamiento: la inversión inicial requerida para establecer sistemas de reúso de agua puede ser elevada y la disponibilidad de financiamiento es un desafío.• Gestión ineficiente del agua: la gestión ineficiente de los recursos hídricos y la sobreexplotación de fuentes de agua pueden limitar la cantidad de agua disponible para el reúso.	<ul style="list-style-type: none">• Seguridad hídrica: el reúso de agua puede contribuir significativamente a la seguridad hídrica al reducir la presión sobre fuentes de agua dulce y mitigar la escasez de agua.• Agricultura: el reúso en la agricultura puede mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir la presión sobre los recursos hídricos y contribuir con la sostenibilidad.• Industria y empresas: las empresas pueden beneficiarse del reúso de agua al reducir costos operativos, cumplir con regulaciones ambientales y mejorar su imagen.• Desarrollo tecnológico: la implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales puede hacer que el reúso sea más seguro y eficiente.• Educación y concienciación: información clara sobre casos de aplicación, abordando las preocupaciones de la población, puede aumentar la aceptación social del reúso.• Políticas y regulaciones: el establecimiento de normas claras e incentivos puede motivar la inversión y la adopción de prácticas de reúso de agua.• Colaboración público - privada: la implementación de proyectos de reúso de agua colectivos permite aunar recursos y conocimientos.

Fuente: elaboración propia.

En resumen, el reúso de agua en México presenta desafíos y oportunidades que requieren esfuerzos coordinados en los niveles gubernamental, empresarial y comunitario. Es una alternativa clara para abordar la escasez de agua, promover la sostenibilidad y mejorar la gestión integral de los recursos hídricos.

6.5 CASOS DE APLICACIÓN

Esta sección presenta casos de aplicación relacionados con la reutilización de agua en empresas mexicanas de diferentes sectores económicos.

A pesar de los desafíos mencionados anteriormente, las siguientes compañías implementan con éxito prácticas de recirculación y reúso de agua en el sector industrial con el fin de promover una gestión eficiente de los recursos hídricos.



Empresa / implementador
Ternium México S. A. de C. V.



Ubicación:
San Nicolás de los Garza,
Nuevo León, México

Industrias básicas de hierro y acero.

Empresa líder en la industria del acero en México cuyas actividades abarcan desde la extracción de mineral de hierro, en minas propias, hasta la fabricación de acero y la elaboración de productos de alto valor agregado para los mercados más exigentes, concluyendo con la distribución.

Tratamiento de agua que proviene del drenaje de las municipalidades o compra de agua negra tratada



Detalles de la buena práctica

De acuerdo con la calidad de agua de entrada y tipo de uso, se aplican diversas tecnologías: tratamientos físico-químicos, biológicos y ósmosis inversa.



Beneficios obtenidos

- Aporte de soluciones reales dentro de un área que está clasificada con estrés hídrico.
- Buena imagen ante las partes interesadas de la empresa, incluyendo a la comunidad cercana.



Resultados e impactos generados

Ambientales:

- Disminución de la extracción de agua de pozos.
- Disminución en el vertido de efluentes.
- Reducción de consumo de energía eléctrica por extracción que disminuye las emisiones de GEI.

Económicos:

- Reducción en el costo por el uso interno de agua reciclada.

Sociales:

- Se tuvo la posibilidad de apoyar a la comunidad de Nuevo Leon durante la crisis del agua del año 2022.
- Disminución de la extracción de agua que permite que otros usuarios tengan acceso al recurso hídrico.

Al iniciar un proyecto se debe considerar, desde el diseño, las características necesarias para reusar y reciclar agua.

La implementación de estas tecnologías se logró gracias al desarrollo de nuevas habilidades con los proveedores existentes, quienes ya tenían amplio conocimiento del proceso de la empresa.

Actualización ficha: Enero 2024



Empresa implementadora
Ternium México S. A. de C. V.



Planta Churubusco



Recomendaciones y limitaciones

• Como país, es necesario entender que los organismos operadores deben facilitar el uso de agua negra para tratamiento.

• Si el agua tratada se vende a un precio menor que el agua extraída de pozos, se impulsaría el uso de este tipo de recurso en las MiPymes, llevando así a implementar la ecoeficiencia en los procesos (menos costo, menos impacto ambiental).



Empresa / implementador
BIOPAPEL S. A.



Ubicación:
Ciudad de México

Empresa líder en la producción de papel y de empaques de papel en México y Latinoamérica y una de las diez de Norteamérica, siendo una compañía internacional con una eficiente red de producción y distribución en México, Estados Unidos y Canadá. Gracias a su red de producción y distribución se consolida como una empresa T-MEC. Su compromiso con la sustentabilidad y los recursos naturales llevo a Bio Pappel a implementar este proyecto.

Reducción de vertimientos (cero descargas)



Detalles de la buena práctica

- Instalación de equipo de clarificación y de sedimentación.
- Implementación de sistema de evaporación - condensación.
- Adquisición de prensa tornillo para manejo de lodos.
- Construcción de lagunas de sedimentación y de sistema de recolección de agua de lluvia.



Beneficios obtenidos

- Impulsar prácticas sostenibles y continuar con el desarrollo de proyectos que promueven el uso responsable de recursos es un compromiso que la empresa no se toma a la ligera, al lograr la reducción de demanda de agua de 10 m³ a 3,5 m³ por tonelada producida.
- Asimismo, se obtuvo el galardón «“Water Efficiency Award»”, que otorga *Pulp and Paper International*.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

- Se requería una demanda de agua 10 m³ para producir una tonelada de papel.
- La ubicación de la planta se caracteriza por la escasez de agua.



Recomendaciones y limitaciones

- La calidad del agua se debe medir y realizar un seguimiento diario.
- Mantener en operación el Sistema de Gestión Integral (ISO 9011:2015, ISO 14001:2018, ISO 45001:2018)

Actualización ficha: Enero 2024



Empresa implementadora
BIOPAPEL S. A.



Costo de inversión y operación

- 9,3 millones de dólares



Empresa / implementador
CEMEX



Ubicación:
México

Industria de la construcción y de materiales de construcción.

Empresa que crea valor sostenido al proveer productos y soluciones líderes en la industria para satisfacer las necesidades de construcción. Consolidada como la compañía de materiales para la construcción más eficiente e innovadora del mundo.

Reutilización de aguas



Detalles de la buena práctica

Reutilización de aguas de tratamiento municipal o privado. Aguas de segundo uso o de rechazo de la industria alimenticia y otras. Captación de agua de lluvia, reciclaje de agua de lavado propia en plantas de concreto. El agua se utiliza tanto para la fabricación del concreto como para los servicios asociados en planta como lavado de equipos móviles y riego de vialidades y almacenes de agregado para contener polvos fugitivos.



Beneficios obtenidos

Equivale al agua que consumen los 18 000 empleados de CEMEX México en cuatro años o al agua necesaria para llenar 350 albercas olímpicas o al agua requerida para satisfacer 2.5 días a los nueve millones de habitantes de la Ciudad de México.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

- Altos costos de transporte y de calidad del agua.
- Apertura y negociación con productoras de agua de rechazo.
- Disponibilidad de agua alterna en diferentes geografías.
- Romper el paradigma e inercia de solo usar agua potable.
- Habilitar instalaciones hidráulicas para separar los tipos de agua a usar.

Aprendizajes:

- Esquema ganar - ganar entre empresas de diferentes industrias.
- Proceso de validación de la calidad del agua para usarse en concreto.
- Habilitación de pipas propias.
- Hay industrias que no requieren forzosamente agua potable.
- Es posible darle varias vidas al agua.



Recomendaciones y limitaciones

- Calidad específica para producir concreto; no sólo basta con que sea agua tratada. Instalaciones adecuadas tanto para dar como para recibir el agua.
- Hacer un mapeo general para ver las diferentes calidades de agua que requieren las diferentes industrias y poder identificar el potencial de reemplazo de agua potable.

Actualización ficha: Enero 2024



Empresa implementadora
CEMEX



Costo de inversión y operación

- **Costos de inversión:** \$650 000 MXN (habilitación de pipa para transporte de agua tratada).
- **Costos de funcionamiento:** \$50 000 MXN (separación de agua potable para baños y comedores).
- **Costo de operación:** \$50 000 MXN (costo de diésel, mantenimiento y operador).



Resultados e impactos generados

- Desde el 2015 hasta enero de 2024 se han reutilizado **2.767.000 m³** de agua no potable en las plantas de concreto.
- Actualmente, alrededor del **50 %** de estas que operan en el país consumen agua alterna.



Empresa / implementador
NEOLPHARMA S. A. de C. V.



Ubicación:
Azcapotzalco, Ciudad de México.

Grupo de empresas mexicanas, comprometidas con la salud y en búsqueda de desarrollo global, dedicadas a la producción, desarrollo, investigación, comercialización y distribución de productos farmacéuticos de alta calidad.

Reúso del agua



Detalles de la buena práctica

La infraestructura consta de un sistema de bombeo y de tubería desde la cisterna de agua tratada hasta las inmediaciones del deportivo Ceylán donde se cuenta con una garza; el agua donada cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997. El sistema conduce, en promedio, 30 m³ diarios de agua tratada y es recolectada por medio de pipas de la Alcaldía de Azcapotzalco para desazolve, riego de jardines, camellones y áreas verdes urbanas en dicha dependencia, consiguiendo que en Neolpharma haya un aprovechamiento de reúso para éste, evitando que se descargue en su totalidad al sistema de drenaje y de alcantarillado.



Beneficios obtenidos

- Generación de alianzas entre Neolpharma y el gobierno local para programas ambientales en beneficio de los más de 400,000 habitantes de Azcapotzalco.
- Desde el inicio del convenio la Alcaldía se ha ahorrado alrededor de \$1,250,000 MXN por compra de pipas de agua tratada para riego, recurso que se puede invertir en otros programas sociales.
- Contribuye a los objetivos 6 y 11 de la Agenda 2030: agua limpia y saneamiento, y ciudades y comunidades sostenibles.
- Mejor reputación de la organización con el gobierno local y la comunidad.



Aprendizajes de implementación

Barreras superadas:

Acuerdo con las autoridades de la Alcaldía de Azcapotzalco para aprovechar el agua residual tratada.

Aprendizajes:

- Es una relación de mutuo beneficio el tratamiento y la reutilización de aguas entre el sector privado y el gobierno local.
- Con pequeñas inversiones se pueden tener impactos ambientales y sociales positivos.



Recomendaciones y limitaciones

- Facilitar con las autoridades los trámites para incorporar este sistema en otras localidades.



Empresa implementadora
NEOLPHARMA S. A. de C. V.



Costo de inversión y operación

- **Costos de inversión:** \$240,676.04 por parte de la empresa; la mano de obra se obtuvo con el apoyo de la Alcaldía de Azcapotzalco.
- **Costos de operación:** La integración de esta infraestructura al sistema de tratamiento actual de Neolpharma considera consumo eléctrico adicional por una bomba para el traslado del agua tratada hacia el vehículo recolector.
- **Costos no monetarios:** Seguimiento constante durante los dos turnos de operación por parte de operadores y supervisores.



Empresa / implementador
NEOLPHARMA S. A. de C. V.



Ubicación:
Ciudad de México

Grupo de empresas mexicanas, comprometidas con la salud y en búsqueda de desarrollo global, dedicadas a la producción, desarrollo, investigación, comercialización y distribución de productos farmacéuticos de alta calidad.

Reúso del agua



Resultados e impactos generados

- Cumplimiento de la NOM-003-SEMARNAT-1997: límites de aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- Darle un segundo uso a parte del agua tratada de Neolpharma S. A. de C. V.
- De agosto 2021 a noviembre 2023 se donaron más de 8,300 m³, lo equivalente a regar 234 veces la cancha del estadio Azteca.
- Evitar el uso de más de 8,300 m³ de agua potable para riego de áreas urbanas en la Alcaldía de Azcapotzalco, una zona de alto estrés hídrico.

Actualización ficha: Enero 2024

6.6 Recomendaciones y conclusiones caso mexicano

El agua es considerada en México como un elemento estratégico y de seguridad nacional. De la disponibilidad del agua, su adecuado manejo y aprovechamiento dependen el bienestar social, el desarrollo económico y la competitividad de las diversas actividades económicas del país, así como la conservación de los ecosistemas.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, en la región centro norte del país se concentra el 83 % del producto interno bruto -PIB-, en donde se ubica el 77 % de la población y se dispone del 33 % del agua renovable; por otro lado, en la región sur - sureste del país se concentra el 17 % del PIB y el 23 % de la población total, en donde el 67 % del agua renovable se localiza. Se evidencian los contrastes en cuanto a disponibilidad de agua, la actividad humana y su desarrollo. De allí, la necesidad de reforzar estrategias que coadyuven en la administración y en la asignación eficiente del agua, así como incentivar a los usuarios a realizar un uso eficiente. La articulación de las competencias y las responsabilidades de los diferentes sectores de la sociedad y de prácticas y lecciones compartidas para potenciar la recirculación y el reúso de agua servirán de apoyo para el crecimiento económico y la sustentabilidad ambiental.

La Gestión Corporativa del Agua presenta oportunidades para impulsar las iniciativas empresariales y ampliar su alcance. Dentro del aspecto normativo en el contexto mexicano, si bien se cuenta con leyes como la Ley de Aguas Nacionales -LAN- y la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente -LGEEPA-, así como con normas oficiales mexicanas que definen y abordan el concepto de reúso, es necesario actualizar y desarrollar instrumentos que respondan a los retos actuales que potencien la economía circular.

Existe la necesidad de trabajar en leyes, reglamentos y normas que proporcionen un marco más específico en torno al reúso para los diferentes sectores, sobre todo los que se han identificado con el mayor consumo (agrícola, abastecimiento público, industria y generación de electricidad); esto acompañado de la puesta en práctica y el desarrollo de tecnologías que se pueden implementar para disminuir consumo, mejorar el tratamiento y favorecer el reúso seguro.

Lo anterior, requiere un trabajo en conjunto entre los sectores público y privado que implica desde la generación de capacidades para un mejor entendimiento de la Gestión Corporativa del Agua hasta la inversión en infraestructura y acceso tecnológico que permita obtener los beneficios de un uso circular de los recursos hídricos



7. CAPÍTULO PERÚ

Herbert Pacheco de la Jara
SABAVIDA

Katherine Lisette Valderrama Caviedes
Care Perú

Patricia Valdez Castro
Yeny Rodríguez Cisneros
Consultores independientes

Agradecimientos

Alejandro Hermoza Maravi
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.

Angel Espinar Alvarez
Minera Coimolache S.A

Eduardo Sánchez Verdejo
Unión Andina de Cementos S.A.A -
UNACEM

Susana Xiomara Zárate Ruiz
Textil el Amazonas S. A. BIC

7. CAPÍTULO PERÚ



7.1 Contexto país

El agua es un recurso fundamental para todas las actividades y para la vida. A pesar de su abundancia a nivel planetario, solo el 2,5 % es dulce. El Perú cuenta con el 1,89 % de la disponibilidad de agua dulce del mundo; no obstante, su distribución es desigual: la vertiente del Pacífico, donde reside el 66 % de la población, solo tiene una disponibilidad del 2,2 %; la vertiente del Atlántico, que alberga al 31 % de la población, tiene una disponibilidad de 97,3 %; mientras que la vertiente del Titicaca dispone de 0,6 % del agua para el 3 % de la población (ANA, s.f.).

Malin Falkenmark estableció el indicador de disponibilidad hídrica como el nivel mínimo aproximado de agua requerida por habitante para mantener una adecuada calidad de vida en un país de zona árida moderadamente desarrollado; si se superan los 2000 m³/hab/año, entonces se está sobre el umbral de desarrollo, si se tiene un nivel entre 1700 a 2000 m³/hab/año existe estrés hídrico intermedio, si el nivel varía entre 1000 a 1700 m³/hab/año la situación es de estrés hídrico y si el nivel es menor de 1000 m³/hab/año existe escasez hídrica (ANA, 2011). De 180 países el Perú ocupa el puesto 17 en disponibilidad de agua per cápita con una media nacional de 64 000 m³/hab/año. No obstante, mientras en la cuenca del río Amazonas se tiene un nivel que triplica la media nacional la situación es distinta en las cuencas de la vertiente del Pacífico donde la media es de 1800 m³/hab/año, incluso en las cuencas Chillón - Rímac -Lurín el valor es de 125 m³/hab/año, encontrándose en situación de nivel de escasez hídrica (ANA, 2018).

Esta condición, aunada con el crecimiento de la población, la migración hacia las ciudades, el desarrollo urbano, el uso indebido de los recursos hídricos durante años por parte de las industrias, las prácticas agrícolas ineficientes y el cambio climático, exacerba los problemas de escasez de agua, siendo las cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico las más afectadas. Circunstancias que evidencian la necesidad de fomentar el reúso y la circulación de las aguas residuales, pero a gran escala, como una medida para afrontar la falta de agua y disminuir la presión en la explotación de los recursos hídricos.

7.2 Marco conceptual y normativo

7.2.1 Marco conceptual

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren de un tratamiento previo antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, s. f.).

La regulación peruana define el reúso de las aguas residuales como la utilización de aguas residuales tratadas resultantes de las actividades antropogénicas (artículo 147 del Decreto Supremo n. ° 001-2010-AG). La recirculación, como tal, no está conceptualizada en la legislación peruana. En Colombia, en el 2021, se incluyó en su marco normativo el concepto de la recirculación a través de la Resolución 1256 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la que se señala el uso de las aguas residuales en operaciones y procesos unitarios dentro de la misma actividad económica que las genera y por parte del mismo usuario generador, sin que exista contacto con el suelo al momento de su uso, salvo cuando se trate de suelo de soporte de infraestructura. Por lo tanto, la recirculación se entiende como el reúso del agua en el mismo proceso en que fue utilizada inicialmente.

7. CAPÍTULO PERÚ



Las aguas residuales se clasifican en domésticas, industriales y municipales. Las aguas residuales domésticas son aquellas de origen residencial, comercial o institucional que contienen desechos fisiológicos y que provienen de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal). Las aguas residuales industriales son aquellas originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose las actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras. Las aguas residuales municipales son aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con las de origen industrial siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado (Resolución Jefatural n. ° 224-2023-ANA).

Las aguas residuales domésticas y municipales son conducidas al sistema de alcantarillado hacia las plantas de tratamiento donde son depuradas y luego vertidas en cuerpos de agua (para ello deben cumplir con los límites máximos permisibles) o comercializadas. Respecto de las aguas residuales industriales, si la industria está conectada a la red pública de alcantarillado y además su efluente cumple con los valores máximos admisibles, entonces se pueden verter a la red siguiendo el flujo de las aguas residuales municipales; en caso contrario, sus efluentes son dispuestos en rellenos sanitarios o de seguridad, son vertidos en cuerpos de agua siendo necesario que el efluente cumpla con los límites máximos permisibles según el sector que corresponda o son reutilizados en otras actividades. Cabe indicar que el destino de los efluentes, así como las características que deben cumplir ya sea para su vertimiento o reúso, para los proyectos bajo el marco del Sistema de evaluación e impacto ambiental, son evaluados y aprobados por las autoridades ambientales. Son también las autoridades quienes deben vigilar que, en casos de vertimientos, no se afecte la calidad de los cuerpos que los reciben y con ese propósito deben realizar monitoreos de los estándares de calidad ambiental del agua.

Los valores máximos admisibles -VMA- indican la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos o químicos que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado que, al ser excedido, causa daño a la infraestructura sanitaria del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales (Decreto Supremo n. ° 010-2019-VIVIENDA). El límite máximo permisible -LMP- es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente que, al ser excedida, causa o puede generar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Por otro lado, el estándar de calidad ambiental -ECA- es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente (Ley n. ° 28611).

El Perú cuenta con el límite máximo permisible -LMP- para efluentes provenientes de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, efluentes de actividades industriales de cemento, cerveza y papel; efluentes del sector hidrocarburos, efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, efluentes de actividades minero-metalúrgicas, efluentes de establecimientos pesqueros de consumo humano directo e indirecto y efluentes de actividades de curtido, adobo de cuero y de adobo y teñido de pieles. De igual forma, se tienen unos estándares de calidad ambiental -ECA- que define los parámetros para cuatro categorías de agua: poblacional y recreacional; extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; riego de vegetales y bebida de animales, y conservación del ambiente acuático.

7. CAPÍTULO PERÚ



Las aguas residuales se clasifican en domésticas, industriales y municipales. Las aguas residuales domésticas son aquellas de origen residencial, comercial o institucional que contienen desechos fisiológicos y que provienen de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal). Las aguas residuales industriales son aquellas originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose las actividades mineras, agrícolas, energéticas, agroindustriales, entre otras. Las aguas residuales municipales son aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con las de origen industrial siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado (Resolución Jefatural n. ° 224-2023-ANA).

Las aguas residuales domésticas y municipales son conducidas al sistema de alcantarillado hacia las plantas de tratamiento donde son depuradas y luego vertidas en cuerpos de agua (para ello deben cumplir con los límites máximos permisibles) o comercializadas. Respecto de las aguas residuales industriales, si la industria está conectada a la red pública de alcantarillado y además su efluente cumple con los valores máximos admisibles, entonces se pueden verter a la red siguiendo el flujo de las aguas residuales municipales; en caso contrario, sus efluentes son dispuestos en rellenos sanitarios o de seguridad, son vertidos en cuerpos de agua siendo necesario que el efluente cumpla con los límites máximos permisibles según el sector que corresponda o son reutilizados en otras actividades. Cabe indicar que el destino de los efluentes, así como las características que deben cumplir ya sea para su vertimiento o reúso, para los proyectos bajo el marco del Sistema de evaluación e impacto ambiental, son evaluados y aprobados por las autoridades ambientales. Son también las autoridades quienes deben vigilar que, en casos de vertimientos, no se afecte la calidad de los cuerpos que los reciben y con ese propósito deben realizar monitoreos de los estándares de calidad ambiental del agua.

Los valores máximos admisibles -VMA- indican la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos o químicos que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado que, al ser excedido, causa daño a la infraestructura sanitaria del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales (Decreto Supremo n. ° 010-2019-VIVIENDA). El límite máximo permisible -LMP- es la medida de la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente que, al ser excedida, causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Por otro lado, el estándar de calidad ambiental -ECA- es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente (Ley n. ° 28611).

El Perú cuenta con el límite máximo permisible -LMP- para efluentes provenientes de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, efluentes de actividades industriales de cemento, cerveza y papel; efluentes del sector hidrocarburos, efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, efluentes de actividades minero-metalúrgicas, efluentes de establecimientos pesqueros de consumo humano directo e indirecto y efluentes de actividades de curtido, adobo de cuero y de adobo y teñido de pieles. De igual forma, se tienen unos estándares de calidad ambiental -ECA- que define los parámetros para cuatro categorías de agua: poblacional y recreacional; extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales; riego de vegetales y bebida de animales, y conservación del ambiente acuático.

7. CAPÍTULO PERÚ



En 2020, se estimó una producción de 1214,95 millones de m³ de aguas residuales (municipales y domésticas) que llegaron al sistema de alcantarillado; pero solo se trataron el 78 %; se vertieron 267,29 millones de m³ a algún cuerpo de agua sin tratamiento previo (SUNAS, 2022). Aunque las aguas reciben tratamiento o uno primario, esto no significa que cumplan con los parámetros de calidad para el vertimiento en cuerpos de agua. Con relación a las aguas residuales industriales el **Instituto Nacional de Estadística e Informática** (2022) señaló que, en el año 2020, se vertió de forma autorizada 569,78 millones de m³. De estos, la mayoría provinieron del sector saneamiento (67,95 %) y la minería (21,76 %). Para el año 2021 esta cantidad aumentó a 681,27 millones de m³, manteniéndose la preponderante participación de los sectores saneamiento (71,72 %) y minería (26,09 %).

Sobre la calidad de las aguas residuales para fines de reúso la legislación actual señala que las solicitudes de autorización son evaluadas considerando los valores que establece el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías de la Organización Mundial de la Salud -OMS- (Decreto Supremo n. ° 001-2010-AG). Es decir, se deduce que las aguas residuales que son reusadas de forma autorizada cumplen con los parámetros que correspondan. Cabe indicar que hasta el momento ningún sector ha definido parámetros de calidad, por ello se utilizan las guías de la OMS. Adicionalmente, la legislación faculta a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento a comercializar el agua residual tratada y sin tratar (a condición de que los terceros realicen las inversiones y asuman los costos de operación) para fines de reúso (Decreto Ley n. ° 1280).

7.2.2 Marco normativo

En el Perú, en el año 2010 por medio de la Ley n. ° 29338, Ley de Recursos Hídricos, se estableció que la Autoridad Nacional del Agua -ANA- es el ente rector en la materia. Por su parte, las principales políticas para la promoción del reúso de aguas residuales tratadas forman parte del Sistema Nacional de los Recursos Hídricos según lo señalado en el artículo 11 de la mencionada ley.

Bajo ese marco, con la promulgación de su reglamento mediante el Decreto Supremo n. ° 001-2010-AG, se regula el reúso de las aguas residuales tratadas, estableciéndose las condiciones bajo las cuales se otorga la autorización de vertimiento o reúso a cargo de la ANA. Para ello, previamente se requiere que esta medida haya sido considerada y aprobada en el instrumento de gestión ambiental presentado por el titular del sistema de tratamiento. En el proceso de evaluación de dicho instrumento es necesaria la opinión favorable de la ANA.

El reúso de las aguas residuales también está normado por la ANA a través de la Resolución Jefatural n. ° 224-2013-ANA que aprobó el Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas. Allí se establece que los titulares de un derecho de uso de agua están facultados para reutilizar las aguas residuales que tratan, siempre que se haga para el mismo fin para el cual les fue otorgado dicho derecho. Para actividades distintas se requiere una autorización (artículo 12). Además, señala que las solicitudes de autorizaciones se evalúan tomando en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso de agua o en su defecto las guías de la OMS (artículo 14).

La Ley n. ° 29338 abarca una serie de instrumentos de planificación que forman parte del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos como la Política Nacional Ambiental, la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y el Plan Nacional de Recursos Hídricos, instrumentos que en su formulación contemplan el reúso de las aguas residuales tratadas. El reúso no es una estrategia o meta específica, pero forma parte de las acciones para el cumplimiento de los instrumentos.

7. CAPÍTULO PERÚ



El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos lo conforman instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos con los que el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de la disponibilidad de recursos hídricos.

7.2.2.1 Línea del tiempo normativa reúso y recirculación

A continuación, se presenta en el siguiente cuadro las instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y su alcance.

Tabla 15. instituciones que conforman el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y su alcance.

ORGANIZACIÓN	
Autoridad Nacional del Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Es el ente rector y máxima autoridad técnico-normativa y responsable del SNGRH. Entre otras funciones tiene a su cargo la elaboración de la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos y el Plan Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos; establecer los lineamientos para la formulación y la actualización de los planes de gestión de los recursos hídricos de las cuencas, aprobarlos y supervisar su implementación; proponer normas legales en materia de su competencia, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos, entre otros.
Ministerios de diferentes sectores	<ul style="list-style-type: none"> • El Ministerio del Ambiente dirige, supervisa y ejecuta la Política Nacional del Ambiente y es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental donde se elabora la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y el Plan Nacional de Recursos Hídricos. • El Ministerio de Agricultura dicta normas para la gestión integrada y multisectorial de recursos hídricos. • Los ministerios de Vivienda, Construcción y Saneamiento, de Salud, de Producción y de Energía y Minas, y de Agricultura que intervienen en el SNGRH ejercen función normativa de las actividades sectoriales que se relacionan con la gestión de recursos hídricos.
Gobiernos regionales y locales	<ul style="list-style-type: none"> • Intervienen en la elaboración de los planes de gestión de recursos hídricos de las cuencas; participan en los consejos de cuenca y desarrollan acciones de control y vigilancia, en coordinación con la autoridad nacional, para garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.
Organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios	<ul style="list-style-type: none"> • Son asociaciones civiles que tienen por finalidad la participación organizada de los usuarios en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos. Las formas de organización de los usuarios que comparten una fuente superficial o subterránea y un sistema hidráulico común son comités, comisiones y juntas de usuarios.
Entidades operadoras de los sectores hidráulicos de carácter sectorial y multisectorial	<ul style="list-style-type: none"> • Son los operadores de infraestructura hidráulica. Ellos se encargan de la operación, el mantenimiento y el desarrollo de dicha infraestructura para prestar servicios públicos de abastecimiento de agua y atender la demanda de usuarios que comparten una fuente de agua o punto de captación común.
Comunidades campesinas y nativas	<ul style="list-style-type: none"> • Participan en la elaboración del Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca y tienen representatividad en el consejo directivo de la Autoridad Nacional del Agua y en los consejos de recursos hídricos de cuenca.
Entidades públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento -SUNASS-. • Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú -SENAMHI-. • Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería -OSINERGMIN-. • Oficina de Evaluación y Fiscalización Ambiental -OEFA-. • Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú -DICAPI-. • Proyectos especiales hidráulicos e hidroenergéticos regionales, nacionales y binacionales. • Autoridades ambientales sectoriales competentes. • Entidades prestadoras de servicios de saneamiento.

7. CAPÍTULO PERÚ



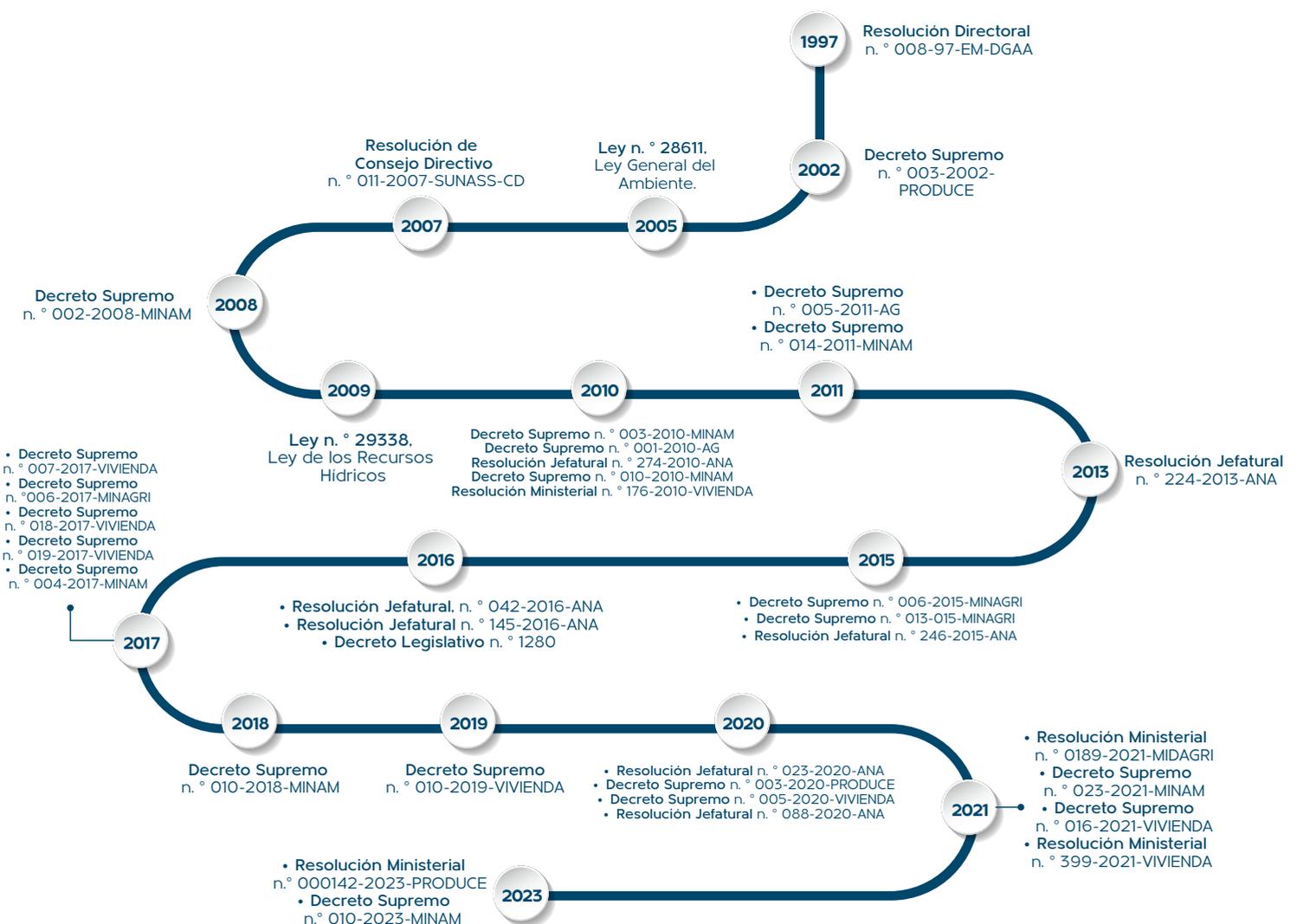
La regulación peruana incluye normas de cumplimiento voluntario. Para el caso de los recursos hídricos, desde el 2015, se promueve la medición y la reducción voluntaria de la huella hídrica en los proyectos de inversión, siendo el reúso de las aguas residuales una estrategia para lograrlo. En su primera edición solo podían participar del programa los titulares que contaban con licencias de uso agua, posteriormente se ha ampliado su alcance para todas las personas jurídicas.

En Perú existen diversos tipos de normas, se tienen las leyes, los decretos supremos, las resoluciones supremas, las resoluciones ministeriales y las resoluciones directorales o jefaturales, dentro de la escala jerárquica normativa.

En el país se cuenta también con normativa sectorial, siendo la más desarrollada la correspondiente al sector saneamiento donde se tiene una política nacional y una ley marco. En el sector industria y comercio interno se cuenta con una norma específica que traza la hoja de ruta hacia la economía circular. Adicionalmente, existen iniciativas regulatorias en los sectores agricultura y pesca.

A continuación, se presenta la línea de tiempo que incluye el marco regulatorio identificado sobre el reúso de las aguas residuales en el Perú:

Figura 18. Línea de tiempo normativa relacionada al reúso del agua en Perú



7. CAPÍTULO PERÚ



Tabla 16. Línea de tiempo del marco regulatorio identificado sobre el reúso de las aguas residuales en el Perú

FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
17/03/1997	<i>Resolución Directoral n. ° 008-97-EM-DGAA,</i> niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.	Se establecen niveles máximos permisibles que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
04/10/2002	<i>Decreto Supremo n. ° 003-2002-PRODUCE,</i> aprueba límites máximos permisibles y valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel.	Se establecen LMP y valores referenciales que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
15/10/2005	<i>Ley n. ° 28611, Ley General del Ambiente.</i>	Establece que las autoridades deben priorizar medidas de saneamiento básico entre las que se incluye el reúso de aguas servidas (artículo 67). Además, que el Estado debe promover el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización sin afectar la salud humana ni el ambiente (numeral 120.2 del artículo 120).
05/02/2007	<i>Resolución de Consejo Directivo n. ° 011-2007-SUNASS-CD,</i> Reglamento de calidad de la prestación de servicios de saneamiento.	Indica que el riego de parques, jardines públicos u otros servicios de uso común se realiza, de preferencia, con aguas residuales tratadas para tal fin (artículo 40) ¹ .
14/05/2008	<i>Decreto Supremo n. ° 037-2008-PCM,</i> límites máximos permisibles -LMP- de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.	Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
31/07/2008	<i>Decreto Supremo n. ° 002-2008-MINAM,</i> aprueba los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.	Se aprueban los primeros estándares de calidad ambiental para el agua. Esta norma fue derogada por el Decreto Supremo n. ° 004-2017-MINAM.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
30/03/2009	<i>Ley n. ° 29338, Ley de los Recursos Hídricos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • La ley se rige en once principios que incluye los principios de sostenibilidad y eficiencia. • La Autoridad Nacional del Agua es el ente rector en materia de recursos hídricos. • La Autoridad Nacional del Agua autoriza el reúso del agua residual tratada. Los titulares de las licencias de uso de agua pueden reutilizar el agua residual que generan si se trata de los mismos fines para los que se otorgó la licencia; para actividades distintas se requiere otra autorización (artículo 82).
17/03/2010	<i>Decreto Supremo n. ° 003-2010-MINAM,</i> aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.	<ul style="list-style-type: none"> • Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
24/03/2010	<i>Decreto Supremo n. ° 001-2010-AG,</i> aprueba reglamento de la Ley n. ° 29338, Ley de Recursos Hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> • La Autoridad Nacional del Agua implementa y mantiene actualizado el Registro nacional de vertimientos y reúso de aguas residuales (artículo 104). • Las autorizaciones de reúso se otorgan solo cuando se cumplen tres condiciones: las aguas residuales son sometidas a tratamientos previos y cumplen con los parámetros de calidad establecidos, se tiene la certificación ambiental y cuando no se pone en peligro la salud humana y el normal desarrollo de la flora y fauna, o afecte otros usos (artículo 148). • Se establecen los procedimientos para la autorización de reúso de aguas residuales (artículo 49) y se considera que hacer reúso del agua sin autorización es una infracción en materia de recursos hídricos (artículo 277).
05/05/2010	<i>Resolución Jefatural n. ° 274-2010-ANA,</i> dicta medidas para la implementación del Programa de adecuación de vertimientos y reúso de agua residual -PAVER-	<ul style="list-style-type: none"> • Según el reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, se regula el proceso de adecuación de las personas que realizan vertimientos y reúsos de aguas residuales no autorizados que, a la fecha de entrada en vigor del citado reglamento, no cuentan con las autorizaciones correspondientes.

¹ El artículo 40 fue modificado por la Resolución de Consejo Directivo n. ° 061-2018-SUNASS-CD. En el cuadro se presenta un extracto del artículo vigente.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
21/08/2010	<i>Decreto Supremo n. ° 010-2010-MINAM,</i> aprueba límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas.	<ul style="list-style-type: none"> Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
06/11/2010	<i>Resolución Ministerial n. ° 176-2010-VIVIENDA,</i> aprueba lineamientos de política para la promoción del tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas.	<ul style="list-style-type: none"> Se aprueban los lineamientos de política para promover el tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas cuyo objetivo estratégico es contribuir a la gestión nacional de los recursos hídricos mediante la inclusión en la Política Nacional de Saneamiento del Tratamiento para el Reúso de las Aguas Residuales y el uso de tecnologías efectivas y adaptadas para el reúso de aguas residuales.
09/06/2011	<i>Decreto Supremo n. ° 005-2011-AG,</i> regula el reúso de aguas residuales tratadas por persona distinta al titular del sistema de tratamiento a fin de proteger y conservar la calidad de las fuentes naturales de agua.	<ul style="list-style-type: none"> Establece que para las autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas solicitadas por personas distintas al titular del sistema de tratamiento este último debe contar con licencia de uso de agua y el solicitante de la autorización deberá acreditar la conformidad de interconexión de la infraestructura hidráulica que le permita captar las aguas residuales; además, se debe cumplir lo dispuesto en el reglamento de la Ley de los Recursos Hídricos.
09/07/2011	<i>Decreto Supremo n. ° 014-2011-MINAM,</i> aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental -PLANAA- Perú 2011 - 2021	<ul style="list-style-type: none"> El plan establece como meta que al año 2021 el 100 % de las aguas residuales urbanas sean tratadas y el 50 % de estas reutilizadas. Para el ámbito rural la meta es del 30 %.
01/06/2013	<i>Resolución Jefatural n. ° 224-2013-ANA,</i> aprueba Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratada.	<ul style="list-style-type: none"> Regula el procedimiento para otorgar las autorizaciones para el reúso de aguas residuales tratadas y la renovación y la modificación de la autorización (artículo 3), estableciendo las condiciones bajo las cuales se puede brindar la autorización (artículo 13).
12/05/2015	<i>Decreto Supremo n. ° 006-2015-MINAGRI,</i> aprueba la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> La política tiene como objetivo lograr la gestión integrada de los recursos hídricos en el ámbito nacional. En su eje de política 1: «Gestión de la cantidad», se establece como un lineamiento de acción incentivar el uso y el aprovechamiento de agua desalinizada, aguas residuales tratadas, entre otros.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
16/07/2015	<p><i>Decreto Supremo n. ° 013-015-MINAGRI,</i></p> <p>aprueba el Plan Nacional de los Recursos Hídricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En línea con la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos, para el eje de política 1, «Gestión de la cantidad», una de sus estrategias es el «aumento de la disponibilidad del recurso», donde se incluye un programa de «Reúso de aguas residuales tratadas y desalinización del agua de mar».
25/09/2015	<p><i>Resolución Jefatural, n. ° 042-2016-ANA,</i></p> <p>aprueba la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En su plan, como acción estratégica, se establece reducir progresivamente la carga de contaminantes mediante la gestión, el manejo y el tratamiento adecuado de las aguas residuales en el ámbito de las cuencas hidrográficas (1A), siendo una de sus tareas formular e implementar, a nivel de unidades hidrográficas, programas y proyectos integrales sostenibles de tratamiento eficiente de aguas residuales priorizando su reúso y sistema de alcantarillado financiados con fondos públicos y privados.
10/06/2016	<p><i>Resolución Jefatural n. ° 145-2016-ANA,</i></p> <p>modifica el Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas en lo referente al plazo de vigencia y renovación de la autorización de vertimiento o reúso de aguas residuales tratadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Modifica el reglamento, específicamente en lo regulado respecto del plazo de vigencia y la renovación de la autorización de vertimiento o reúso de aguas residuales tratadas.
29/12/2016	<p><i>Decreto Legislativo n. ° 1280</i></p> <p>que aprueba la Ley Marco de la Gestión de Prestación de los Servicios de Saneamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los servicios de saneamiento incluyen aquellos de tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso. Se establece que los prestadores de servicios de saneamiento pueden comercializar el agua residual tratada, residuos sólidos y subproductos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano y tratamiento de aguas residuales; brindar el servicio de tratamiento de aguas residuales para fines de reúso y comercializar el agua residual sin tratamiento si los terceros hacen las inversiones y asumen los costos de operación y mantenimiento (artículo 26).
30/03/2017	<p><i>Decreto Supremo n. ° 007-2017-VIVIENDA</i></p> <p>que aprueba la Política Nacional de Saneamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En su eje de política 6: «Valoración del servicio» busca desarrollar una cultura ciudadana de valoración de los servicios de saneamiento. Para ello, ha establecido como un lineamiento de política fomentar la sustitución del empleo de agua potable en usos no domésticos por el agua residual tratada.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
22/06/2017	<i>Decreto Supremo n. ° 006-2017-MINAGRI</i> que modifica el reglamento de la Ley n. ° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo n. ° 001-2010-AG.	<ul style="list-style-type: none"> Se modifica el procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas (artículo 149).
25/06/2017	<i>Decreto Supremo n. ° 018-2017-VIVIENDA</i> que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2017 - 2021.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrolla los ejes de la Política Nacional de Saneamiento.
26/06/2017	<i>Decreto Supremo n. ° 019-2017-VIVIENDA</i> que aprueba el reglamento del Decreto Legislativo n. ° 1280 que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.	<ul style="list-style-type: none"> Establece como función de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento implementar tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación de las fuentes receptoras de agua y promover su reúso (artículo 42). Se establecen los usos de las aguas residuales tratadas en los sectores privado, público, agrícola, industrial, recreativo, ambiental y otros que considere la normativa vigente (artículo 133).
07/07/2017	<i>Decreto Supremo n. ° 004-2017-MINAM</i> que aprueba estándares de calidad ambiental -ECA- para agua y establece disposiciones complementarias.	<ul style="list-style-type: none"> Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
30/09/2018	<i>Decreto Supremo n. ° 010-2018-MINAM,</i> límites máximos permisibles para efluentes de los establecimientos industriales pesqueros de consumo humano directo e indirecto.	<ul style="list-style-type: none"> Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.
11/03/2019	<i>Decreto Supremo n. ° 010-2019-VIVIENDA</i> que aprueba el Reglamento de valores máximos admisibles -VMA- para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.	<ul style="list-style-type: none"> Se establecen VMA que deben ser cumplidos antes de la descarga de los efluentes no domésticos al sistema de alcantarillado para no dañar la infraestructura sanitaria.
31/01/2020	<i>Resolución Jefatural n. ° 023-2020-ANA</i> que aprueba el documento denominado «Norma que promueve la medición y reducción voluntaria de la huella hídrica y el valor compartido en las cuencas hidrográficas».	<ul style="list-style-type: none"> La norma tiene como objetivo promover el análisis de la huella hídrica para identificar el consumo de agua directo e indirecto en la producción de bienes y servicios para lograr el uso eficiente del recurso hídrico y la implementación de mecanismos de responsabilidad compartida en las cuencas hidrográficas. Aplica a las organizaciones que se inscriban en el programa Huella hídrica a cargo de la ANA. Como parte de esta iniciativa los participantes deben medir su huella hídrica, presentar un proyecto de reducción de dicha huella y evidenciar el valor compartido de agua. El proyecto puede considerar acciones que incluyen el reúso de aguas residuales en los procesos productivos o no productivos.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
19/02/2020	<p>Decreto Supremo n. ° 003-2020-PRODUCE</p> <p>que aprueba la Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector industrial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> El enfoque 3 de la hoja de ruta «Aprovechamiento de material de descarte y gestión de residuos industriales» especifica como una de sus acciones identificar procesos industriales en los que se puedan utilizar aguas residuales industriales (D4).
26/04/2020	<p>Decreto Supremo n. ° 005-2020-VIVIENDA</p> <p>que aprueba el texto único ordenado del Decreto Legislativo n. ° 1280 que aprueba la Ley Marco de La Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Debido a los múltiples cambios realizados en la ley marco se publica su texto único ordenado para facilitar su lectura y entendimiento.
28/05/2020	<p>Resolución Jefatural n. ° 088-2020-ANA,</p> <p>incorpora el numeral 22.4 al artículo 22 del Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúsos de aguas residuales tratadas aprobado por Resolución Jefatural n. ° 224-2013-ANA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se agrega regulación respecto de la inspección ocular que se debe realizar en el marco del procedimiento de otorgamiento de las autorizaciones de vertimiento y reuso de aguas residuales bajo situaciones de emergencia sanitaria o ambiental, desastres, casos fortuitos o fuerza mayor.
13/07/2021	<p>Resolución Ministerial n. ° 0189-2021-MIDAGRI,</p> <p>dispone la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba la «Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector agrario y de riego» y su exposición de motivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Aunque en el proyecto no se existe una acción específica sobre el reuso de aguas residuales tratadas, el enfoque 3 propuesto: «Incorporación del enfoque de economía circular en las políticas y normas» es un medio para incentivar la adopción de prácticas de reuso de aguas residuales tratadas.
25/07/2021	<p>Decreto Supremo n. ° 023-2021-MINAM</p> <p>que aprueba la Política Nacional del Ambiente a 2030.</p>	<ul style="list-style-type: none"> La política tiene como objetivo prioritario 3 (OP3): reducir la contaminación del aire, agua y suelo, siendo uno de sus lineamientos fortalecer el reuso seguro y productivo las aguas residuales.
28/08/2021	<p>Decreto Supremo n. ° 016-2021-VIVIENDA</p> <p>que aprueba el texto único ordenado del reglamento del Decreto Legislativo n. ° 1280 que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo n. ° 019-2017-VIVIENDA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Debido a los múltiples cambios realizados en el reglamento se publicó su texto único ordenado.

7. CAPÍTULO PERÚ



FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
<p>24/12/2021</p>	<p><i>Resolución Ministerial n. ° 399-2021-VIVIENDA</i></p> <p>que aprueba el Plan Nacional de Saneamiento 2022 - 2026 y sus anexos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Su objetivo estratégico 4: «Desarrollar proyectos de saneamiento eficientes y sostenibles con eficiencia técnica administrativa, económica y financiera» incluye el objetivo específico «Promover el uso de tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas potables, aguas residuales y su reúso» (OE4.2), donde una de sus líneas de acción es fortalecer alianzas estratégicas en la promoción del desarrollo tecnológico y el conocimiento relativo a la adecuada gestión ambiental de los servicios de saneamiento bajo un enfoque de economía circular. • Su objetivo estratégico 6: «Desarrollar una cultura de valoración de los servicios de saneamiento» cuenta con un objetivo específico: «Promover el aprovechamiento y comercialización de los subproductos de los servicios de saneamiento» (OE6.5). Para este objetivo específico una de sus líneas de acción es «Promover el marco normativo, técnico, financiero y social que permita el tratamiento y el reúso de aguas residuales, acorde con las condiciones socioeconómicas del ámbito rural».
<p>18/04/2023</p>	<p><i>Resolución Ministerial n. ° 000142-2023-PRODUCE</i></p> <p>que dispone la publicación del proyecto de «Decreto supremo que aprueba la Hoja de ruta hacia una economía circular en los subsectores pesca y acuicultura».</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se publica la propuesta de hoja de ruta, aunque las acciones incluidas en esta son bastante generales, entre ellas, el fomentar la incorporación del enfoque de economía circular en la regulación/normativa de los subsectores involucrados. Esto sería un marco para incentivar el reúso de las aguas residuales tratadas.
<p>23/08/2023</p>	<p><i>Decreto Supremo n. ° 010-2023-MINAM</i></p> <p>que aprueba límites máximos permisibles para efluentes de las actividades de curtido y adobo de cuero, así como adobo y teñido de pieles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se establecen LMP que deben ser cumplidos antes del vertimiento de los efluentes a los cuerpos de agua.

7. CAPÍTULO PERÚ



Normas que se encuentran en trámite y que aún no se han hecho oficiales.

FECHA	NORMA	PUNTOS IMPORTANTES
05/09/2020	<p><i>Resolución Ministerial n. ° 203-2020-MINAGRI,</i></p> <p>dispone la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba los niveles de calidad del agua residual tratada con fines de reúso agrario y su exposición de motivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> En esta norma se plantean parámetros de calidad a cumplir para el reúso de las aguas residuales tratadas con fines de reúso agrario. A la fecha aún no se publica de manera oficial la norma.
05/10/2022	<p><i>Resolución Ministerial n. ° 277-2022-VIVIENDA</i></p> <p>que dispone la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba las disposiciones para el reúso de aguas residuales municipales tratadas en el riego de áreas verdes urbanas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se publica el proyecto normativo cuya finalidad es promover el desarrollo de áreas verdes urbanas para mejorar la calidad ambiental, la provisión de los servicios ecosistémicos y el bienestar de la población a través del reúso de aguas residuales municipales, previamente tratadas, bajo los enfoques de economía circular, cambio climático y protección de la salud pública. La norma permanece como un proyecto normativo, puesto que, a la fecha, no ha sido publicada de manera oficial.

Fuente: elaboración propia.

7.2.2.2 Sectores económicos reglamentados por la normatividad de reúso

La regulación sobre el reúso de las aguas residuales es transversal y abarca todos los sectores económicos. En este apartado se presenta la normativa sectorial identificada.

7.2.2.2.1 Sector saneamiento

En el Perú, desde el 2007, la normativa ya abordaba el reúso de las aguas residuales. Así, mediante el Reglamento de la calidad de los servicios de saneamiento aprobado por la Resolución de Consejo Directivo n. ° 011-2007-SUNASS-CD y sus modificatorias respecto del reúso se dispuso que al uso de agua potable suministrada por una empresa de saneamiento en el riego de áreas verdes se le aplica la tarifa comercial. Esta condición incentiva el reúso de agua residual tratada como sustituto de la potable por representar menos costos para el usuario (ANA, 2018). Además, señala que los parques y los jardines deberán regarse, preferentemente, con aguas residuales tratadas.

En el 2016 se promulgó el Decreto Legislativo n. ° 1280 que aprobó la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento y su reglamento fue emitido en 2017 mediante el Decreto Supremo n. ° 019-2017-VIVIENDA. La ley marco y su reglamento facultan a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento a brindar a «terceros», con la correspondiente contraprestación, el agua residual tratada, residuos sólidos y subproductos del proceso de reúso; además, del servicio de tratamiento de aguas residuales y el agua residual sin tratamiento si los «terceros» hacen las inversiones y asumen los costos de operación y mantenimiento para su tratamiento (artículo 30). Los «terceros» a los que se refiere la norma podrían ser los propios municipios o sus unidades especializadas.

7. CAPÍTULO PERÚ



Asimismo, en concordancia con la ley marco, se promulgó la Política Nacional de Saneamiento (Decreto Supremo n. ° 007-2017-VIVIENDA) cuyo objetivo es alcanzar el acceso universal, sostenible y de calidad de los servicios de saneamiento y el Plan Nacional de Saneamiento para el período 2017 - 2021 (Decreto Supremo n. ° 018-2017-VIVIENDA), siendo aprobado, posteriormente, el plan para el período 2022 - 2026 (Resolución Ministerial n. ° 399-2021-VIVIENDA) que entre sus líneas de acción contempla lineamientos o acciones sobre el reúso de las aguas residuales.

Por otro lado, el Perú como país firmante del Acuerdo de París se ha comprometido a reducir sus emisiones en un 30 % para el año 2030; para ello, ha formulado metas climáticas denominadas contribuciones nacionalmente determinadas -NDC- (por sus siglas en inglés). Por medio de la Resolución Suprema n. ° 005-2016-MINAM se conformó el grupo de trabajo multisectorial encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las contribuciones previstas y determinadas en el ámbito nacional presentadas a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático cuyo producto fue un informe final que contenía las medidas de mitigación y adaptación del país. Para el sector saneamiento, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de cuatro medidas de mitigación que incluyen el aprovechamiento de aguas residuales tratadas y biosólidos; con ello, se busca que, a través del reúso, se reduzca la demanda de agua potable o de fuentes de agua natural (MINAM, 2019).

El sector saneamiento aún tiene brechas por cubrir en relación con la cobertura del servicio. En el 2022 la SUNASS reportó que solo se atiende al 63 % de la población peruana. Además, se estimó que, en promedio, diariamente, se producen 4,14 millones m³ de agua potable y se generan 3,28 millones m³ de aguas residuales que llegan a las alcantarillas y que requieren de un tratamiento antes de su reúso o disposición en el medio ambiente.

Sobre la demanda de las aguas residuales el estudio de la SUNASS releva que esta sí existe, puesto que en 85 de las 171 EPS incluidas en su estudio se evidencia reúso de efluentes primordialmente para fines agrícolas, aunque ello se realiza sin contar con la autorización de la ANA y, en muchos casos, ni con la autorización del mismo administrador de la planta de tratamiento.

7.2.2.2 Sector agrícola

Se estima que el Perú cuenta con una superficie agrícola bajo riego de 2, 454 650,8 hectáreas que en el 2018 demandaron un total de 32 010,5 hm³ cúbicos de agua, ello representa el 85,9 % del requerimiento de uso consuntivo del agua. Además, es relevante señalar que solo el 55,2 % de estas áreas agrícolas están formalizadas, por lo tanto, cuentan con derechos de uso agua de tipo agrario (ANA, 2020); la diferencia se abastece, pero de manera informal.

Teniendo en consideración la gran demanda del recurso en este sector se debe potenciar e impulsar el reúso de las aguas residuales tratadas a gran escala para contribuir con la disminución de la presión sobre los recursos hídricos, adaptarse frente a la escasez hídrica y asegurar la provisión de alimentos para la población. Para ello, el Estado, además, debe fortalecer los mecanismos de vigilancia sanitaria para evitar la contaminación de los productos agrícolas; se han dado avances en el sector.

7. CAPÍTULO PERÚ



En el 2020 el entonces Ministerio de Agricultura y Riego informó a la opinión pública sobre la norma que aprobaría los niveles de calidad de agua residual tratada para fines de reúso agrario. A la fecha, cuando la ANA evalúa las solicitudes de autorización del reúso de las aguas residuales verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS en concordancia con lo establecido en el reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (artículo 50) que dispone que en las evaluaciones se deben considerar los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, usar las guías de la OMS. Por otro lado, en el 2021 el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego emitió para la opinión pública su proyecto de Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector agrario y de riego (Resolución Ministerial n. ° 0189-2021-MIDAGRI) que aún está pendiente de su versión final y la publicación oficial de dicho instrumento.

7.2.2.2.3 Sector industria

La industria nacional demanda el 7,4 % (2753,2 hm³ agua) del uso consuntivo del agua, siendo el segundo sector, después de agricultura, de mayor requerimiento del recurso hídrico. Cabe resaltar que este valor corresponde solo a las actividades económicas que se autoabastecen, puesto que no se está sumando el consumo que proviene de la red de abastecimiento de agua potable (ANA, 2020); es decir, el consumo real es incluso mayor.

La Ley de Recursos Hídricos señala que el titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar las aguas residuales que genera siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia; sin embargo, no regula respecto de los usuarios que se abastecen de la red pública, como es el caso de los industriales. En el 2015 el Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas de la ANA estableció las pautas para el reúso, manifestando que los usuarios industriales de la red pública que someten sus efluentes a procesos de tratamiento para cumplir con los estándares de calidad ambiental del agua -ECA-agua- y los límites máximos permisibles -LMP- que correspondan y que cuenten con autorización de vertimiento de aguas residuales están facultados para reusar el agua residual que generan siempre que sea para los fines relacionados con su actividad industrial; si buscan reusar sus aguas residuales en una actividad distinta a su labor principal, en ese caso, sí se deben tramitar la autorización de reúso de aguas residuales.

Se destaca que el enfoque de economía circular también se está implantando en el sector. En el 2020 el Ministerio de la Producción aprobó la hoja de ruta hacia la economía circular (Decreto Supremo n. ° 003-2020-PRODUCE) que incluye acciones para identificar los procesos industriales en los que se puedan utilizar aguas residuales industriales.

7.2.2.2.4 Sector minero

A pesar de que la demanda de agua del sector minero solo representa el 1,6 % del uso consuntivo del recurso (ANA, 2020). El sector (grande y mediana minería) se caracteriza por el desarrollo de prácticas sostenibles en la gestión del agua, estrategia impulsada para evitar posibles conflictos sociales, incluso existen experiencias de cero vertimientos como es el caso de la unidad minera Cerro Lindo de la empresa Nexa Resources; además, otras compañías mineras son referentes mundiales por sus buenas prácticas sobre el manejo de sus aguas residuales como la unidad minera Cerro Verde que opera con las aguas residuales domésticas de la ciudad de Arequipa (Pinto, 2020). No se identificó normativa sectorial sobre el reúso.

7. CAPÍTULO PERÚ



En el 2020 el entonces Ministerio de Agricultura y Riego informó a la opinión pública sobre la norma que aprobaría los niveles de calidad de agua residual tratada para fines de reúso agrario. A la fecha, cuando la ANA evalúa las solicitudes de autorización del reúso de las aguas residuales verifica el cumplimiento de los valores de las guías de la OMS en concordancia con lo establecido en el reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (artículo 50) que dispone que en las evaluaciones se deben considerar los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, usar las guías de la OMS. Por otro lado, en el 2021 el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego emitió para la opinión pública su proyecto de Hoja de ruta hacia una economía circular en el sector agrario y de riego (Resolución Ministerial n. ° 0189-2021-MIDAGRI) que aún está pendiente de su versión final y la publicación oficial de dicho instrumento.

7.2.2.2.3 Sector industria

La industria² nacional demanda el 7,4 % (2753,2 hm³ agua) del uso consuntivo del agua, siendo el segundo sector, después de agricultura, de mayor requerimiento del recurso hídrico. Cabe resaltar que este valor corresponde solo a las actividades económicas que se autoabastecen, puesto que no se está sumando el consumo que proviene de la red de abastecimiento de agua potable (ANA, 2020); es decir, el consumo real es incluso mayor.

La Ley de Recursos Hídricos señala que el titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar las aguas residuales que genera siempre que se trate de los mismos fines para los cuales fue otorgada la licencia; sin embargo, no regula respecto de los usuarios que se abastecen de la red pública, como es el caso de los industriales. En el 2015 el Tribunal Nacional de Resolución de Controversias Hídricas de la ANA estableció las pautas para el reúso, manifestando que los usuarios industriales de la red pública que someten sus efluentes a procesos de tratamiento para cumplir con los estándares de calidad ambiental del agua -ECA-agua- y los límites máximos permisibles -LMP- que correspondan y que cuenten con autorización de vertimiento de aguas residuales están facultados para reusar el agua residual que generan siempre que sea para los fines relacionados con su actividad industrial; si buscan reusar sus aguas residuales en una actividad distinta a su labor principal, en ese caso, sí se deben tramitar la autorización de reúso de aguas residuales.

Se destaca que el enfoque de economía circular también se está implantando en el sector. En el 2020 el Ministerio de la Producción aprobó la hoja de ruta hacia la economía circular (Decreto Supremo n. ° 003-2020-PRODUCE) que incluye acciones para identificar los procesos industriales en los que se puedan utilizar aguas residuales industriales.

7.2.2.2.4 Sector minero

A pesar de que la demanda de agua del sector minero solo representa el 1,6 % del uso consuntivo del recurso (ANA, 2020). El sector (grande y mediana minería) se caracteriza por el desarrollo de prácticas sostenibles en la gestión del agua, estrategia impulsada para evitar posibles conflictos sociales, incluso existen experiencias de cero vertimientos como es el caso de la unidad minera Cerro Lindo de la empresa Nexa Resources; además, otras compañías mineras son referentes mundiales por sus buenas prácticas sobre el manejo de sus aguas residuales como la unidad minera Cerro Verde que opera con las aguas residuales domésticas de la ciudad de Arequipa (Pinto, 2020). No se identificó normativa sectorial sobre el reúso.

²No se consideran los sectores minero y eléctrico.

7. CAPÍTULO PERÚ



7.2.2.3 Papel de las autoridades ambientales

Son una diversidad de entidades públicas las que intervienen en los procesos involucrados en el reúso de las aguas residuales. Antes de contar con una autorización de reúso de aguas residuales que emite la ANA, previamente se debe contar con la certificación ambiental cuyo pronunciamiento es responsabilidad de las autoridades ambientales sectoriales (SENACE, ministerios y gobiernos regionales y locales). Es en estos procesos donde existen oportunidades de mejora por parte del Estado. La duplicidad de procedimientos, los costos que conllevan y los amplios tiempos de evaluación que se toman las autoridades son factores que desincentivan a los titulares de los proyectos para invertir o generar cambios tecnológicos para el reúso de sus aguas residuales. El rol del Estado debe ir más allá de solo autorizar, supervisar y fiscalizar, pues debe generar incentivos y beneficios reales que conlleven cambios importantes sobre la gestión de las aguas residuales.

7.3 Enfoques técnicos para el reúso y la recirculación

La regulación actual ya establece las condiciones para obtener la autorización de reúso de aguas residuales tratadas. Ello se encuentra detallado en el artículo 13 del Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso, Resolución Jefatural n. ° 224-2013-ANA, que abarca que las aguas residuales tratadas deben de cumplir los parámetros establecidos, contar con un instrumento de gestión ambiental aprobado que contemple el reúso, no poner en peligro la salud humana ni el normal desarrollo de la flora y de la fauna ni afecte otros usos, y se cuente con el derecho de uso de aguas.

Por otro lado, bajo el enfoque de la economía lineal las aguas residuales se consideran una carga: las plantas de tratamiento son infraestructuras para depurar los efluentes antes de su descarga al ambiente para reducir la contaminación ambiental y evitar la afectación a la salud pública y los demás subproductos, como los lodos, son llevados a los rellenos sanitarios para su entierro. Este modelo genera una baja tasa de inversión y falta de presupuesto para la operación y el mantenimiento de las infraestructuras sanitarias para el tratamiento de las aguas residuales (SUNASS, 2022).

Sin embargo, con la adopción de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde 2015 la economía circular toma más relevancia. Bajo dicho enfoque las aguas residuales son redefinidas y pasan de ser consideradas residuos para tenerlas en cuenta como recursos reutilizables lo que genera nuevas fuentes de agua y aumenta la oferta hídrica (CEPAL, 2022).

7.4 Desafíos para el reúso en el país

a) Eliminar la duplicidad de procedimientos administrativos

Como se indicó líneas arriba, la autorización del reúso de aguas residuales es otorgada por la ANA. Uno de sus requisitos es que el reúso debe estar contemplado en el instrumento de gestión ambiental aprobado por la autoridad ambiental competente, quien en su proceso de evaluación requiere la opinión técnica vinculante de la ANA para determinar la viabilidad del reúso del agua. Es decir, existe una duplicidad de procedimientos cuando el titular del proyecto de inversión solicita la autorización de reúso (proceso que se realiza posterior a la obtención de la certificación ambiental) y esto ya ha sido evaluado previamente como parte de su proceso de certificación ambiental; no obstante, el titular debe realizar un nuevo trámite (Ávalos, 2020).

7. CAPÍTULO PERÚ



b) Valorar el reúso del agua como una estrategia empresarial

Las prácticas de reúso de aguas residuales son generalmente incluidas en los proyectos de inversión como una medida de control para reducir el impacto ambiental generado, lo que implica un costo en el proceso de implementación y mantenimiento, pero no son consideradas como parte de la estrategia empresarial que agrega valor al negocio y que optimiza la inversión económica. Ávalos (2020) señala que solo el sector minero, debido a los problemas sociales concurrentemente asociados con esta actividad, trabaja bajo un enfoque de reúso sostenible como un medio para reducir los conflictos sociales. Además, indica que para el sector agricultura también existe un alto porcentaje de reúso del agua dado que el recurso, al ser imprescindible, representa un costo importante en las operaciones. El tratamiento y el reúso de las aguas residuales pueden representar oportunidades de negocios con ganancias rentables, pues el agua tratada bajo parámetros de calidad es una fuente sostenible y asequible de agua y de energía para procesos industriales, por ejemplo, para obtener nutrientes y otros materiales recuperables.

Por otro lado, bajo un escenario de escasez hídrica exacerbado por el cambio de los regímenes de lluvia debido al cambio climático, aunado a las pérdidas de agua en los procesos productivos, el recurso hídrico cada vez es más escaso y costoso, principalmente, en las operaciones ubicadas en la vertiente del Pacífico. Más allá de solo realizar buenas prácticas para mitigar el impacto ambiental, mejorar la reputación corporativa, evitar conflictos sociales o generar ingresos económicos, la industria, en general, debe entender que gestionar de forma sostenible el agua con impactos a gran escala le permitirá continuar con sus operaciones en el mediano y largo plazo.

c) Actualización de instrumentos de planificación nacional acorde a los ODS

En 2015 los países miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible que se sustenta en 17 objetivos conocidos como ODS. El ODS 6, Agua limpia y saneamiento, tiene como objetivo: «Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos». En este marco los estados miembros deben implementar la gestión integrada de los recursos hídricos. Como se mencionó en el capítulo 3 que abordó la normativa, el Perú cuenta con una Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y un Plan Nacional de Recursos Hídricos formulados en el 2015, antes de la Agenda 2030; por lo tanto, es necesario la actualización de dichos instrumentos de planificación para la incorporación de las metas e indicadores acordes al ODS 6 y a la agenda mundial (Pinto, 2020).

d) Informalidad

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento -SUNASS- en el 2022, en el estudio realizado sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, indicó que de las 171 PTAR que estaban en operación en el 2021 el 50 % reusó sus efluentes en actividades agrícolas y el reúso se dio, mayoritariamente, sin contar con la autorización de la ANA y sin la autorización del mismo titular del sistema de tratamiento; ello mediante canales clandestinos que intervienen en las distintas etapas del tratamiento (incluso antes del tratamiento). Para estos usuarios clandestinos es difícil gestionar una autorización porque no se forman personas naturales o jurídicas, no cuentan con los títulos de propiedad de las áreas agrícolas, no conocen y no les interesa cumplir los requisitos normativos; además, para la formalización y obtención de las autorizaciones requieren de tiempo y dinero.

La informalidad afecta la gestión de los recursos hídricos y tomar acción es un reto que implica esfuerzos a gran escala de las autoridades nacionales.

7. CAPÍTULO PERÚ



e) Falta de infraestructura

La depuración de las aguas residuales y su reutilización constituyen grandes retos en la agenda política debido a las brechas en relación con la infraestructura del sector de saneamiento (Páucar y Ferrer, 2022).

Se hace primordial que el Estado impulse los mecanismos de acción existentes para fomentar la inversión en infraestructura. Estos mecanismos son las obras por impuesto y las asociaciones público - privadas que están reguladas por la Ley n. ° 29230, normativa que impulsa la inversión pública regional y local con participación del sector privado, y el Decreto Legislativo n. ° 1362 que regula la promoción de la inversión privada mediante asociaciones público - privadas y proyectos en activos. De esta forma, los servicios públicos, que abarcan los servicios de saneamiento, se benefician con el financiamiento parcial o total proveniente de fondos del sector privado. Estos mecanismos son una oportunidad para cerrar brechas de infraestructura y fortalecer las relaciones entre los sectores público y privado y lograr resultados en beneficio de la población (Páucar y Ferrer, 2022).

Adicional a ello, la ocurrencia de vicios en los procesos de licitación que lidera el Estado genera paralizaciones y pérdidas de dinero. La SUNASS (2022) identificó la existencia de 17 plantas de tratamiento de aguas residuales cuyos procesos de construcción no han sido terminados con obras paralizadas por más de tres años, siendo la causa las deficiencias en los expedientes técnicos y en la ejecución de la obra, la omisión de una supervisión, las discrepancias contractuales y la oposición de la población. Así también, identificó otras 10 plantas que, a pesar de haber concluido con la etapa de construcción, no están en funcionamiento por presentar deficiencias técnicas.

f) Propiciar la eficiencia económica

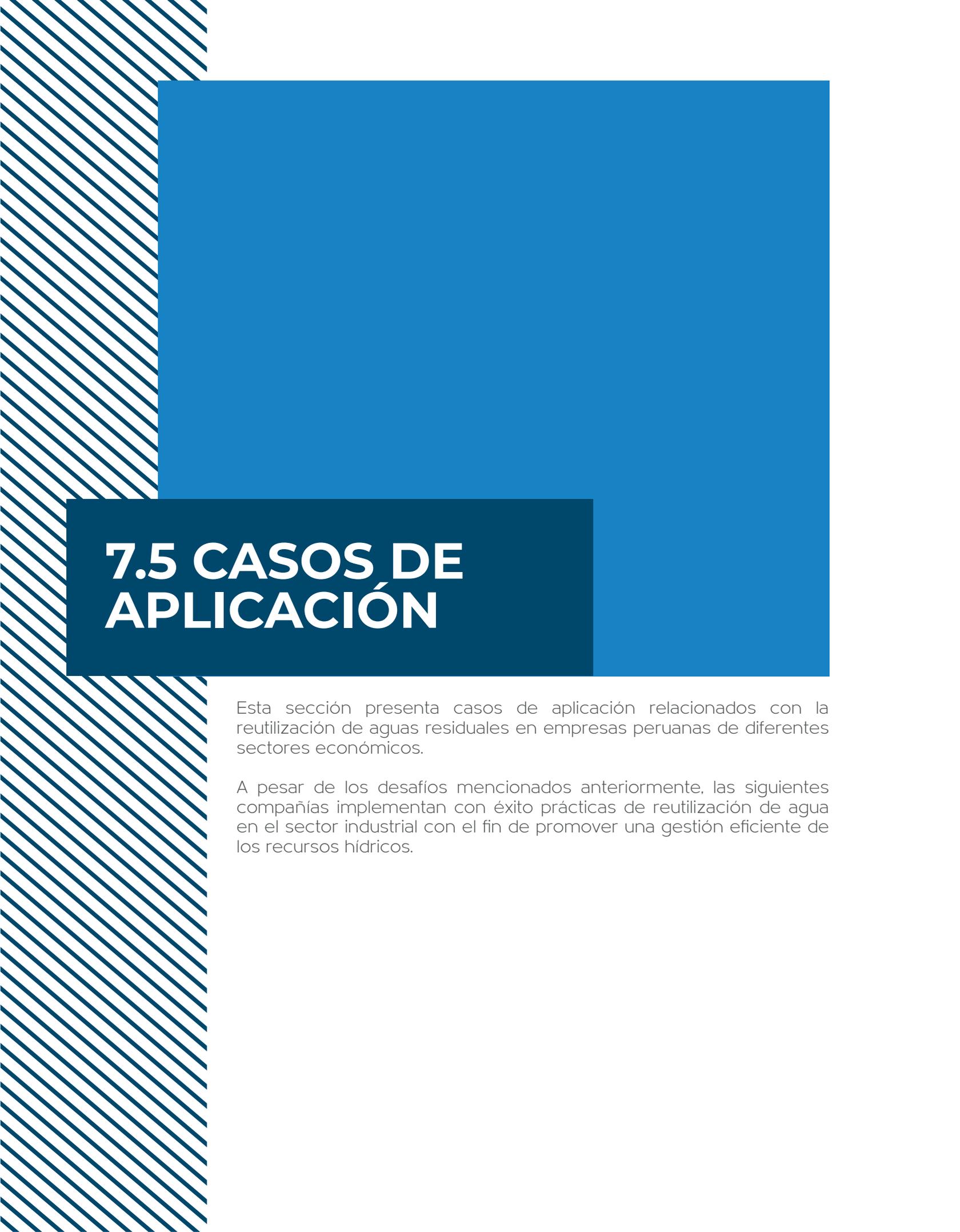
La OCDE (1993) indica que la eficiencia económica se da cuando en un determinado proceso los insumos se utilizan de tal manera que se consiguen al menor costo posible. Un aumento en la eficiencia ocurre cuando se logra una producción existente o en una escala mayor a un costo menor; ello implica aumentar la productividad y la conservación de los recursos hídricos en todos los sectores demandantes del agua, optimizar el uso y el reúso del agua y, en consecuencia, reducir la huella hídrica.

g) Despegar la economía circular en la gestión del agua

Como ya se dejó indicado, en el Perú, en los últimos años, se promulgaron normas para fomentar las prácticas de reúso y recirculación en el marco de la economía circular siendo el sector de la industria manufacturera el que cuenta con una hoja de ruta aprobada y los sectores pesca y agricultura con prepublicaciones. El gran desafío será la implementación de estas hojas de ruta para incrementar la seguridad hídrica donde se debería involucrar a los actores en la cadena de valor de las aguas y establecer mecanismos que incentiven un uso más eficiente del recurso.

7.4.1 Sectores potenciales para el reúso

Siendo los sectores agricultura e industria los que demandan juntos el 93,3 % del uso consuntivo del agua estos deben ser los sectores priorizados para las autoridades nacionales y donde se debe fomentar, a través de incentivos financieros u otros mecanismos regulatorios, el uso de las aguas residuales como insumo de sus procesos para reducir la presión y la explotación sobre los recursos hídricos.



7.5 CASOS DE APLICACIÓN

Esta sección presenta casos de aplicación relacionados con la reutilización de aguas residuales en empresas peruanas de diferentes sectores económicos.

A pesar de los desafíos mencionados anteriormente, las siguientes compañías implementan con éxito prácticas de reutilización de agua en el sector industrial con el fin de promover una gestión eficiente de los recursos hídricos.



Empresa peruana fundada en 1943 dedicada a la producción y a la comercialización de insumos textiles de alta calidad para la industria de la confección y para las labores manuales.

Planta de tratamiento de aguas residuales de aguas industriales



Detalles de la buena práctica

Tipo de tecnología.

Planta de tratamiento fisicoquímica de aguas industriales.

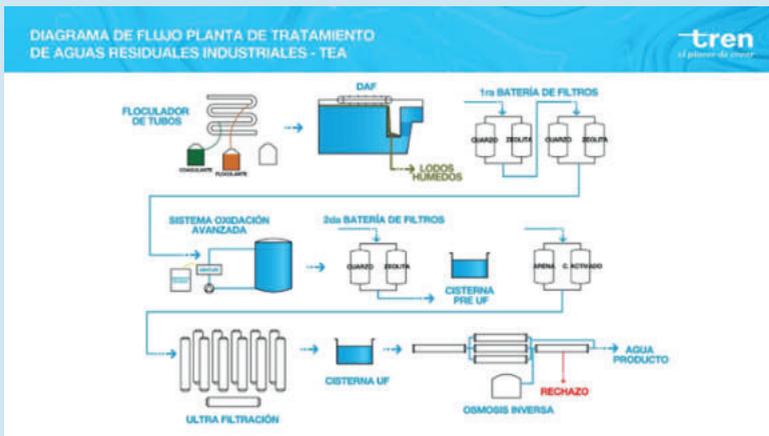
Capacidad (m³)

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) cuenta con una capacidad de 14 m³/h

Meta de tratamiento

18 m³/h

Descripción del proceso



•Recepción del agua para tratamiento

El efluente a tratar, proveniente del proceso de teñido, es captado por un tanque donde se controla el pH y, posteriormente, es enviado a un tanque homogeneizador, en este paso el agua debe cumplir ciertos parámetros tales como pH y temperatura óptimos, los cuales rodean un rango de entre pH de 6,5 a 8 y temperatura menor a 35 °C.

•Homogenización.

En esta etapa el agua se homogeniza mediante sopladores cuya función es inyectar aire al sistema.

•Sistema de flotación por aire disuelto (DAF)

Es un proceso de clarificación de efluentes para la separación de sólidos, grasas y aceites. El sistema ayuda a concentrar el lodo, eliminando una amplia gama de sólidos suspendidos en efluentes, principalmente aceite y grasas, reduciendo además la DQO y la DBO.

•Filtros multimedia primera etapa

Su función principal es retener partículas presentes en el agua a través de media filtrantes.

•Oxidación avanzada

Es un proceso de eliminación de compuestos solubles no biodegradables mediante el uso de ozono que implica la generación de radicales hidroxilos en cantidades suficientes para la interacción con los compuestos orgánicos del efluente.

•Filtros multimedia segunda etapa

Su función principal es retener partículas presentes en el agua a través de media filtrantes.

•Filtros arena

Filtro encargado de retener partículas de un diámetro específico.

•Filtros de carbón

Filtro encargado de remover olor, color y componentes orgánicos en el agua.

•Ultrafiltración

Es un proceso de separación por membrana, retiene partículas de diámetro muy pequeño, material coloidal y microorganismos.

•Ósmosis inversa: primera y segunda etapa

La ósmosis inversa se plantea como un sistema de dos pasos, primera y segunda etapa, en aras de mejorar el porcentaje de recuperación y con ello disminuir el concentrado o rechazo; entra un caudal de agua a alta presión proveniente del proceso de ultrafiltración y mediante membranas semipermeables se filtra teniendo dos corrientes: agua permeada que es el producto final y un concentrado o rechazo, este último ingresa a un tanque de almacenamiento que a su vez alimenta a la segunda etapa y así se recupera más agua. Posteriormente, el agua de rechazo de la segunda etapa se descarga en el sistema de alcantarillado.

•Tanque de almacenamiento permeado: primera y segunda etapa

El agua permeada proveniente de la primera y de la segunda etapa se almacena en una cisterna para su reúso en los procesos de teñido de Textil El Amazonas.

•Procesos de reúso del agua

El agua tratada se almacena en una cisterna para su reúso en los procesos de teñido de la tintorería, en los que conciernen a los laboratorios y en el caldero para la producción de vapor.

•Tiempo de implementación

El tiempo de implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) tuvo una duración de dos años y medio.



Empresa / implementador
TEXTIL EL AMAZONAS S. A. BIC



Ubicación:
Perú



Empresa implementadora
TEXTIL EL AMAZONAS S. A. BIC



Costo de inversión y operación

Costos de inversión: CAPEX PTARI USD 530 000
Costos de funcionamiento: dentro de los costos de inversión.
Costo de operación:
 Costo fijo unitarios $\$/m^3 = \text{USD } 0.59$
 Costo variable unitarios $\$/m^3 = \text{USD } 0.54$
 Costo total unitarios $\$/m^3 = \text{USD } 1.13$

Costos no monetarios: tiempo invertido en el jefe de planta, en el área de Compras, en el jefe financiero y en las áreas de Contabilidad y Gerencia General.



Beneficios obtenidos

Reducción en los suministros de nueva agua. Esta disminución se encuentra actualmente en niveles de entre 40 % y 50 % del agua utilizada en todo el proceso lo que equivale, en promedio, a 5000 metros cúbicos producidos de agua reutilizada, misma cantidad que se evita sacar (agua nueva).

El agua osmotizada es mezclada con agua blanda y esta mezcla también es usada para agua de reposición del caldero lo que ha mejorado el cuidado de este equipo con el aumento de su eficiencia (producción de vapor por metro cúbico de gas) y de las paredes internas del mismo.

Otros beneficios

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ha permitido generar varios beneficios sociales, entre ellos:

- Mejora de la calidad del agua: la PTAR ha permitido eliminar contaminantes y productos químicos dañinos del agua residual de la empresa, de esta manera se contribuye a mejorar la calidad del recurso en la región beneficiando a las comunidades locales y al ambiente.

- Protección de la salud pública: al reducir la cantidad de contaminantes liberados en las fuentes de agua cercanas se protege la salud pública dado que la presencia de productos químicos tóxicos puede tener efectos adversos en la salud de las personas que consumen el agua de fuentes cercanas.

- Conservación de recursos hídricos: con la puesta en marcha de la PTAR la empresa aporta en la conservación de los recursos hídricos al recircular el agua tratada en sus procesos. Esto es especialmente importante en áreas donde el acceso al recurso es limitado.

- Contribución a la sostenibilidad: la implementación de prácticas sostenibles, como el tratamiento de aguas residuales, refleja el compromiso de la compañía con la sostenibilidad ambiental. Gracias a la implementación de proyectos de valor compartido se obtuvo el «Certificado azul», el cual es un reconocimiento otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) a empresas hídricamente responsables y por la responsabilidad social aplicada en la gestión de recursos hídricos en las cuencas donde se ubican las unidades productivas en el marco del programa Huella hídrica.

- Reducción de conflictos por el agua: en áreas donde el agua es un recurso escaso la implementación de una planta de tratamiento ayuda en la reducción de los conflictos relacionados con el acceso y el uso del agua al garantizar un uso más eficiente y responsable del recurso.



Aprendizajes de la implementación

Barreras superadas:

- Tiempo de entrega.
- Cese de actividades debido al COVID - 19.
- Más financiamiento.
- Proveedor con problemas internos (abandono).
- No se tenía el dossier de calidad ni los instructivos.

Aprendizajes:

- Revisión periódica del cronograma con todos los involucrados.
- Actualización constante del alcance del proyecto.
- Creación y verificación de la lista de chequeo con el personal capacitado.
- Investigación de empresas o de personas expertas en el tema.
- Exigencia de un plan del proyecto y actualización del mismo según los avances y la aplicación de una gestión de cambios.
- Consideración de los impactos directos e indirectos (infraestructuras, seguridad, procesos, etc.)



Recomendaciones y limitantes

- Siempre trabajar con proveedores especializados y contar con mucho tiempo estipulado para dicho rubro; además, de asegurar que los insumos o los recursos utilizados tengan origen de calidad.

- Realizar mínimamente tres cotizaciones y que estas sean revisadas por especialistas y personal de la empresa.

- Las pruebas para la viabilidad tienen que ser «profundas» y no superficiales, que conste de varias semanas o quizá meses, para comprender el comportamiento y la magnitud de los procesos en diferentes condiciones y realidades.

- Los proveedores en licitaciones deben presentar casos de éxitos en implantaciones de proyectos similares y, si es posible, evidencias in situ de dichas iniciativas.

Actualización ficha: 16 Abril 2024



Empresa / implementador

COMPAÑÍA MINERA
COIMOLACHE S. A.



CIA MINERA COIMOLACHE S.A.
U.P. TANTAHUATAY

Ubicación:

Región Cajamarca, Perú.

La empresa, que inició operaciones en 2011, produce oro a tajo abierto. La mina es operada por Compañía de Minas Buenaventura y se ubica en en los distritos de Hualgayoc y Chugur, en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca, Perú.



Detalles de la buena práctica

Tipo de tecnología: convencional.

Meta: 5000 m³ de agua tratada reutilizada.

Descripción del proceso: el trabajo inició con la implementación de 120 m de tubería de HDPE de 2" desde el tanque de clarificación de agua tratada de la Planta de Efluentes Cianurados (PTEC) hacia la zona de preparación de reactivos de la planta Merrill Crowe. Asimismo, se instaló un flujómetro para la respectiva contabilización del consumo de agua tratada y válvulas en los puntos de uso de la preparación de reactivos.

La nueva tubería HDPE y accesorios (flujómetro) son necesarios para usar agua tratada producto del tratamiento en PTEC THY y con ello reducir el consumo de agua de fuentes naturales.

Tiempo de implementación: las obras se ejecutaron en tres meses.



Beneficios obtenidos

Reducción del consumo de agua de fuentes naturales para los procesos operativos (preparación de reactivos y mantenimiento de las plantas de tratamiento), logrando el 20 % de reemplazo de agua de consumo de agua fresca con fines industriales por agua tratada; esto equivale a 5 000 m³ al año.

Adicionalmente al proyecto ejecutado, la empresa ha implementado en sus procesos operativos un circuito cerrado de recirculación de agua del proceso que inicia con el riego del PAD de lixiviación con cianuro diluido en agua que infiltra hacia la parte baja de este. Luego, la solución rica es conducida hacia el proceso de recuperación de mineral, y el agua residual es almacenada en pozas para ser nuevamente usada en el riego del PAD.

Dicha práctica genera una recirculación total de 95 % de agua que es utilizada en el proceso metalúrgico; esto equivale a 10 000 000 m³ al año.

Otros beneficios

Conservación de los recursos hídricos: disponibilidad hídrica de fuentes naturales como quebradas y lagunas para su uso en actividades agropecuarias.

Contribución a la sostenibilidad: la implementación de prácticas sostenibles, como es la recirculación de las aguas, refleja el compromiso de la empresa con la sostenibilidad ambiental, de esta manera, junto con la implementación de proyectos de valor compartido, se obtuvo el «Certificado azul», reconocimiento otorgado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) a empresas hídricamente responsables.

Reducción de conflictos por el agua: en áreas donde el agua es un recurso escaso, la implementación de medidas para minimizar la extracción de agua de fuentes naturales ayuda a reducir los conflictos relacionados con el acceso y el uso del agua al garantizar un uso más eficiente y responsable de este recurso.



Recomendaciones y limitantes

•Identificar oportunidades de reutilización de aguas provenientes de las mismas tareas de los procesos operativos.

•Buscar la viabilidad de la ejecución de los proyectos en coordinación y soporte con las áreas operativas.



Empresa implementadora

COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S. A.



Costo de inversión y operación

- **Costos de inversión:** US 5000
- **Costos de funcionamiento:** Dentro de los costos de inversión.
- **Costo de operación:** Dentro de los costos operativos.
- **Costos no monetarios:** 200 horas hombre en la supervisión de obras y en el diseño de estas.



Aprendizajes de la implementación

Barreras superadas

- Tiempo de entrega de materiales y obra en general.
- Acondicionamiento de infraestructura.

Aprendizajes

- Revisión periódica del cronograma con todos los involucrados.
- Actualización constante del alcance del proyecto.
- Creación y verificación de la lista de chequeo con el personal capacitado.
- Concienciación permanentemente a los colaboradores para impulsar la implementación de conexiones en las plantas de tratamiento para su reutilización en el 100 % de sus actividades operativas.

Actualización ficha: 16 Abril 2024



Empresa / implementador

UNACEM PERÚ S. A.



Ubicación:

VMT - Lima y La Unión - Tarma - Junín, Perú.

Empresa especializada en la producción de cemento y de clínker del Grupo UNACEM con más de 60 años en el mercado .



Detalles de la buena práctica

Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales

PTAR Atocongo - Lima

Tecnología: PTAR tipo humedales (Wetland) de flujo subsuperficial.

Capacidad: 216 000 m³ al año.

Descripción: tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos físicos (cámaras de rejas y pozas de regulación de caudal), químicos (separación de sólidos suspendidos con coagulante y floculantes), biológicos (cámara de aireación y humedales de flujo subsuperficial), filtración y desinfección (aplicación de cloro gaseoso).

Almacenamiento: tanque de 1000 m³ de agua tratada.

Uso: riego de áreas verdes y sistema contra incendios.

Tiempo de implementación: 3 años.

PTAR Condorcocha - Junín

Tecnología: planta de tipo lagunaje con biotecnología y desinfección.

Capacidad: 126 000 m³ al año.

Descripción: tratamiento de aguas residuales domésticas mediante procesos físicos (rejas), biológicos (laguna de estabilización, aireación y microorganismos eficientes), ultrasonido (control de algas) , filtración (prefiltros y filtros de grava) y desinfección (aplicación de cloro líquido).

Uso: riego de áreas verdes (árboles).

Tiempo de implementación: primera etapa, 1 año; segunda etapa, 1 año.



Beneficios obtenidos

- Reutilización del 100 % de los efluentes.
- 2 plantas de tratamiento de agua residual (PTAR): Atocongo en Lima y Condorcocha en Junín, con una capacidad instalada de 216 000 m³ y 126 000 m³, respectivamente.
- A la fecha se tratan cerca de 200 000 metros cúbicos de agua residual al año reutilizándola en riego, volumen que equivale al agua subterránea y superficial que se deja de extraer.
- «Vertimiento cero» de aguas residuales.
- Se riegan más de 50 ha de áreas verdes con el agua residual tratada de ambas PTAR.
- Generación de ahorros de más de USD \$185 000 al año.

Otros beneficios

Con las plantas de tratamiento se deja de extraer agua fresca que puede abastecer a más de 1000 familias de las áreas de influencia directa de las operaciones de la empresa.

El reúso de los 250 000 m³ de agua residual tratada reusada en riego contribuye al reabastecimiento de la capa freática de las cuencas hidrográficas donde se emplaza la compañía.



Empresa implementadora

UNACEM PERÚ S. A.



Aprendizajes

Barreras superadas PTAR Atocongo - Lima

1. En el proceso de operación se tuvo mejoras de diseño como, por ejemplo: en los tanques de homogenización de caudal se necesitó adicionar agitadores con el fin de mejorar la homogenización del efluente previo a la adición del coagulante y floculante; además, se evitó el estancamiento del agua que generaba vectores y malos olores. Asimismo, esta agitación adicional ayudó en la aireación u oxigenación del efluente al reducir los valores de la DBO previo a la aireación.
2. Se implementó una ventana de conexión entre las pozas de regulación de caudal (de 60 m³ cada una), aumentando la capacidad de almacenamiento en 120 m³ y los tiempos de autonomía de esta etapa de tratamiento sin intervención del operario.
3. Se rediseñaron las ventanas de salida en el sedimentador laminar para retener los flocs y las grasas y llevarlos al tanque principal de lodos.
4. Se procedió con la estandarización de algunos equipos operativos para tener repuestos en el mercado nacional.
5. Se procedió, entre procesos que generaban vectores, al sellado de los tanques de trasvase y de almacenamiento de agua.



Empresa / implementador

UNACEM PERÚ S. A.



Ubicación:

VMT - Lima y La Unión - Tarma - Junín, Perú.

Empresa especializada en la producción de cemento y de clínker del Grupo UNACEM con más de 60 años en el mercado .



Aprendizajes

PTAR Condorcocha - Junín

1.El proceso de operación tuvo mejoras de diseño como, por ejemplo, la instalación del sistema de aireación y biotubos con los cuales se han obtenido valores de coliformes totales y termotolerantes menores a 1,8 (nmp/100 mL) y con eficiencias de remoción cercanas al 100 %.

2.El sistema de aireación ha mejorado la calidad del efluente de la PTAR en relación con los parámetros DBO5 coliformes totales y coliformes termotolerantes.

3.Instalación de un sistema de ultrasonido para el control de algas.

4.Con los prefiltros y filtros de grava se logró disminuir la concentración de sólidos totales presentes en el efluente.

Las barreras superadas, en su mayoría, fueron en temas de ingeniería que se fueron adaptando al tratamiento con el objetivo de mejorar la calidad del agua tratada.

PTAR Atocongo - Lima

1.Eficiencia en la planificación y en el desarrollo del proceso de mantenimiento.

2.Manejo de las plantas macrofitas en los humedales (ubicación, poda, etc.).

3.Proceso de limpieza y de mantenimiento de los humedales en cada etapa.

4.Conocimiento del uso del coagulante y floculante.

5.Reutilización de lodos secos en compostaje.

6.Estandarización de equipos.

PTAR Condorcocha - Junín

1.Eficiencia en la remoción de la DBO y en la degradación de microorganismos.

2.Proceso de limpieza y de mantenimiento de los motoventiladores.

3.Control de algas.

4.Manejos de lodos sobrenadantes con los prefiltros y filtros de grava

El aprendizaje por contar con estas PTAR de diferentes características y procesos en las plantas industriales ha llevado a tener diversos reconocimientos por parte del Estado como el premio de Ecoeficiencia, categoría Agua, entregado por el Ministerio del Ambiente en el año 2011; además, la empresa ha recibido visitas de parte de organismos públicos y privados, instituciones educativas e incluso la población de las áreas de influencia.

Lo anterior, según la experiencia de la empresa, llevó al desarrollo de un proyecto de tratamiento de aguas residuales domésticas en una población en Tarma; asimismo, se reconoce la importancia de gestionar el recurso agua bajo proyectos enfocados en la ODS: agua y saneamiento.



Costo de inversión y operación

Costos de inversión: PTAR Atocongo - Lima: USD/\$ 3 800 000

PTAR Condorcocha - Junín: USD/\$ 600 000

Costos de funcionamiento: PTAR Atocongo - Lima USD/\$ 120 000 al año.

PTAR Condorcocha - Junín: USD/\$ 35 000 al año.

Costo de operación: PTAR Atocongo - Lima: USD/\$ 95 000 al año.

PTAR Condorcocha - Junín: USD/\$ 15 000 al año.



Recomendaciones y limitaciones

En la evaluación de factibilidad de este tipo de proyectos se debe tener claro o contar con estabilidad jurídica (tarifas por disposición de efluentes, instrumentos ambientales requeridos, etc.) a fin de establecer los indicadores económicos financieros del proyecto.

Para la continuidad del costo beneficio evaluado en el estudio de factibilidad del proyecto se recomienda que los sectores coordinen y tengan claros los objetivos de ODS, incentivando a las empresas privadas en la ejecución de este tipo de iniciativas.



Referencias

Link:

<https://cwetlandsdata.com/casestudies/estudio-de-casos-humedal-UNACEM-Atocongo>.

https://unacem.pe/wp-content/uploads/2023/06/UNACEM-2022_Espanol_Bajas.pdf (cap. 7 - Gestión ambiental).

Actualización ficha: 16 Abril 2024

7.6 Recomendaciones y conclusiones caso peruano

- En el Perú, desde el año 2010, se cuenta con el marco legislativo para la reutilización de las aguas residuales, siendo la Autoridad Nacional del Agua, entidad adscrita al ahora Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, la entidad que brinda las autorizaciones para el reúso. Además, se cuenta con instrumentos de gestión de los recursos hídricos como la Política y la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos y el Plan Nacional de los Recursos Hídricos que contemplan el reúso de las aguas residuales; al igual que la Política Nacional de Saneamiento.
- La regulación del reúso de las aguas residuales es transversal y abarca a todos los sectores económicos, siendo el sector saneamiento el que ha desarrollado normas que incluyen una ley marco, una política y planes nacionales. En el sector de la industria manufacturera se cuenta con una hoja de ruta aprobada hacia una economía circular; el sector agrario y riego y el sector pesca están en proceso de formulación de dicho instrumento. Estas hojas de ruta son un mecanismo para promover, a nivel sectorial, el reúso de las aguas residuales bajo el marco de la economía circular: modelo que busca eliminar los residuos y la contaminación, circular los productos y materiales y regenerar la naturaleza.
- Si bien se cuenta con el marco institucional y legislativo para el reúso de las aguas residuales existen desafíos que deben ser abordados para despegar esta medida a gran escala: la ineficiencia de los procedimientos administrativos (duplicidad de tramites, amplios periodos de evaluación) desincentivan aplicarla en los proyectos de inversión; la falta de infraestructura junto con los vicios en los procesos de licitación para la construcción de infraestructura sanitaria genera paralización en la ejecución de las obras o en la entrega de estas que no pueden ser puestas en operación por deficiencias técnicas, situación que disminuye el interés de los inversores de fondos privados.
- La informalidad es una realidad del país donde algunas actividades se desarrollan fuera del marco legal. Para este sector es imposible contar con autorizaciones de reúso, siendo muchas veces usuarios clandestinos que, bajo condiciones no sanitarias, hacen uso de las aguas residuales sin ningún control.
- El rol de Estado debe ir más allá de solo autorizar, supervisar y fiscalizar; debe, bajo un contexto de escasez de agua y cambio climático, generar incentivos y beneficios reales que conlleven a cambios importantes sobre la gestión de las aguas residuales en el Perú.

8. REFERENTES OTROS PAÍSES



En el mundo hay diversos enfoques y rigurosidad en las regulaciones del agua residual. En el caso de la Unión Europea se ha tratado de homogeneizar parte de la regulación en los Estados miembros. En otros países como Estados Unidos y Australia la regulación depende de cada Estado. Países como Israel han avanzado significativamente en este aspecto dadas sus condiciones de escasez de agua y la necesidad de buscar fuentes de abastecimiento complementarias. Las normativas implementadas en otras partes del planeta se convierten en herramientas de información para identificar lecciones sobre el enfoque, las prioridades y las limitantes al momento de formular programas o normativas.

En el caso de la Unión Europea -UE-, en el contexto del Pacto Verde Europeo, el Plan de Acción de Economía Circular y la Estrategia de Adaptación Climática, las normativas hacen referencia a un uso más amplio de las aguas residuales tratadas como una forma de aumentar la capacidad de la UE para responder a las crecientes presiones sobre los recursos hídricos. En junio de 2023 entró en vigor el nuevo *Reglamento europeo sobre reutilización del agua para riego agrícola* que propende homogeneizar la regulación en los Estados miembros, salvo aquellos que hayan decidido no aplicarla. Si bien algunos Estados ya están implementando la reutilización de las aguas residuales, solo el 2,4 % de las aguas residuales urbanas tratadas son recuperadas y reutilizadas (Comisión Europea, 2023).

Por su parte, en los Estados Unidos algunos Estados han establecido programas para abordar específicamente la reutilización y otros han incorporado la reutilización del agua en sus programas existentes. Los gobiernos locales implementan iniciativas bajo la *Ley de Agua Potable Segura y la Ley de Agua Limpia* para proteger la calidad de las fuentes de agua potable y los cuerpos de agua como ríos y lagos. Estas normas proporcionan la base a partir de la cual los Estados pueden habilitar, regular y supervisar la reutilización del agua según lo consideren apropiado (EPA, 2023).

En el caso de Australia, se considera como uno de los países referente en cuanto a políticas de aguas residuales dado que cuenta con las Directrices australianas para el reciclaje de agua: *manejo de salud y riesgos ambientales*. Dentro de sus recomendaciones e incentivos al reúso señalan la implementación de programas de rebajas de costos en los sistemas de aguas residuales. Por otro lado, la regulación y los requisitos varían según el Estado: en Nueva Gales del Sur el agua gris sin tratamiento puede ser utilizada para el riego subterráneo, mientras que en Tasmania toda el agua gris debe ser tratada antes de su reutilización (Baeza, 2023c).

Otro referente mundial es Israel, con un clima preponderante semiárido y desértico y precipitaciones escasas y muy variables, siendo recurrentes las sequías prolongadas. No obstante, la crisis hídrica ha dado espacio para que a lo largo del tiempo se realicen cambios significativos en la administración de los recursos hídricos. Las políticas desarrolladas combinaron inversiones en infraestructura y tecnología, reformas institucionales, políticas de incentivos a través del sistema de precios y campañas de educación. La Ley de Agua de 1959 constituye el principal marco legal para la administración de los recursos hídricos. Esta norma definió el carácter de bien público del agua y el rol del Gobierno en su administración en beneficio de la población. Como resultado, mientras la mayoría de los países vierten sus aguas residuales a los ecosistemas, en Israel el 95 % de las aguas residuales son tratadas y cerca de un 86 % se reutilizan para actividades de riego en el sector agrícola, riego de parques públicos y caudales ecológicos (Dardati, 2021).

8. REFERENTES OTROS PAÍSES



Singapur es otro país referente en el reúso de aguas residuales. Tiene 5,5 millones de personas, con una densidad de población de 7485 personas/km² y, aunque cuenta con una precipitación media anual de 2340 mm, no le es posible almacenar agua por la limitada superficie disponible para embalses. Como resultado, Singapur depende del agua importada de Malasia y de la producción de agua reciclada y desalinizada. Su estrategia para asegurar su suministro hídrico comenzó en 1965 por la escasez y desde 1970 realiza importantes inversiones. Su denominada NEWater forma parte de una política integral de recursos hídricos, dicha tecnología consta de tres etapas: microfiltración o ultrafiltración, ósmosis inversa y desinfección ultravioleta. En períodos secos, NEWater se utiliza como agua potable indirecta para conservar el agua superficial; se mezcla con agua cruda y se trata de forma convencional antes de distribuirse. La reutilización del agua cubre hasta el 40 % de la demanda hídrica y se espera que para el 2050 se llegue hasta el 55 % (Bauer y Wagner, 2022).

En conclusión, en el mundo se ha avanzado en prácticas, políticas y regulaciones a diferentes velocidades. Las condiciones de sequía o escasez del recurso son determinantes para potenciar la innovación. Es claro que cada vez se presta más atención al **reúso del agua** como una forma de utilizar los recursos hídricos de manera estratégica, por lo que más gobiernos, organismos encargados de la gestión del agua y actores públicos y privados se suman para superar las barreras y las condiciones que existen para la aplicación de esta práctica[1].

[1] El estado mundial del reúso del agua. FLUENCE NEWS TEAM (2021) disponible en: <https://www.fluencecorp.com/es/estado-mundial-reuso-agua/>

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES



Los países de América Latina incluidos en esta publicación manejan diversos conceptos sobre recirculación y reúso del agua residual tratada. También hay diferencias en los sectores económicos reglamentados para aplicar este tipo de prácticas, así como en las normativas e instrumentos de política. Esta situación no es ajena a la disponibilidad de agua, asociada a la ubicación geográfica y a las condiciones de la demanda. Sin embargo, el sector gubernamental hace manifiesto su interés en desarrollar instrumentos de política y el sector empresarial avanza en optimizar sus procesos, elevar la productividad del agua y poner en práctica la recirculación y el reúso. Como fue mencionado en los casos internacionales, los principales avances en reúso surgen como respuesta ante la escasez y la necesidad de usar fuentes complementarias para el abastecimiento.

El adecuado tratamiento de aguas residuales previene la contaminación y combinado con la recirculación y el reúso permiten aumentar la eficiencia en el uso, la eficacia en el tratamiento e, incluso, pueden potenciar la recirculación segura de nutrientes y generación de energía, contribuyendo, además, con la sostenibilidad económica de las infraestructuras de depuración. En ese sentido, el adecuado tratamiento, monitoreo y trazabilidad permiten generar evidencias para hacer un uso seguro de aguas residuales tratadas. Esta es una preocupación con fundamento que requiere información y pruebas para avanzar en su viabilidad. Actualmente, puede considerarse que hay avances significativos en cuanto a tecnologías para el tratamiento [1].

Las autorizaciones o concesiones suministradas por las autoridades o instituciones competentes deben reflejar las capacidades técnicas y operativas para supervisar las prácticas de reúso y asegurar el cumplimiento de los controles y parámetros de calidad establecidos. En esta publicación se resaltaron algunos «cuellos de botella» sobre la claridad de los procedimientos, los costos de las concesiones y las capacidades de las instituciones para fomentar y escalar el reúso.

En términos generales, podría decirse que en los países de América Latina no hay un marco normativo y regulatorio que defina las facultades de los actores sectoriales para el aprovechamiento de las aguas residuales; así mismo, persiste un desconocimiento sobre el potencial de reusar el agua tratada a nivel técnico y político en donde son pocos los programas que financien, promueven o apoyen estas prácticas aunado a la desconfianza de la población para el reúso de agua residual tratada en actividades productivas (Larrea, Christian J.; Sasaki, Keisuke; Smith, David, 2022).

Un marco de gobernanza estructurado favorece la coordinación entre diferentes partes interesadas, facilitando la planificación estratégica, la claridad de competencias, el cumplimiento normativo y la colaboración para potenciar la innovación y el acceso a tecnologías. Una oportunidad para el reúso del agua como un campo de acción que permite alinear los objetivos del sector privado con los del Gobierno y de la sociedad.

La claridad del marco normativo e institucional y las políticas de incentivos y esquemas tarifarios consecuentes pueden fomentar las responsabilidades de las empresas con la gestión del agua y acelerar las inversiones para el desarrollo de infraestructura para el reúso. La presente publicación busca contribuir con el análisis conceptual y normativo para reforzar los esfuerzos en cada uno de los países, motivando los intercambios para compartir experiencias y lecciones en la región. Se destaca la necesidad de la articulación y el trabajo conjunto entre los sectores público y privado para promover este tipo de prácticas, teniendo en cuenta que se ha demostrado que mayores porcentajes de financiación pública y un marco regulatorio sólido y claro estimulan la participación de los actores privados.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES



Los veintiún casos de aplicación recopilados permitieron identificar esfuerzos, inversiones y resultados de empresas de múltiples sectores empresariales: manufactura, agrícola, servicios públicos, extracción de hidrocarburos, entre otros; casos que elucidan tres ejes de trabajo: i) recuperación de fuentes alternativas de agua para reducir la demanda sobre los sistemas de suministro existentes, siendo el caso de la recolección, el tratamiento y el uso de agua lluvia; ii) recirculación o uso del agua residual tratada en el mismo proceso de producción, reduciendo el volumen de captación y el volumen de vertimientos, ahorrando dinero en facturas de agua y tasas por vertimientos; iii) reúso de agua en otros procesos de producción, como es el uso de efluente industrial tratado para riego agroforestal.

La sistematización y publicación de estas experiencias permite evidenciar casos como referencia para otras empresas, incentivar el diálogo con instancias públicas y la articulación desde agremiaciones empresariales para estimular voluntades en este eje de trabajo.

El programa **El agua nos une** de la Agencia para el Desarrollo y la Cooperación -COSUDE- agradece el compromiso de socios y aliados para el logro de esta publicación y hará la divulgación entre practicantes y profesionales de la región para dar continuidad a las reflexiones, al trabajo y a los enlaces sobre la Gestión Corporativa del Agua.

Análisis Brasil

- ANA. (2009). Agência Nacional de Águas e Saneamento. Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética.
- ANA. (2021). Agência Nacional de Águas e Saneamento. Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. In Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.
- ANA. (2022). Agência Nacional de Águas e Saneamento. Conjuntura dos Recursos Hídricos. In Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.
<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>
- ABNT. (1997). Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira - NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 60 p.
- ABNT. (2019). Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira - NBR 16783: Uso de fontes alternativas não potáveis em edificações. Rio de Janeiro, RJ, 2019.
- Bahia. (2010). Resolução do Conselho Estatal de Recursos Hídrico (CONERH) nº 75. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal. Diário Oficial do Estado da Bahia. Salvador/BA.
- Brasil. (2020). Diário Oficial da União. Lei Federal nº 14.026, de 16 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984/2020, nº 10.768/2003, nº 11.107/2005, nº 11.445/2007, nº 12.305/2010, nº 13.089/2015, nº 13.5029/2017. Brasília, DF.
- Brasil. (2011). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, completa e altera a Resolução nº 357, de março de 2005. Brasília, DF.
- Brasil. (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios para o reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, DF.
- Brasil. (2005). Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília.
- Ceará (2017). Resolução COEMA Nº 2/2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Diário Oficial do Estado do Ceará. Fortaleza.
- CEBDS. (2022). Produção de Água para Reúso - Posicionamento para Advocacy Reúso de Água: Oportunidades, Investimentos e Desafios.
- CNI. (2020). Estudo sobre o impacto econômico dos investimentos de reúso de efluentes tratados de esgoto para o setor industrial (Vol. 6, edição de agosto).
- Dantas, D. L., y Sales, A. W. C. (2009). Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso de água. RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental. 3(3), 4-19.
- Hespanhol, I. (1997). Esgotos como Recurso Hídrico - Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico-financeiras e Sócio-culturais, Engenharia, Instituto de Engenharia de São Paulo, nº.523, ano 55, São Paulo.
- Hespanhol, I. (2002). Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 7(4), 75-95. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p75-95>
- Interáguas. (2017). Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil.
- Lima, E. P. da C. (2018). Água e indústria: Experiências e desafios (Issue 1).
- Minas Gerais. (2020). Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídrico (CERH) nº65. Diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG.

- Moura, P. G., Aranha, F. N., Handam, N. B., Martin, L. E., Salles, M. J., Carvajal, E., Jardim, R., y Sotero-Martins, A. (2020). Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 25(6), 791-808.
<https://doi.org/10.1590/s1413-4152202020180201>
- FIRJAN (2006). Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria.
- Rio Grande do Sul. (2020). Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) n° 419. Critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul. *Diário Oficial Eletrônico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre/RS.
- Rio de Janeiro. (2022). Panorama geral das oportunidades de reúso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgoto. In Secretaria do Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS).
- Santos, A. S. P., Gonçalves, R. F., Melo, M. C. de, Lima, M. A. de M., Y Araujo, B. M. de. (2020). Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reúso no Brasil. *Revista Sustinere*, 8(2), 437-462.
<https://doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>
- Santos, A. S. P., y Lima, M. de A. M. (2022). Nota Técnica 2 - Aspectos legais relacionados ao reúso de águas como diretriz de institucionalização da prática no Brasil. *Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2(3), 15-27.
https://abes-dn.org.br/pdf/cadernos/RESA_NT_v2n1_compressed.pdf
- Santos, A. S. P., y Vieira, J. M. P. (2020). Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 50-68.
- São Paulo. (2020). Resolução conjunta SES/SIMA N° 1/2020. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo.
- Silva Junior, L. C. S. (2019) Panorama do Reúso de Efluentes em Estações de Tratamento de Esgoto: Análise das Concessionárias de Saneamento da Região Sudeste. *Novas Edições Acadêmicas*. 92 p.
- Tognon, M. F. (2021). Normatização e Regulamentação do Reúso de Água no Brasil: A necessidade de instrumentos jurídicos específicos no âmbito federal.

Análisis Chile

- AIDIS (2016). Edición especial. Reúso de aguas servidas tratadas. Fortalezas y debilidades. El costo de no reusar. *Visión desde el sector sanitario*.
- Angloamerican (s.f.). FutureSmart MiningTM: Operaciones más seguras, sustentables y eficientes.
<https://chile.angloamerican.com/innovacion.aspx>
- Banco Mundial (2020). El agua residual puede generar beneficios para la gente, el medioambiente y las economías, según el Banco Mundial.
<https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/03/19/wastewater-a-resource-that-can-pay-dividends-for-people-the-environment-and-economies-says-world-bank>
- Banco Mundial (2022). El agua en la agricultura.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#:~:text=En%20promedio%2C%20en%20la%20agricultura,cuentan%20con%20instalaciones%20de%20riego>
- Baeza, E. (2023a). Normas de calidad para aguas residuales tratadas destinadas a diferentes usos Casos de Chile, España, Australia e Israel.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/34145/1/Informe_Normas_Aguas_Residuales__Final_.pdf
- Baeza, E. (2023b). Propiedad de las aguas residuales en el extranjero: casos de Estados Unidos de Norteamérica, España, Israel y Australia.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/34391/1/Minuta_propiedad_aguas_residuales_extranjero_Final.pdf

- Baeza, E. (2023c). Regulaciones en Chile y el extranjero en materia de aguas grises (recolección, tratamiento y usos) Casos de Chile, Australia, Estados Unidos, Canadá, Israel, Medio Oriente, Europa, entre otros países.
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/34597/2/Informe_Regulaciones_Aguas_Grisas.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo (2022). El reúso de agua residual tratada en América Latina y el Caribe: 10 estudios de caso. División de Agua y Saneamiento. Nota Técnica N° IDB-TN-2567.
- Biblioteca Nacional del Congreso de Chile (2018). Informe científico Parlamentario. El agua como recurso vital.
- Biblioteca Nacional del Congreso de Chile (2021). Recursos hídricos: principios para una gestión integral, regulación e institucionalidad en Chile, y referencia a las aguas transfronterizas y el caso del Silala. Serie Informes N° 15-21, 23/09/2021.
- Comisión Europea (2023). Reutilización del agua: nuevas normas de la UE para mejorar el acceso a un riego seguro.
- Diagua Consultores (2019). Desarrollo de un Modelo Regulatorio Institucional Financiero que Viabilice el Reúso de las Aguas Residuales en Chile. Informe Final.
- Dirección General de Aguas (2023). Boletín 538, Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas.
- Donoso, G. y; Rivera, D. (2020). Desafíos del reúso de aguas residuales tratadas en Chile.
- EPA (2023). Basic Information about Water Reuse.
<https://www.epa.gov/waterreuse/basic-information-about-water-reuse>
- Escenarios Hídricos 2030 (2021). Resumen Ejecutivo. Gobernanza desde las Cuencas: Institucionalidad para la Seguridad Hídrica en Chile. Fundación Chile.
- Escenarios Hídricos 2030 (2022). Gobernanza desde las cuencas. Institucionalidad para la Seguridad Hídrica en Chile.
- Fundación Chile (2016). Aguas residuales como nueva fuente de agua. Diagnóstico del potencial reúso de aguas residuales en la Región de Valparaíso.
- Fundación Chile (2019). Escenarios Hídricos 2030-EH2030. Transición Hídrica: El Futuro del Agua en Chile.
- Hormazábal, N. (2023). Uso de aguas grises en la agricultura surge como una solución a la escasez hídrica.
<https://www.paiscircular.cl/agua/uso-de-aguas-grises-en-la-agricultura-surge-como-una-de-las-soluciones-a-la-escasez-hidrica/>
- Leiva, Sánchez, Serrano, Schneider, Alv y Rodríguez (2020). Reutilización de aguas grises en Chile: propuesta de implementación en comunidades rurales como alternativa de mitigación para la escasez hídrica.
- Maldonado, C. (2021). Ley de reutilización de aguas grises: dos miradas sobre una normativa que hace tres años esperan por un reglamento para aplicarla.
<https://www.paiscircular.cl/ciudad/ley-de-tratamiento-y-reutilizacion-de-aguas-grises-dos-miradas-sobre-una-normativa-que-hace-tres-anos-espera-por-un-reglamento-que-permita-aplicarla/>
- Melón (2022). Reporte Integrado 2022.
<https://www.melon.cl/wp-content/uploads/2023/04/MELON-20230403-Baja.pdf>
- Naciones Unidas Chile (2021). Escasez hídrica en Chile: Desafíos pendientes.
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2021). Chile: el desarrollo hídrico está en deuda.
<https://www.uc.cl/noticias/chile-el-desarrollo-hidrico-esta-en-deuda/>
- Sepúlveda Celis, Felipe (2023). Reutilización de las aguas servidas. Su régimen jurídico a la luz de la doctrina y legislaciones comparadas.
- Sociedad Nacional de Minería (s.f.). Informe consumo de agua en minería 2019 - 2020.
- Stevens Salazar, Evelyn Inés (2021). Implementación del reglamento sobre condiciones sanitarias para la reutilización de aguas grises. Reúso residencial - Análisis desde la experiencia comparada.
- Vicente, Agustín (2022). Uso del agua: uno de los principales retos para las industrias en Chile.
<https://www.reporteminero.cl/noticia/columnistas/2022/03/uso-agua-industrias-chile>

Análisis Colombia

- Acevedo, M. P. (2021). Análisis de políticas públicas y mecanismos de mercado que inciden en la gestión corporativa del agua en Colombia.
- Alcaldía de Envigado. (29 de Abril de 2019). Envigado te informa. Obtenido de <https://www.envigadoteinforma.gov.co/category/medio-ambiente/enviaseo/>
- Álvarez, G. (2017). El reúso de aguas residuales en Colombia. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Álvarez, G. L. (2017). El reúso de aguas residuales en Colombia. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- ANDI. (30 de Mayo de 2019). ANDI. Obtenido de Sector privado presenta avances en proyecto de reúso del agua: <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/12423-sector-privado-presenta-avances-en-proy>
- ANDI. (2019). Encuesta de Opinión Industrial Conjunta. ANDI.
- ANDI. (s.f.). Sistema de Aprovechamiento de Aguas Tratadas - Doria. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/Caso-Productos-Alimenticios-Doria-Sistema-Reuso-Agua-Tratada-2022.pdf>
- Banco Mundial. (2018). Agua residual: De residuo a recurso.
- Banco Mundial. (2018). China: Mejorar los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado en la provincia de Jiangsu.
- Banco Mundial. (2018). Wastewater : From Waste to Resource - The Case of Atotonilco de Tula, Mexico. Washington DC: Water Papers.
- Banco Mundial. (2018). Wastewater: From Waste to Resource. The Case of Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Washington DC: Water Papers.
- Banco Mundial. (2022). El agua en la agricultura.
- CADIS. (2016). Huella de Agua (ISO 14046) en América Latina, análisis y recomendaciones para una coherencia regional.
- Contexto ganadero. (04 de 03 de 2021). CONtextoganadero. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-fazenda-estrena-planta-de-biogas-para-reducir-emisiones>
- CTA; DNP. (2017). MISIÓN CRECIMIENTO VERDE. Medellín.
- DANE. (2016). Censo Nacional Agropecuario. Bogotá: DANE.
- Echeverri, A. (2011). Reúso para el riego del efluente de la PTAR-C: Evaluación del potencial impacto en las propiedades físicas del suelo y la productividad de la variedad de caña de azúcar CC85-92. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Ecopetrol. (12 de 02 de 2021). Ecopetrol. Obtenido de Gestión integral del agua: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/ResponsabilidadEtiqueta/Medio%20ambiente/gestion-integral-del-agua>
- Ecopetrol. (12 de Febrero de 2021). Gestión Integral del Agua. Obtenido de Ecopetrol: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/ResponsabilidadEtiqueta/Medio%20ambiente/gestion-integral-del-agua>
- Ecopetrol. (s.f.). El agua vuelve a la tierra- experiencias sostenibles. Obtenido de https://www.ecopetrol.com.co/documentos/80200_Publicacion_tiempo_ecopetrol.pdf
- FAO. (DICIEMBRE de 2023). FAO. Obtenido de Portal de datos de indicadores de los ODS: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/642-water-stress/es>
- FIC-R. (2014). Diagnóstico del potencial de reúso de aguas residuales en la Región de Valparaíso. Valparaíso.
- Función Pública. (26 de Mayo de 2015). Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. DECRETO 1076 2015. Bogotá, Colombia.
- Gómez, S. (27 de 05 de 2021). VI FORO DE TENDENCIAS DE ENERGÍA. (A. Jaramillo, Entrevistador)
- IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá.
- IDEAM. (2016). Estudio Nacional del Agua.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua. Bogotá.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua - ENA. Bogotá.
- IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua. Bogotá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- IFC, ICMM. (2017). Shared Water, Shared Responsibility, Shared Approach: Water in the mining sector.
- ISO, 1. (2016). Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices.
- Jaramillo, M. F. (2014). Potencial de reuso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación en el valle geográfico del río Cauca María. Esucela de recursos naturales y del medio ambiente.
- Lillo Ramos, J. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza para adaptar la gestión del agua al cambio climático. Obtenido de The Conversation ES.:
<https://theconversation.com/soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-adaptar-la-gestion-del-agua-al-cambio-climatico-179735>
- Mesa, O. B. (2023). Incentivos tributarios en materia ambiental para la industria de insumos de la construcción. Medellín: Comunicaciones Ambientalmente.
- Minambiente. (2005). Resolución 1023 del 2005. Bogotá.
- Minambiente. (2010). Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico. Bogotá.
- Minambiente. (2014). Resolución 1207 del 2014.
- Minambiente. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. Flujos de Agua.
- Minambiente. (2021). AJUSTE NORMATIVO RESOLUCIÓN 1207 DE 2014. Bogotá.
- Minambiente. (2021). Resolución 1256 del 23 de noviembre del 2021.
- Minambiente. (2022). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico/conozca-los-beneficios-tributarios-para-empresas-que-ayuden-a-proteger-el-medio-ambiente/>.
- Minciencias. (2022). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. Obtenido de https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios/cuales-son
- Naciones Unidas. (2015). Contribución de las empresas a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el agua. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/business_session_final_16_01_2015.shtml
- Organización Internacional de Normalización. (2006). Gestión ambiental – Análisis de ciclo de vida – Principios y marco de referencia.
- Sika. (05 de 04 de 2023). Sika Colombia. Obtenido de Sostenibilidad: <https://esp.sika.com/es/sostenibilidad/dimension-ambiental/water-waste/rainwater-collection--sika-colombia.html>
- Trojan Technologies. (2014). Trojan UV - Case Studies.
- UNESCO. (2017). Escasez y calidad del agua.
- Urrutia, C. (2006). Sustainable management after irrigation system transfer - Experiences in Colombia - The RUT Irrigation District. Wageningen University.
- Waterxpert.net. (2021). Aguasresiduales.info. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/simbiosis-industrial-una-nueva-forma-de-pensar-y-g-xrWQn>
- WWDR. (2018). Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. Obtenido de [https://reliefweb.int/report/world/soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-gestion-del-agua#:~:text=Una%20soluci%C3%B3n%20basada%20en%20la,por%20ejemplo%2C%20el%20paisaje\).](https://reliefweb.int/report/world/soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-gestion-del-agua#:~:text=Una%20soluci%C3%B3n%20basada%20en%20la,por%20ejemplo%2C%20el%20paisaje).)
- WWF. (Diciembre de 2023). WWF. Obtenido de Glosario ambiental: ¿Por qué debería preocuparnos el estrés hídrico?: https://wwf.panda.org/wwf_news/?336790/Glosario-ambiental-Por-que-deberia-preocuparnos-el-estres-hidrico
- Comisión Nacional del Agua (2019). Estadísticas del Agua en México.
- María Eugenia de la Peña, Christian Larrea, Keisuke Sasaki, David Smith p. cm. El reúso de agua residual tratada en América Latina y el Caribe: 10 estudios de caso – (Nota técnica del BID ; 2567)
- Ortiz R., G. (1993). Conceptos originales relevantes de la Ley de Aguas Nacionales. Ingeniería Hidráulica en México, (1): 7-13
- Ley de Agua Nacionales. Texto vigente 2022.

- Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente.
- NOM-014-CONAGUA-2003 Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
- NOM-003-SEMARNAT-1997 límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.
- NMX-AA-184-SCFI-2021 Metodología para determinar el volumen de uso eficiente de aguas nacionales y la huella hídrica azul directa.

Análisis Perú

- ANA (2011). Gestión del agua y oportunidades para el desarrollo profesional. Imágenes y apuntes para un coloquio amigable con las universidades.
www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/1_gestion_del_agua_en_peru_ing_atp_0_2.pdf
- ANA (2015). Tribunal Nacional de Resoluciones de Controversias Hídricas. Resolución N° 052-2015-ANA/TNRCH.https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r052_cut_47328-2014_exp_301-2014_marine_products_service_sa_0_0.pdf
- ANA (2018). Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana.
- ANA (2020). Cuentas ambientales y económicas del agua en el Perú. Documento Técnico 2018.
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4705>
- ANA (s.f.). El agua en cifras. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Bauer y Wagner (2022). Posibilidades y desafíos de la reutilización de aguas residuales: aspectos de planificación y ejemplos realizados. <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/10/1619>
- Ávalos, O. (2020). Gestión del reúso de aguas residuales tratadas en el Perú.
- CEPAL (2022). Oportunidades de la economía circular en el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe
- CEPLAN (2020). Crisis por el agua. <https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/r30>
- Cerro Verde (2020). Reporte de Sostenibilidad 2020.
<https://www.cerroverde.pe/assets/img/publicaciones/mineria-cobre-molibdeno-arequipa-minera-cerro-verde-peru-reporte-2020.pdf>
- Cooperación Alemana para el Desarrollo (2018a). Fundación Backus y Municipalidad Metropolitana de Ate. Reúso de aguas residuales tratadas para riego de áreas verdes.
<https://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20N%C2%B06%20Ficha%20Backus%20y%20Muni%20de%20Ate.pdf>
- Cooperación Alemana para el Desarrollo (2018b). Esmeralda Corp y la municipalidad de San Juan de Miraflores: Reúso de aguas residuales tratadas para riego de áreas verdes.
<https://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20N%C2%B01%20SJM%20y%20Esmeralda%20Corp.pdf>
- Dardati (2021). La gestión hídrica en Australia e Israel: dos modelos, un solo fin. Centro de Estudios Públicos. Edición digital N° 587. Octubre, 2021.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022). Perú, Anuario de Estadísticas Ambientales 2022.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf
- MINAM (2019). Catálogo de medidas de mitigación.
- Naciones Unidas (s.f.). La Agenda para el Desarrollo Sostenible. 17 Objetivos para las personas y el planeta.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- OECD (1993). Glossary of industrial organisation economics and competition law.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (s.f.). Fiscalización ambiental en aguas residuales.
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Pinto, Yuri (2020). Gestión de aguas residuales en la actividad minera, Ministerio de Energía y Minas.

- Páucar Aedo, F. G. y Real Ferrer, G. (2022). Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental*, 4, 75-100. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2022.4.05>
- SUNASS (2022). Diagnóstico de las Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras.

Análisis general

- FAO (2023). Obtenido de Portal de datos de indicadores de los ODS: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/642-water-stress/es>. Tomado diciembre 2023
- Banco Mundial (2023). Estadísticas estrés hídrico en el mundo. <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWST.ZS?end=2020&start=1962&view=chart>
- Banco Mundial (2023). Extracción anual de agua dulce para uso agrícola (% del total de extracción de agua dulce). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS?end=2020&start=1962&view=map>
- Banco Mundial (2023). Estadísticas extracción de agua dulce para uso industrial (% del total de extracción de agua dulce). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWIN.ZS?end=2020&start=1962&view=map>
- Banco Mundial (2023). Estadísticas extracción de agua dulce total (% de recursos internos). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWTL.ZS?end=2020&start=1962&view=map>

- Páucar Aedo, F. G. y Real Ferrer, G. (2022). Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental*, 4, 75-100. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2022.4.05>
- SUNASS (2022). Diagnóstico de las Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras.

Análisis general

- FAO (2023). Obtenido de Portal de datos de indicadores de los ODS: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/642-water-stress/es>. Tomado diciembre 2023
- Banco Mundial (2023). Estadísticas estrés hídrico en el mundo. <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWST.ZS?end=2020&start=1962&view=chart>
- Banco Mundial (2023). Extracción anual de agua dulce para uso agrícola (% del total de extracción de agua dulce). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS?end=2020&start=1962&view=map>
- Banco Mundial (2023). Estadísticas extracción de agua dulce para uso industrial (% del total de extracción de agua dulce). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWIN.ZS?end=2020&start=1962&view=map>
- Banco Mundial (2023). Estadísticas extracción de agua dulce total (% de recursos internos). <https://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWTL.ZS?end=2020&start=1962&view=map>

Análisis **conceptual y normativo**
sobre la recirculación y el reúso del
agua en Brasil, Chile, Colombia,
México y Perú.