

REÚSO DEL AGUA EN COLOMBIA Y BRASIL

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA NA COLÔMBIA E NO BRASIL

Camila Alejandra Bejarano Mosquera^I
 Ingrid Eliana Ortiz Moncada^{II}
 Laura Nayely Moreno Vanegas^{III}
 Laura Vanessa Vargas Guerrero^{IV}
 Marcelo Alves Rodrigues de Sousa^V
 Manuel Esteban Quiroz Escobar^{VI}
 Paula Alejandra Delgado Valencia^{VII}
 Ricardo Henrique da Silva^{VIII}
 Vítor da Silva Miguel^{IX}
 Wilmar Alirio Botello Suárez^X
 Rose Maria Duda^{XI}

RESUMEN

Las aguas residuales son aquellos efluentes generados en actividades humanas, tales como domésticas, agropecuarias o industriales y que han perdido sus cualidades de agua potable obligándose a ser desechadas sin dar otro uso posterior. Teniendo en cuenta los datos analizados tanto de Colombia como de Brasil, en el reúso de aguas residuales se puede concluir que Colombia ha colocado más interés en el reúso de este recurso renovable por medio de implementación de normas y regulaciones del vertimiento de aguas residuales principalmente en las áreas industriales

Palabras clave: Aguas. Aguas residuales. Reuso.

RESUMO

-
- ^I Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: cbejaranom@unbosque.edu.co
- ^{II} Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: iortizm@unbosque.edu.co
- ^{III} Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: lnmorenov@unbosque.edu.co
- ^{IV} Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: lvargasg@unbosque.edu.co
- ^V Estudiante del Curso de Tecnología en Gestión Ambiental. Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Email: marcelo.souza78@fatec.sp.gov.br
- ^{VI} Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: mquiroz@unbosque.edu.co
- ^{VII} Estudiante del Curso de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: pdelgadov@unbosque.edu.co
- ^{VIII} Estudiante del Curso de Tecnología en Gestión Ambiental. Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Email: ricardo.silva188@fatec.sp.gov.br
- ^{IX} Estudiante del Curso de Tecnología en Gestión Ambiental. Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Email: vitor.miguel01@fatec.sp.gov.br
- ^X Professor. Universidad El Bosque. Bogotá, Colômbia. Email.: wbotello@unbosque.edu.co
- ^{XI} Professora. Faculdade de Tecnologia “Nilo de Stéfani”. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Email.: rose.duda@fatec.sp.gov.br

Águas residuais são aqueles efluentes gerados em atividades humanas, como domésticas, agrícolas ou industriais, e que perderam suas qualidades de água potável, obrigando-os a serem descartados sem dar qualquer outro uso. Levando em conta os dados analisados da Colômbia e do Brasil, na reutilização de águas residuais pode-se concluir que a Colômbia tem colocado mais interesse na reutilização deste recurso renovável através da implementação de normas e regulamentos para o despejo de águas residuais, principalmente em áreas industriais.

Palavras-chave: Águas. Águas residuárias. Reuso

Data de submissão do artigo: 06/03/ 2022.

Data de aprovação do artigo: 02/12/2022.

DOI: [10.52138/citec.v14i1.214](https://doi.org/10.52138/citec.v14i1.214)

1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso renovable que es indispensable para el ser humano, tanto para su consumo como para su desarrollo socioeconómico. Este recurso ha venido escaseando de manera exponencial y por ello se propone el reúso del agua residual. Se conoce como reúso del agua residual al aprovechamiento de este recurso proveniente del vertimiento industrial de aguas por medio de tratamientos físicos, químicos o biológicos logrando estándares de calidad admisibles para realizar actividades económicas que no implique el consumo humano como actividades urbanas, tales como apagados de incendios, actividades agropecuarias o industriales. En Colombia, esta acción ha tomado bastante fuerza desde la implementación de la Resolución 0631 de 2015 la cual enuncia “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” norma aplicada para más de 73 actividades productivas presentes en ocho sectores del país (MINAMBIENTE, 2015).

La gestión integral del recurso hídrico es una estrategia importante para que los países entiendan la realidad de la escases de agua potable y el cambio climático para así preparar a las comunidades para afrontar los episodios de sequías, el crecimiento poblacional con la demanda de agua potable son directamente proporcionales sumado al deficiente sistema de tratamiento de aguas negras, la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea, generan un efecto negativo en la calidad de las fuentes hídricas especialmente en las de consumo humano. En consecuencia, el reúso del agua se toma como una herramienta importante con el fin de suplir las necesidades de aquellas actividades que no requieran agua potable para ser realizadas, servir de fuentes alternativas para momentos de sequía temporales y restar el deterioro progresivo de las fuentes hídricas.

Este documento tiene como objetivo analizar y comparar el reúso de agua en Colombia y en Brasil, con el fin de especificar los requisitos y condiciones a las que está sometida esta actividad, de igual manera visualizar la eficiencia de esta alternativa de solución brindada por los Estados en pro del crecimiento poblacional y la mesura en uso de las fuentes hídricas naturales. Así mismo, se realiza un complemento ambiental para así establecer las situaciones, dificultades y aciertos que ha presentado la implementación de esta actividad.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las aguas residuales son aquellos efluentes generados en actividades humanas, tales como domésticas, agropecuarias o industriales y que han perdido sus cualidades de agua potable obligándose a ser desechadas sin dar otro uso posterior. En Colombia se le conoce a este tipo de agua como utilizadas, servidas, negras o efluentes líquidos; el reúso de aguas negras tiene como finalidad recuperar estas aguas residuales por medio de tratamientos físicos y/o biológicos con fin de utilizarlas en actividades humanas no consumibles bajo ciertos estándares mínimos de calidad (VILLA HOYOS, 2020).

El reúso para actividades económicas abastece las zonas que no requieren de agua potable para ejercer actividades como el lavado de autos, riego de jardines, lavado de zonas comunes, vías o espacios públicos, riegos de campos de golf, descargas de baterías sanitarias, atención de incendios en la construcción de edificaciones urbanas, entre otras. Para que este recurso sea de consumo humano, debe ser llevado a la potabilización por medio de membranas u osmosis inversa (HOYOS VILLA, 2020). Este tipo de actividad tiene como finalidad la recuperación del ambiente apoyando la reforestación por medio de la creación de humedales artificiales en las actividades agropecuarias el consumo de agua es mayor, allí se puede utilizar para el riego de cultivos de vegetales y hortalizas, alimento para los animales, por otro lado, en las industrias, el agua se utiliza para el enfriamiento de maquinarias, descargas de inodoros, para minería o perforación de pozos de hidrocarburos (REYES, MARÍA; ACEVES, ÁNGEL; MARTÍNEZ, 2012; BERNAUS et al., 2020).

Los países latinoamericanos han implementado el reúso de agua potable por medio de leyes de estricto cumplimiento para prevenir las consecuencias de cambio climático y el abastecimiento de una población en crecimiento. Colombia y Brasil no son la excepción para la aplicación de estos. En Colombia, las aguas residuales son consideradas bienes de dominio público en virtud de lo dispuesto en el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente (CRN), al ser de dominio público, cualquier persona puede solicitar el derecho de uso mediante concesión, el reúso de agua para las actividades agrícolas e industriales deben cumplir las siguientes condiciones (ÁLVAREZ PINZÓN, 2017):

Uso agrícola: Las aguas residuales provenientes del riego deben ser utilizadas preferencialmente para nuevos usos en riego. Uso industrial: Según lo establecido en el artículo 226 del Decreto 1541 de 1978 es obligación de las industrias reciclar aguas residuales que generen, siempre que se usen técnicas de recuperación y éste sea económicamente factible.

Según los numerales anteriormente citados y lo establecido por el CRN, se encuentra autorizado el reúso interno de aguas residuales de las actividades agropecuarias e industriales. Adicionalmente, en el sector agrícola se permite el reúso externo, siempre y cuando provenga de un sector de la economía similar, de esta manera se permite aliviar el estrés hídrico y promover la conservación de aguas de fuentes dulces, bajo la Resolución 1207 de 2014 se realiza el seguimiento y control de estas actividades. En la Ley 99 de 1993 (artículo 65) se asignó a los municipios y distritos ejecutar programas de reciclaje de residuos líquidos; con la expedición de la Ley 373 de 1997 todos aquellos pertenecientes a las actividades económicas primarias y secundarias debían hacer reúso de las aguas servidas. Esta obligación quedó condicionada a ser aplicada solamente en aquellos casos en que el proceso técnico y económico lo amerite y aconseje según el análisis socioeconómico y que existan unas normas de calidad ambiental (ÁLVAREZ PINZÓN, 2017; MINAMBIENTE, 2015).

A través de los siguientes años se mencionaron algunas especificaciones de calidad

de agua, y el reúso de agua residual siguió siendo una obligación de los particulares de ser considerada dentro de los planes de uso eficiente y ahorro del agua para ser aprobadas por las autoridades ambientales, pero solo hasta el año 2014 con la Resolución 1207 se establecieron unas normas específicas de calidad para el reúso de agua, de no ejercer dicha actividad. En el año 2010 fue aprobada, por parte del Consejo Nacional Ambiental (CNA), la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), donde quedó establecido el uso eficiente y sostenible del agua como una estrategia orientada a fortalecer la implementación de procesos y tecnologías de ahorro y uso eficiente del agua, donde el reúso del agua residual ofrece una solución ambientalmente amigable, capaz de reducir los impactos negativos asociados con la extracción y descarga de aguas contaminadas a los cursos naturales de aguas (ÁLVAREZ PINZÓN, 2017; MINAMBIENTE, 2015). Algunos de los ejemplos más destacados en Colombia son:

2.1 Manejo, tratamiento y reúso del agua en la estación de vehículos “Los Ángeles” Kennedy, Bogotá D.C

Después de que se realiza el lavado de vehículos, el agua residual es conducida por un canal hasta el desarenador. El desarenador cuenta con cuatro rejillas que impiden el paso de los sólidos gruesos, luego el agua es recogida por ocho trampas de grasa y lodos de manera descendente hasta llegar a la bomba sumergible impulsando el agua al dosificador químico de coagulante y floculante de tipo líquido llamado ASPRE y al dosificador de hipoclorito de sodio llamado CLOROX; el agua sigue hasta el cono de mezcla rápida y cae al tanque clarificador. El tanque clarificador cuenta con cuatro compartimentos; el primer compartimiento se encarga de realizar la mezcla lenta y libera las partículas del floc, pasa por el segundo compartimiento donde se va clarificando el agua y sedimentando el lodo, en el tercer compartimiento están ubicados los paneles o módulos de sedimentación que cumplen la función de restringir el pasode partículas resultantes en el tratamiento hasta llegar al cuarto compartimiento, donde el agua clarificada es conducida a la bomba tipo caracol e impulsada al filtro pulidor y a el filtro desodorizador y controlador de espuma. Antes de llegar al tanque de almacenamiento principal se adiciona la tercera dosificación que es un agente químico antiespumante emulsionado llamado SILICONA (Tabla 1) (ASDRUBAL; ALEJANDRA, 2015).

Tabla 1 - Resultado datos de laboratorio

PARAMETRO	UNIDADES	RES 3957 DE 2009	RESULTADO LABORATORIO	CUMPLIMIENTO
DBO5	mg/L	800	132	Si
DQO	mg/L	1500	246	Si
Grasas y aceites	mg/L	100	20	Si
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	600	33	Si
Sólidos Sedimentables	mg/L	2	0,1	Si
Tensos activos	mg/L	20	10	Si

Fuente: (ASDRUBAL; ALEJANDRA, 2015)

El tanque de almacenamiento principal está ubicado subterráneamente y conectado a dos tanques más que reparten el agua tratada a las hidro lavadoras y es distribuida al lavadero de vehículos nuevamente hasta por un mes. Al lado del tanque principal se encuentra el tanque auxiliar también subterráneo que se encarga de almacenar agua tratada en caso de que suceda una emergencia. Los lodos sedimentados del tanque clarificador se van expulsando gracias a una tubería externa de drenaje de lodos. Al igual los residuos sólidos provenientes del filtro son drenados de la misma manera (ASDRUBAL; ALEJANDRA, 2015).

Según lo anterior, se indica que la estación de lavado de vehículos “Los Ángeles” cumple con los estándares de calidad de agua de la Resolución 3957 de 2009 y con respecto a la Unidades de Contaminación Hídrica se clasifica en grado de contaminante bajo.

2.2 Huella hídrica de una finca ganadera lechera bajo las condiciones agroecológicas del Valle del Cauca

Las altas demandas de agua para la producción agropecuaria, ha generado la necesidad de cuantificar los consumos de este recurso con el fin de establecer medidas de manejo. Se realizó un estudio para determinar la huella hídrica de un hato lechero bajo las condiciones agroecológicas del corregimiento de Rozo Municipio de Palmira Valle del Cauca. Los resultados mostraron que para producir un litro de leche se necesita 1,9 m³ de agua, de los cuales 97,4% son requeridos por cultivo (forraje) para su ciclo productivo, todo lo anterior evidencia la necesidad de establecer alternativas para el uso y reúso del agua dentro del sistema ganadero, mediante establecimiento de cosechas, reservorios y manejo de aguas de lavado con el fin de ser reutilizadas (MARTÍNEZ MAMIAN; RUIZ ERAZO; MORALES VELASCO, 2016).

Alternativas de reúso de agua producto de la explotación de carbón de una mina ubicada en la vereda Rasgatá Alto del Municipio de Tausa, Cundinamarca (GARZÓN BELLO; GUZMÁN GUTIÉRREZ, 2020):

- Tratamiento usando polvo de horno de cemento;
- Sistema de tratamiento passivo;
- Tratamiento del drenaje de minas con barreras permeables reactivas BPR;
- Evaluación de los métodos químicos y biogénico para el tratamiento
- Osmosis inversa y nanofiltración
- Sedimentación laminar
- Tratamiento utilizando microorganismos sulfatoredutores y torre de aireación

Brasil es uno de los países más ricos en fuentes hídricas con un 20% de disponibilidad en el mundo. Sin embargo, la mayor parte de la población no está instalada en las regiones con mayor disponibilidad de agua excepto la región semiárida brasileña, por ejemplo el sudeste brasileño, es una región en la que se encuentra la mayor cantidad de la población del país se ha encontrado recientemente en una situación de crisis en relación con los recursos hídricos, especialmente para el suministro en las grandes ciudades, esto se ve en consecuencia de la cultura del desperdicio (CERATTI, 2016). Actualmente, uno de los mayores desafíos de la reutilización de agua en Brasil es precisamente revertir esta cultura de exceso de agua e inculcar en la sociedad el entendimiento de que la inclusión del agua reutilizada en la matriz hídrica nacional debido a que puede ser la solución de muchos problemas derivados de la escasez, así como de los conflictos por el uso del agua (MEJIA; MELO; SANTOS, 2020).

La reutilización de agua residual en Brasil sigue siendo tímida y temerosa. El malestar hídrico vivido en los últimos años en regiones con alto desarrollo socioeconómico

reforzó la intención de los organismos competentes de aplicar la reutilización. Sin embargo, no se están dando los pasos más audaces debido a varios factores, tales como: I) importantes trabas burocráticas; II) falta de regulación (aspectos legales y rectores); III) miedo en relación a la receptividad de la sociedad y desconocimiento de la mejor forma de llegar a ella con el tema; IV) falta de disposición para enfrentar nuevos desafíos tecnológicos y de gestión estratégica; V) falta de articulación técnico-política para viabilizar los proyectos; VI) falta de definición de responsabilidades, y VII) personal técnico con baja calificación en el tema (LEITE, 2022).

Brasil realiza una reutilización indirecta del agua en todas las regiones del país pero de manera no planificada, sólo el 40% de las aguas residuales generadas en el país se someten a algún tipo de tratamiento. Según la situación de los Recursos Hídricos en Brasil publicada por la Agencia Nacional del Agua en 2018 (MEJIA; MELO; SANTOS, 2020), se estima que el caudal de reutilización de agua en el país es de aproximadamente 2 m³/s (equivalente al suministro de aproximadamente 800.000 habitantes), y puede alcanzar un potencial a mediano plazo (en 2030), de 10 a 15 m³/s y a largo plazo de hasta 175 m³/s.

En orden cronológico, el primer documento normativo que abordó el tema fue la Norma Brasileña de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT, 1997), NBR 13.969/1997, la cual menciona los parámetros individuales de reutilización para criterios de diseño para unidades complementarias de fosa séptica. Posteriormente, el avance fue realizado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), con resolución CNRH N° 54/2005 (CNRH, 2005) que delimitó los tipos de posible reutilización, sin embargo, no se determinaron parámetros de calidad del agua asociados a los tipos de reutilización. Por otro lado, el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) abordó únicamente en un artículo (artículo 27), que las fuentes de recursos hídricos deben, siempre que sea posible y apropiado, proceder a la reutilización de sus efluentes, siendo una vez más, un caso fallido para abordar los parámetros de calidad del agua (MEJIA; MELO; SANTOS, 2020).

2 CONSIDERACIONES FINALES

Teniendo una cuenta los datos analizados tanto de Colombia como de Brasil, una el aguas residuales se puede concluir que Colombia una colocado más interés una el de este recurso renovable por de implementación de normas y regulaciones del vertimiento de aguas residuales principalmente una las áreas industriales. Colombia una tenido una consciencia lento donde una visualizado una futuro de consciencia hídrica y una aumento poblacional exponencial por factores externos como la migración de extranjeros, lo cual conlleva a una aumento una la demanda de alimentos principalmente una las zonas agrícolas y de igual forma una aumento industrial por aumento de demandas laborales. Caso contrario se visualiza una Brasil, donde algunas empresas han implementado por acción propia consciencia de aguas residuales para su reutilización, pero no se una implementado por parte del Gobierno alguna regulación al respecto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad El Bosque (Bogotá Colombia), y a la Facultad de Tecnología “Nilo de Stéfani”- FATEC (Jaboticabal, São Paulo, Brasil). Trabajo realizado en el Intercambio Virtual (COIL), entre estudiantes de los programas de Ingeniería Ambiental (Universidad El Bosque) y de Tecnología en Gestión Ambiental (FATEC).

REFERENCIAS

- ABNT. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**, 1997. Disponível em: www.abnt.org.br. Acesso em: 5 out. 2021.
- ÁLVAREZ PINZÓN, G. L. El reúso de aguas residuales en Colombia. **Derecho de aguas. Tomo VII**, 2017.
- ASDRUBAL, T. G. J.; ALEJANDRA, T. B. Y. **Manejo, tratamiento y reuso del agua en la estación de lavado de vehículos “los ángeles” Kennedy, Bogotá d.** [s.l.] UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS FACULTAD, 2015.
- BERNAUS ET AL., H. V. **Evaluación económica de la reutilización de agua para la creación de humedales artificiales.** [s.l: s.n.].
- CERATTI, M. K. **Brasil tiene sed a pesar de ser dueño de 20% del agua en el mundo.** Disponível em: https://elpais.com/internacional/2016/08/01/america/1470076598_000832.html. Acesso em: 5 out. 2021.
- CNRH. **Resolução nº 54: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.**, 2005. Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-173-34-2005-11-28-54>. Acesso em: 5 out. 2021.
- GARZÓN BELLO, L. J.; GUZMÁN GUTIÉRREZ, L. T. Alternativas de reúso del agua producto de la explotación de carbón de una mina ubicada en la vereda Rasgatá alto del municipio de Tausa, Cundinamarca. 2020.
- HOYOS VILLA, F. J. Reúso De Las Aguas Residuales Como Alternativa Al Estrés Hídrico En Colombia. p. 129–151, 2020.
- LEITE, A. C. F. L. **desobstrução de sistemas sanitários utilizando reuso de efluentes de estação de tratamento de esgoto sanitário.** [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, 2022.
- MARTÍNEZ MAMIAN, C. A.; RUIZ ERAZO, X. A.; MORALES VELASCO, S. Huella Hídrica De Una Finca Ganadera Lechera Bajo Las Condiciones Agroecológicas Del Valle Del Cauca. **Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 14, n. 2, p. 47, 2016.
- MEJIA, M.; MELO, M. C. DE; SANTOS, A. S. P. REUSO: INSTRUMENTO DE UM NOVO MODELO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Águas do Brasil**, 2020.
- MINAMBIENTE. **Vertimientos y Reúso de aguas residuales.** Disponível em: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/vertimientos-y-reuso-de-aguas-residuales/>. Acesso em: 5 out. 2021.
- REYES, MARÍA; ACEVES, ÁNGEL; MARTÍNEZ, A. Investigación , desarrollo tecnológico e innovación para el cuidado y reuso del agua Research , technology development and. v. 2, n. : 0188-4557, p. 203–216, 2012.