

Imprimir

El servicio de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales constituyen un componente esencial de la gestión ambiental, sanitaria y territorial del país, al estar directamente relacionadas con la protección de los recursos hídricos, la salud pública, la resiliencia frente al cambio climático y las oportunidades de aprovechamiento de flujos materiales y energéticos; nuestra cultura occidental lo soluciona usando el agua como vehículo de transporte y dilución de las excretas humanas^[1].

En Colombia, este servicio se ha desarrollado bajo un marco regulatorio amplio y progresivo, que combina normas ambientales, sanitarias, de servicios públicos y, más recientemente, instrumentos asociados a la acción climática y la economía circular. No obstante, la evolución normativa no siempre ha estado acompañada de una implementación efectiva ni de una visión integral que articule cobertura, eficiencia operativa, sostenibilidad financiera y alternativas tecnológicas que incluyan el aprovechamiento de subproductos y atiendan eficazmente un problema serio adicional que es el de los alcantarillados combinados y el de la mezcla de las aguas residuales domésticas con las aguas lluvias en los sistemas de alcantarillado; es importante revisar las alternativas existentes de recolección, captación, conducción, tratamiento, de las aguas residuales y la disposición y aprovechamiento de los diferentes subproductos de la gestión de excretas humanas en el marco del siglo 21.

Así, por ejemplo, ante la creciente incertidumbre de abastecimiento por el cambio y variabilidad climáticas, la captación de aguas lluvias del techo de las viviendas es una práctica cada vez más extendida para usarla tanto en actividades cotidianas y también como reserva para tiempos de escasez[2]; adicionalmente, las lluvias, cada vez más frecuentes, imprevisibles e intensas enfrentan una cultura que reemplazó las zonas blandas por zonas duras y los gobiernos locales establecieron unos planes de desarrollo de sus localidades, que no tuvieron en cuenta sus consecuencias y luego han aprobado unos Planes de Ordenamiento Territorial que no cumplen con la Ley 388 de 1997, ni hay autoridad que los controle y la hagan cumplir, generando mayor urbanismo con mayor densificación y edificabilidad y con superficies duras, que a las autoridades municipales y a los concejos municipales no les interesa o no visualizan su impacto futuro. Es cierto que hay casos importantes de sindéresis, pero hoy vivimos el problema del “volteo de tierras” en muchos

municipios.

Preocupa el desconocimiento técnico que representa tener redes con mayores diámetros, mayores infraestructuras y sistemas de bombeo, construcción de ellas según tipos de suelos y pendientes requeridas para un adecuado drenaje, que ocasionan mayores costos para su manejo y de los impactos en los diferentes tipos de tratamiento, todo ello aunado sin tener en cuenta la variabilidad climática y hoy acelerado por el cambio climático, lo cual exige atender con urgencia las lluvias crecientes.

Ante estas condiciones, existen alternativas tanto de alcantarillados de menor diámetro, exclusivamente para aguas residuales domésticas, o también, la distribución de la recolección y tratamiento de las aguas residuales en varios sectores y plantas, de tal manera que no se requieran tuberías colectoras de gran diámetro y plantas muy grandes. En cuanto a las lluvias, las “ciudades esponja” empiezan a hacer mucho sentido, pues la recarga de acuíferos y los reservorios temporales para recibirlas y administrarlas más gradualmente aparece ya como alternativa en ciudades como Cali y Medellín. Los alcantarillados “combinados” deben desaparecer lo más pronto posible, pues los sistemas de tratamiento de aguas residuales, las PTAR, no logran eficiencia alguna con aguas tan diluidas y si queremos obtener gas metano, lodos con nutrientes y aguas de riego previamente tratadas, necesitamos contar con aguas residuales lo más concentradas posibles.

Los avances tecnológicos para los diferentes tipos de tratamiento tienen hoy requerimientos específicos para poder realizar procesos más eficientes, eficaces y con mejores posibilidades de optimizar el tipo subproductos resultantes que finalmente viabilizan el reuso, la recirculación y el aprovechamiento del agua residual debidamente tratada. Uno de ellos, de manera fundamental, es el de disponer de las aguas residuales domésticas en su concentración real, pues la dilución con aguas lluvias por alcantarillados combinados o conexiones erróneas altera la eficiencia de las PTAR.

Las aguas lluvias en exceso, diluyen los componentes de las aguas residuales y deterioran su proceso de tratamiento. Así, las aguas pluviales de origen público, deben separarse

totalmente del manejo de las aguas residuales de origen doméstico. Las aguas lluvias deben manejarse con el criterio de desarrollar un buen sistema de drenaje, que además requiere de un manejo de control de inundaciones, de analizar y prevenir riesgos y desastres. Son un servicio público de orden municipal, pero no un servicio público de orden doméstico, tal como sucede con el alumbrado público hasta el momento. Sin embargo, hacia el futuro, es posible que se requiera incorporar estos costos dentro de las tarifas como una posibilidad de su financiación, dada la condición de más frecuencia y volumen de escorrentía, teniendo en cuenta su beneficio diferencial de acuerdo al estrato socioeconómico que se relaciona con el tamaño predial.

En la tarifa de agua aparece el costo de la tasa de uso y de la tasa contributiva; la primera para garantizar el mantenimiento de la cuenca y la segunda para incentivar el tratamiento y disposición segura de las aguas residuales domésticas tratadas y las “externalidades” aguas abajo. Hacia el futuro tendrán que revisarse ambas para incorporar debidamente las consideraciones anteriores. Podemos pensar que hacia el futuro la idea es que sólo sea el agua residual doméstica, proveniente de los inodoros la que se deba tratar en las PTAR, mientras que las “aguas grises” provenientes de duchas, lavamanos y lavaplatos, dentro de una estrategia de reuso más fuerte, podrían separarse para reusarse más fácilmente y las aguas lluvias de los techos servirían de depósitos de emergencia o realimentación de los inodoros y el resto de aguas lluvias alimente sistemas de recarga de acuíferos o incluso depósitos de agua para prever las épocas de sequía.

El sistema de manejo de las aguas pluviales y de escorrentía, que hoy *no es un servicio público domiciliario* y que puede ser conducida hacia zonas de recarga de acuíferos, zonas verdes, fuentes hídricas o parcialmente almacenado en lagos de retención, naturales y artificiales, hoy llamados SUDS - “Sistemas Unitarios de Desarrollo Sostenible”, van a conformar el concepto de “Ciudad Esponja”, cuyas aguas captadas pueden también ser tratadas, infiltradas, reutilizadas, recirculadas, etc., y hacen pensar que hacia el futuro, es posible que también tengamos que incorporar aunque sea parcialmente su costo dentro de la tarifa, teniendo en cuenta la dimensión creciente del tema, la gran diferencia socioeconómica de los usuarios y su participación en el área sujeta a lluvias y escorrentía.

Otro replanteamiento importante es la conveniencia técnica de minimizar las distancias de conducción, evitando los costos de redes matrices de gran diámetro y profundidad, mayores estaciones de bombeo^[3], y mayores magnitudes y tamaños de sistemas de tratamiento, sectorizando las ciudades y creando subsistemas más pequeños, con la posibilidad de devolverle a la fuente hídrica más cercana agua tratada de buena calidad, los macro sistemas de regionalización podrían pasar a un segundo plano.

Es fundamental también analizar qué tipo de tratamiento de aguas residuales debe implementarse, para tener las mejores posibilidades de aprovechar los posibles subproductos, entre ellos el riego controlado a cultivos, la producción de biogás y el uso de los biosólidos. Ello depende tanto de las condiciones locales de los sistemas de alcantarillado, como de las posibilidades de uso de los subproductos en el entorno. Así, por ejemplo, en ciudades costeras y regiones con sequía, es importante reconsiderar la disposición mediante emisarios submarinos y cambiarla por el posible reúso del agua en irrigación controlada de cultivos; este ejercicio debería hacerse en Cartagena, Santa Marta y Riohacha por lo menos.

En el caso Colombiano, tenemos que proponernos que el sistema combinado vaya desapareciendo en el tiempo en un plazo lo más corto posible, para lo cual el municipio correspondiente debe planificar su territorio para que las nuevas construcciones urbanísticas y los nuevos desarrollos, tengan doble sistema de evacuación, uno el de las aguas residuales que solo lleven aguas residuales y otro, el manejo del drenaje pluvial que incluye la captación de las aguas de escorrentía, para lo cual debemos aprovechar que las redes existentes en los diferentes municipios, han cumplido su vida útil y deben ser sustituidas. Más adelante podemos pensar en sistemas que No usen el agua como difusor y transporte de las excretas; sobre ello debemos propiciar investigación e innovación, que podría ser muy apreciada internacionalmente,

En síntesis, hacia el futuro inmediato y cercano, las aguas residuales domésticas deben llegar a un sistema adecuado para su tratamiento, cumpliendo con las características de la normativa existente, con el fin de que puedan ser reutilizadas, en sistemas de riego, lavado de vías, o en la misma PTAR e inclusive, con mucho más control, recirculadas para ser

potabilizadas en la medida en la cual la escasez lo exija.

Los lodos resultantes del tratamiento pueden ser utilizados previo compostaje, para mejoramiento de suelos agrícolas. También según sus características, podrían ser utilizadas en todo o en parte, para elaborar materiales para la construcción (tejas, ladrillos, baldosas) o para crear elementos caseros, como floreros, materas, etc. Aunque existen otros materiales alternativos y complementarios para estos usos, como son los materiales de escombros de procesos de construcción de vivienda principalmente. La producción de gas metano, su captura y aprovechamiento son incuestionablemente prioritarios, aunque su valorización depende del manejo separado de las aguas lluvias, del sistema de tratamiento que se escoja, del caudal, de la carga orgánica que se tenga y de la climatología del lugar.

Las aguas residuales industriales en áreas urbanas deben contar normalmente con un proceso de tratamiento separado de las aguas residuales domésticas, antes de su descarga a las redes de alcantarillado público, cumpliendo con la normatividad existente en cada caso, por parte de la Autoridad Ambiental urbana respectiva o CAR, según sea el caso. Los subproductos del tratamiento de las aguas residuales domésticas, como el biogás, el lodo, el agua tratada y las sustancias tales como nutrientes (nitrógeno, fósforo), micronutrientes (hierro, magnesio, calcio, etc.) deben, dentro del concepto de la economía circular, llevar incluso a la reconceptualización del diseño de los procesos de tratamiento para optimizar su posible aprovechamiento y posterior mercadeo, venta y comercialización, acorde con la normatividad pertinente.

En la década de los 80, el célebre ingeniero José Henrique Rizo Pombo, premio nacional de ingeniería 1983, propuso el Alcantarillado Sanitario sin arrastre de sólidos (ASAS); Este tipo de alcantarillado consiste en el conjunto de pozos sépticos o cámaras de retención y biodigestión instaladas y conectada a redes de tuberías de diámetros y pendiente menores cuando se lo compara con el alcantarillado sanitario convencional, pues no arrastran los sólidos, que se depositan inicialmente en dichas cámaras de amortiguación de caudal, de sedimentación y de procesamiento anaeróbico, instaladas en proyectos nuevos de urbanismo, o en áreas o sectores que permitan el paso de servidumbres por patios internos,

pero también pueden ubicarse en zonas públicas de fácil acceso para la limpieza periódica y aprovechamiento de los sólidos procesados. Su instalación no es profunda, aproximadamente 0,70 m, con pendientes muy moderadas, 1 al 2%, pues como ya se explicó, no tienen que arrastrar los sólidos y con tuberías de menor diámetro pues reciben caudales más estabilizados y no conectados con alcantarillado pluvial de ningún tipo.

Han sido probadas en barrios de menor capacidad económica y en sectores rurales, pero su potencialidad es alta en estratos más altos, pues además que los costos en zonas planas y alto nivel freático se reducen a un 50% y no requieren estaciones de bombeo o condiciones de redes sumergidas, evitando riesgos de infiltración de aguas de cuña salina o, al contrario, de contaminación de acuíferos; presentan la particularidad que remueven hasta el 50% de la contaminación del agua residual doméstica convencional. Es importante recalcar que para que estos sistemas ASAS funcionen bien se requieren tres condiciones: 1) la instalación de sistemas efectivos de ahorro y uso eficiente del agua en las viviendas, 2) la desconexión total de aguas lluvias; 3) el mantenimiento periódico de los tanques anaeróbicos recolectando los lodos acumulados. 4) se forma gas metano, que podría aprovecharse, aunque requeriría una organización para ello. Estos Sistemas sirven eficazmente para poblaciones en torno de 10.000 habitantes, que bien diseñados y construidos, pueden permitir el riego de zonas verdes y agrícolas. El sistema no debe recoger aguas lluvias ni de escorrentía; dependiendo de la cantidad de biogás que se genere y pueda captarse y depurarse, este puede ser reutilizado en la misma PTAR o entregarlo a la red domiciliaria de biogás que pueda construirse, por lo menos para algunas viviendas vecinas; lo cual debe definirse en el diseño. De lo contrario se debe quemar en una tea, ya que bajo ningún punto de vista puede permitirse su descarga atmosférica directa.

Los Planes de Ordenamiento Territorial POT deben tener en cuenta la inclusión de las áreas de recarga y descarga de acuíferos de tal manera, que el urbanismo no afecte las condiciones naturales del terreno y, por tanto, estos tipos de sistemas de drenaje y manejo de las escorrentías, los SUDS y el control de inundaciones, cobran importancia para rediseñarlos en función de esta misión. Se requieren nuevas figuras administrativas o institucionales, como las de “arriendo” de predios privados, que sirvan de sumideros

temporales del agua, durante las épocas de inundación o exceso de aguas.

Como cada alcalde es el responsable de la prestación de los servicios públicos generales y entre otros, del servicio doméstico de alcantarillado sanitario y lo hace directamente o por contratación con una o varias Empresas Operadoras de Servicios Públicos Domiciliarios (ESPD), así mismo puede y si lo considera conveniente, contratar el sistema del drenaje pluvial, o el diseño, la construcción, la operación el mantenimiento y el manejo y el del sistema de alcantarillado pluvial y de esorrentía aquí indicado, ya sea por zonas o sectores previamente definidos. De lo anterior se infiere la necesidad de concebirlo y desarrollarlo de manera coordinada con el sistema de alcantarillado sanitario, teniendo en cuenta su origen, sus magnitudes, sus proyecciones, sus manejos e inclusive su posibilidad de pretratamiento para reutilizar o recircular esas aguas.

En la zona urbana, la cobertura de recolección y transporte de aguas residuales se ubica en el 93%, mientras que la cobertura de recolección, transporte y tratamiento (64%), con diferencia en 29 puntos porcentuales, nos indica atrasos en el tratamiento de las aguas residuales significativos; Esto sin contar otras realidades como el deterioro de las redes de tubería por rotura o resquebrajamiento debido al peso vehicular, la mala instalación, calidad de los materiales, que puede llegar a ser una cifra importante, como, por ejemplo, el problema adicional de la infiltración de aguas marinas provenientes de la cuña salina propia de estas condiciones y terrenos costeros. Las conexiones fraudulentas contribuyen al cuadro total. En el caso de ciudades costeras como Cartagena y Santa Marta, se presentan problemas de intrusión de la cuña salina a las redes de alcantarillado, afectando totalmente el tratamiento de las aguas residuales en caso de que existan[4]. Por esta razón, tanto la separación de alcantarillado pluvial del sanitario como la reparación de las entradas o salidas es fundamental; existen tecnologías de reparación interna de las tuberías, ampliamente usadas en países como en USA y otros europeos y asiáticos y poco usadas en Colombia.

En los centros poblados de la zona rural, existe un rezago entre la cobertura del servicio de alcantarillado de solo recolección y transporte (44%), y la cobertura incluido el tratamiento (9%) con diferencia de 35 puntos porcentuales. Allí, el problema es de otra índole, pues no se

han ensayado sistemas alternativos e innovadores, como el ASAS; alcantarillado sin arrastre de sólidos, que es óptimo para terrenos planos y de alto nivel freático, pues pueden significar hasta un 50% de ahorro en los costos y menores riesgos de infiltración y el tratamiento con sistemas RAFA, reactores anaeróbicos de masa suspendida con flujo ascendente, que fueron desarrollados por el CINARA de la Universidad del Valle a partir de los trabajos en Holanda y que para las condiciones intertropicales demuestran grandes ventajas; El agua resultante de los ASAS lleva sólo el 50% de la carga contaminante, que sirve como insumo de riego bien manejada, es decir, con algún método básico de desinfección previa; el agua resultante de los RAFA produce, además de gas metano, aguas de riego confiables con un método adicional de desinfección. Desafortunadamente, el país ha hecho muy pocos proyectos piloto en ese sentido, desperdiciando una gran oportunidad tecnológica, que incluso podría ser aplicable a situaciones urbanas de expansión de nuevos barrios, con la posibilidad de combinar pozos sépticos interconectados por tuberías de menor diámetro y pendiente, que permitirían tanto el aprovechamiento periódico de los sedimentos digeridos de los pozos sépticos y de los efluentes al final del tubo que presentarían un 50% de la carga orgánica y sólidos suspendidos requiriendo un tratamiento de desinfección.

En las zonas rurales dispersas, se implementan sistemas descentralizados y soluciones individuales de tratamiento, como los sistemas de tanque séptico o, en algunos municipios pequeños y medianos, el RAFA, para atender su población urbana. No debemos olvidar tampoco la disposición “en seco” adecuada para estas zonas, que, si se maneja bien, puede resultar en el aprovechamiento de las excretas para la agricultura con grandes ventajas. La experiencia China del “nigth soil”, suelo de noche, en la cual grandes cantidades de excretas parcialmente procesadas se recogían y se llevaban a campos de cultivos y se compostaban mezclándolas con tierra para posteriormente usarlas de abono, debe darnos indicaciones de potencialidad en esta coyuntura crítica de limitación de abonos nitrogenados y otros de origen químico.

La información con la que se cuenta al año 2022, es la existencia de 728 sistemas de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas y rurales; sin previsiones de aprovechamiento de las aguas o lodos resultantes de manera formal; sin embargo, 374

indicaron estar fuera de operación; es decir el 51,37% de las construidas en el país, lo cual indica la urgencia de evaluar las razones de esta realidad a fondo.

Es muy importante señalar que Colombia es posiblemente el país con más facultades de ingeniería Ambiental y Sanitaria en América Latina y posiblemente por habitante[5] y es paradójico que eso suceda. El problema de las responsabilidades de los municipios y las CAR's no se ha dirimido y no se ha involucrado suficientemente a las universidades en estas tareas. Se siguen manuales generales para soluciones específicas, sin suficiente innovación resaltando como excepciones el caso de los RAFA, Reactores Anaeróbicos de flujo Ascendente en Suspensión, que como dijimos anteriormente, fueron inicialmente de origen holandés y adaptados y evolucionados por el CINARA de la Universidad del Valle; existen algunos avances aislados en filtros percoladores o torres empacadas con matrices plásticas en algunos sitios.

Según el ENA (Estudio Nacional del Agua) de 2022, en el año 2020 solo se removió el 49% de Demanda Química de Oxígeno (DQO), 48% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), el 53% de Sólidos Suspendidos Totales (SST), el 9% de Nitrógeno Total (NT) y 15% de Fósforo Total (PT) y se esperaría que el 80% de DBO y de SST hubieran sido el resultado. En otra fuente, aparece que para el 2022, se trató el 55,07% de las aguas residuales. Sin embargo, esa mirada es la convencional de extracción de algunos elementos del agua residual pero no representa la visión de posible aprovechamiento de nutrientes para el riego ni de producción de biogás ni de biosólidos. De hecho, en el mundo hoy se promueven sistemas de inodoros que separan la orina de las excretas sólidas, que permiten aprovechar nutrientes que sirven a la agricultura como en nitrógeno y el fósforo directamente; los sanitarios institucionales pueden ser un buen comienzo en ese sentido.

Existen experiencias de tratamiento aerobio con Lodos Activados, como en Medellín en la Planta San Fernando, o se están programando como el caso de la Planta Canoas de Bogotá, que requieren energía permanente para proveer oxígeno a la columna de agua, que podrían ser crecientemente factibles por la disminución de costos de las energías renovables y por el costo del suelo. Sin embargo, hasta el momento se estima que se han hecho grandes

inversiones con altos costos de operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales con resultados pobres o mediocres, entre otras razones por la falta de cultura de operación y mantenimiento constante y de claridad acerca de las responsabilidades municipales y la pobre colaboración entre las CAR's y estos entes municipales. En las regiones Caribe y Andina, se encuentran ubicadas una gran cantidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales, con aparente alta y muy alta alteración potencial de la calidad del agua en subzonas hidrográficas, según informa la CRA.

En municipios medianos a pequeños y en urbanizaciones, se usan RAFA, reactores anaeróbicos de flujo ascendente, con resultados aparentemente satisfactorios, así como tradicionalmente han sido utilizadas las lagunas de oxidación y facultativas (Duncan Mara y otros) que presentan el problema de la extensión del área requerida y de crecimiento de vegetación sin control adecuado; el tratamiento secundario (biológico) es el más utilizado con un 88% siendo el anaeróbico, con los RAFA, aparentemente el que más aplicaciones presenta. Los sistemas aerobios de lodos activados y filtros percoladores son también usados especialmente en sistemas de mayor número de habitantes o en instalaciones industriales o institucionales. El uso de sistemas anaerobios en el tratamiento biológico tiene como subproducto el metano, un gas de efecto invernadero (GEI) con 84 veces más poder de afectación que el CO₂ en los primeros cinco años y de 24 veces en toda su vida residual. Las plantas de tratamiento de aguas residuales producen tanto efluentes líquidos con contenido de muchas sustancias, como también de sólidos, como producto de la sedimentación resultante de los procesos biológicos y gases, en su mayoría con implicaciones de efecto invernadero. En el año 2023, se generaron en total 181.502 toneladas de lodos, que deben ser dispuestas.

Se debe anotar la importancia del Ahorro y Uso Eficiente del Agua como factor previo para poder lograr una economía circular del agua, porque el volumen y la dilución de los elementos son definitivos en la factibilidad de las alternativas[6]. Debemos avanzar más rápidamente hacia una visión integral del aprovechamiento, abordando tres (3) frentes estrechamente interdependientes:

- El reúso y la recirculación de aguas residuales tratadas, tanto para riego como para recarga de acuíferos o la potabilización directa, considerando las condiciones de cada municipio y de los requerimientos de calidad.
- La producción y uso de biogás como alternativa para mejorar el desempeño energético de las PTAR, reducir costos operativos y mitigar emisiones, incluyendo elementos técnicos clave del proceso de digestión anaerobia, el potencial de codigestión y las barreras actuales para el reconocimiento tarifario de inversiones y costos asociados.
- El aprovechamiento de biosólidos y la recuperación de nutrientes, resaltando su valor agronómico, los criterios de clasificación sanitaria y los condicionantes técnicos que determinan su uso seguro y sostenible en el sector agrícola.

La transición desde un enfoque lineal convencional centrado en el tratamiento hacia un enfoque circular de valorización requiere ajustar incentivos, fortalecer instrumentos de planificación e inversión, y articular actores del territorio, de modo que el reúso y recirculación del agua tratada, la recuperación energética y el retorno de nutrientes se conviertan en resultados verificables y escalables en el país. Una vez más, el ahorro y uso eficiente del agua definen altamente las posibilidades, pues los volúmenes usados en el lavado de manos y las duchas, así como en la cocina y lavado de ropas aumentan el caudal y disminuyen la concentración, así como introducen sustancias que pueden afectar los procesos. Por ello, las señales tarifarias y la disponibilidad, oferta y promoción de todas las alternativas tecnológicas de ahorro y uso eficiente de agua deben incluirse siempre en las estrategias de aprovechamiento y economía circular del agua y sus subproductos.

Como lo mencionamos en un artículo anterior en Revista Sur, la experiencia reciente de instalación de medidores individuales de agua en Quito, Ecuador, puesto que en numerosas urbanizaciones se encontraba un contador colectivo, demostró que se logró con esa simple medida, disminuir el consumo alrededor del 20 al 24%, lo cual hubiera significado un aumento de la tarifa del orden del 60 a 66% si permanecían los contadores colectivos por edificio o urbanización, en los cuales se promediaba el costo total, pues algunos aprovechaban a los demás, consumiendo en exceso. Si bien es cierto que conceptualmente esta medida estuvo bien tomada y se aplica en nuestro país, así como la de los subsidios cruzados a los diferentes estratos, es necesario reemplazar esta clasificación demasiado

general para establecer, usuario por usuario, con mayor precisión los consumos por las características especiales de los consumidores reales y porque los hoy catalogados estratos inferiores, pueden y lo hacen el consumir más porque se benefician de ese subsidio. Por otro lado, hay viviendas de ciertas características constructivas, cuya apariencia tiende a ser catalogadas en otros estratos, que tienen altos consumos, y que por estar en el estrato bajo, sus costos en servicios públicos, son menores. Así, casa por casa, es necesario establecer las condiciones del hogar, porque se presentan gran cantidad de casos y situaciones de hogares con condiciones socioeconómicas particulares diferentes al promedio del estrato donde habitan, como también hogares que no alcanzan a sufragar sus gastos en los estratos en los cuales están asignados. De allí la necesidad de revisar la zonificación general por estrato actual, por la clasificación por condiciones hogar por hogar gracias a las nuevas tecnologías disponibles, lo cual permitirá premiar a los ahorradores y sancionar a los desperdiciadores; todavía tenemos campo para estos avances en Colombia, aunque se han hecho progresos al respecto. El sistema tarifario colombiano, que evoluciona desde la ley 142 y 143 de 1994, contiene consideraciones de estrato socioeconómico que deben mantenerse por su sentido de justicia social, revisándolos en función de las posibilidades tecnológicas, -como es el caso de la aparición de los sistemas de generación solar que pueden instalarse en cada vivienda y que podrían reemplazar el consumo desde la red, como de ahorro y uso eficiente con nuevos aparatos, de tal manera que pueda estimularse menor consumo para que los costos de provisión del servicio de agua o electricidad disminuyan también.

Un programa de reemplazo de artefactos domésticos de uso y medición del agua, y utilizar sistemas tecnológicos que no sean fácilmente vulnerables, como la de los sensores, serviría para lograr disminuir las pérdidas y conocer la realidad de la cantidad de agua servida que va al sistema de alcantarillado sanitario. Las economías por reducción de pérdidas, servirían como contribución o recursos para cubrir todos o parcialmente los costos que el sistema de conducción y tratamiento de las aguas residuales y el aprovechamiento de los subproductos del tratamiento, requiere.^[7]

Hoy los avances tecnológicos para los diferentes tipos de alcantarillados (por ejemplo, los alcantarillados al vacío) y tratamiento tienen requerimientos específicos para poder realizar

procesos más económicos, eficientes, eficaces y con mejores posibilidades de optimizar el tipo subproductos resultantes que finalmente viabilizan el reuso, la recirculación y el aprovechamiento del agua residual debidamente tratada.

Todo este tipo de aplicaciones y procesos, tiende a crear o dar origen a nuevos negocios y a generar beneficios para los habitantes de un territorio, en salud, en mejoras del entorno ambiental, en el de las aguas de las fuentes hídricas, en mejor calidad de vida y en el mejoramiento de las empresas prestadoras de servicio público domiciliario de alcantarillado sanitario. *Los Subproductos derivados del tratamiento de las aguas residuales domésticas, como el biogás, el biosólido, el agua tratada para diferentes usos, etc., deben valorarse en su justa medida por la transformación efectuada, para que cubran costos de ello. Algunos más que otros, porque la experiencia en varios países, muestra la dificultad de comercializar el biosólido y solo se transforma en otros elementos o se entrega a mínimo costo y su costo se diluye en el costo de transformación del tratamiento.*

Las principales entidades a cargo del tema del alcantarillado, la recolección, tratamiento, disposición segura y reuso de las aguas residuales domésticas se encuentran en tres niveles:

- A nivel de Políticas sectoriales:
 - El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, cuyo objetivo principal es formular, adoptar, dirigir y coordinar políticas públicas, planes y programas en materia de vivienda, desarrollo urbano, ordenamiento territorial, agua potable y saneamiento básico, para lo cual cuenta con dos viceministerios: el de vivienda y el de Agua y Saneamiento Básico[8]. El RAS, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico es uno de los instrumentos que le permiten ejercer su función.
 - La CRA, comisión reguladora de Agua y Saneamiento, que depende del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que reglamenta y regula; creada mediante el artículo 69 de la ley 142 de 1994, como unidad administrativa especial, con autonomía administrativa, técnica y patrimonial; el decreto 1524 de 1994 le delegó funciones relativas al señalamiento de las políticas generales de la administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios[9]. Su objetivo principal es mejorar las condiciones de mercado de los servicios

públicos de acueducto, alcantarillado y aseo del país, con una concepción de mejoramiento de la calidad de vida, bienestar y equidad.

- El DNP, Departamento Nacional de Planeación, que fija a través de los respectivos Planes de Desarrollo y CONPES las políticas y metas, se enfoca en la formulación de políticas públicas, la planeación de inversiones, la viabilización de proyectos y la disminución de brechas de cobertura. A través de las regalías y de los planes departamentales de Agua, así como de documentos CONPES, direcciona los recursos.
- La Superintendencia de Servicios Públicos es la encargada de vigilar y controlar las empresas de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, incluyendo los residuos sólidos. Está adscrita al DNP; de carácter descentralizado y técnico, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonial.
- A nivel de políticas ambientales:
 - El SINA, Sistema Nacional Ambiental, que está compuesto por el Ministerio de Ambiente, las cinco entidades científicas o institutos de investigación (IDEAM; INVEMAR; SINCHI; VON HUMBOLDT; IIAP) las autoridades ambientales regionales, que son las CAR, corporaciones Autónomas Regionales y las Corporaciones de Desarrollo Sostenible, y las entidades territoriales, que son las Gobernaciones y Municipios en lo que compete al cumplimiento de las normas ambientales, cada una con competencias específicas;
 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, define la política nacional de gestión integral del recurso hídrico, así como los estándares de calidad de vertimientos (resolución 631 de 201) y reuso de aguas residuales (resolución 1256 de 2021)
 - Las CAR y CDS tienen a su cargo la vigilancia y control de la normatividad ambiental respectiva y aportan recursos para los sistemas de tratamiento de aguas residuales[10].
 - Los Municipios, por la Ley 142 de 1994, tienen la obligación de prestar los servicios de alcantarillado, tratamiento, disposición y ahora reuso, y saneamiento de manera continua, eficiente y confiable. Pueden prestarlos directamente por su administración central o mediante empresas de servicios públicos (ESP); oficiales, mixtas o privadas. Deben formular su plan de saneamiento y manejo de vertimientos, PSMV. Deben realizar monitoreo periódico de sus vertimientos (Resolución 631 de 2015 CRA) y más recientemente acometer el reuso de aguas residuales (resolución 1256 de 2021). En zonas rurales pueden implementar soluciones alternativas (individuales o colectivas).

La base legal que define al agua como un bien de uso público y establece las competencias de las autoridades ambientales tiene sus pilares en:

- Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales): La norma madre que regula la preservación y manejo de las aguas en todas sus formas.
- Constitución Política de Colombia de 1991.
- Ley 99 de 1993: Crea el Ministerio de Ambiente y el SINA, estableciendo que el que contamina, paga (tasas retributivas).
- Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente): Compila las normas sobre permisos de vertimientos, planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV).

Con base en estos pilares, existe un conjunto amplio de normas y regulaciones

- Normas de Vertimientos (Límites Máximos Permitidos)

Estas resoluciones definen qué tanta carga contaminante puedes arrojar al alcantarillado o a un cuerpo de agua.

Ámbito	Norma	Descripción
Aguas Residuales (ARD y ARnD)	Resolución 0631 de 2015	Establece los parámetros y valores límites máximos permisibles para vertimientos a cuerpos de agua superficiales y alcantarillado.
Sector Minero/Energético	Resolución 0883 de 2018	Específica para actividades industriales de este sector.
Aguas Marinas	Resolución 0699 de 2021	Regula los vertimientos realizados específicamente en aguas marinas.

- Reúso de Aguas Residuales
Colombia ha avanzado para permitir que el agua tratada no se desperdicie, sino que se reintegre a procesos productivos.
- Resolución 1207 de 2014: Regula el uso de aguas residuales tratadas para fines agrícolas, industriales y urbanos (no potables).
- Resolución 1256 de 2021: Actualiza y simplifica los trámites para el uso de aguas residuales, fomentando la economía circular.
- Resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico del Sector Agua y Saneamiento – RAS): Define los requisitos técnicos mínimos para el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento (PTAR).
- Ley 142 de 1994: Ley de Servicios Públicos Domiciliarios; regula la prestación de los servicios de alcantarillado y el cobro de tarifas.
- Decreto 2667 de 2012: Regula la Tasa Retributiva por vertimientos puntuales, que es el cobro que hacen las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) por la carga contaminante lanzada al agua.
El incumplimiento de estas normas puede acarrear multas diarias de hasta 5.000 salarios mínimos legales mensuales vigentes (SMLMV) y el cierre de la actividad productiva bajo la Ley 1333 de 2009 (Procedimiento Sancionatorio Ambiental).

En Colombia, la transición hacia una economía circular en el sector de agua y saneamiento es una prioridad estratégica articulada bajo el concepto de “Ordenamiento del territorio alrededor del agua”. El enfoque ha pasado de simplemente tratar el agua para su vertimiento a ver las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como “biofactorías” generadoras de recursos. Las políticas, normas y estrategias clave vigentes a 2026. El sustento de estas acciones se encuentra en tres pilares principales:

- CONPES 4004 de 2020: Es la hoja de ruta específica para la economía circular en agua potable y saneamiento. Busca que para 2050, el modelo lineal de “captación-uso-vertimiento” sea reemplazado por uno de aprovechamiento total de subproductos.
- Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC): Prioriza el flujo de agua y establece metas

de eficiencia, como aumentar el número de proyectos de reúso y mejorar el tratamiento de aguas residuales urbanas (meta de superar el 54% de cobertura).

- Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Define el agua como el eje ordenador del país, promoviendo la “justicia ambiental” y la descarbonización de la economía mediante el uso eficiente de recursos hídricos.

El reúso de las aguas residuales ya no es opcional, sino una alternativa regulada para reducir la presión sobre las fuentes hídricas superficiales.

- Resolución 1256 de 2021: Define las “reglas de juego” para el reúso de aguas residuales tratadas. Establece criterios de calidad específicos para:
 - Uso Agrícola: Riego de cultivos (con parámetros de control microbiológico y fisicoquímico).
 - Uso Industrial: Procesos de enfriamiento, limpieza o actividades que no requieran agua potable.
- Incentivos: Se promueven beneficios tributarios (Decreto 2205 de 2017) para empresas que inviertan en sistemas de recirculación y tecnologías de tratamiento avanzado. Igualmente, los lodos resultantes del tratamiento de aguas han dejado de ser vistos como residuos peligrosos para convertirse en biosólidos con potencial comercial.
- Decreto 774 de 2025 (Reciente): Este decreto actualiza las condiciones para el uso de biosólidos generados en PTAR municipales. Clasifica los biosólidos en categorías (A y B) según su nivel de estabilización y permite:
 - Uso Agrícola y Forestal: Como acondicionadores de suelos o fertilizantes orgánicos (bajo supervisión del ICA).
 - Recuperación de Suelos: En zonas degradadas por minería o erosión.
 - Material de Construcción: Uso en la fabricación de ladrillos o agregados.
- Procesos Autorizados: La norma detalla métodos como la digestión anaerobia (que además produce biogás), el compostaje y el secado térmico para garantizar la eliminación de patógenos.
- Programa “Basura Cero” (Decreto 670 de 2025); Aunque enfocado en residuos sólidos, este programa se integra con la gestión de lodos al incentivar la reincorporación de residuos orgánicos a las cadenas productivas, evitando que los lodos terminen en rellenos sanitarios y

fomentando su transformación en energía o abonos.

En resumen, las Metas y Visión 2026

Componente	Meta / Acción Clave
Aguas Residuales	Reducción de la Tasa Retributiva para empresas que demuestren reúso efectivo.
Lodos	Transformación obligatoria de lodos en biosólidos en PTAR de grandes ciudades.
Energía	Generación de energía eléctrica a partir del biogás producido en la digestión de lodos.

En Colombia, la regulación de vertimientos y subproductos ha evolucionado de un enfoque puramente punitivo a uno de gestión integral del recurso hídrico. A continuación, presento el marco normativo vigente a 2026 que rige estas actividades:

- Normativa General de Vertimientos

El eje central es el Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente), el cual establece que todo vertimiento a aguas superficiales, marinas o al suelo asociado a acuíferos requiere un Permiso de Vertimientos otorgado por la autoridad ambiental (CAR, ANLA o Secretarías de Ambiente).

Estándares de Calidad (Resolución 0631 de 2015)

Es la norma técnica principal que define los límites máximos permisibles de sustancias contaminantes. Se organiza por sectores:

- Sector Industrial y de Servicios: Define parámetros específicos para hidrocarburos, metales

pesados y demanda de oxígeno (DBO₅ y DQO).

- Sector Doméstico: Aplica a las PTAR municipales y conjuntos residenciales.
- Prohibiciones: Queda estrictamente prohibido el vertimiento de sustancias radiactivas, explosivas, inflamables o que causen obstrucciones en redes de alcantarillado.
- Regulación de Subproductos: Biosólidos

Cuando el tratamiento de aguas residuales genera lodos, estos deben ser gestionados bajo la Resolución 0447 de 2021 y las actualizaciones del Decreto 774 de 2025.

- Clasificación: Los lodos se categorizan según su contenido de patógenos y metales pesados:
 - Categoría A: Aptos para uso en agricultura, jardinería y recuperación de suelos degradados.
 - Categoría B: Uso restringido a aplicaciones forestales o estabilización de taludes, debido a una menor reducción de microorganismos.
- Prohibición de Rellenos: La normativa actual incentiva que los lodos no terminen en rellenos sanitarios, exigiendo planes de gestión que prioricen el compostaje o la valorización energética.

La Resolución 0699 de 2021 regula específicamente el vertimiento al suelo. Es fundamental para actividades que no tienen acceso a cuerpos de agua superficiales o alcantarillado.

- Requiere estudios de vulnerabilidad del acuífero.
- Establece que el suelo debe tener capacidad de autodepuración para evitar la contaminación de aguas subterráneas.

El Decreto 2667 de 2012 (compilado en el 1076) establece el cobro de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales; Es un cobro por la carga contaminante (DBO₅ y SST) vertida al agua, lo cual es un incentivo de Economía Circular; Las empresas que reducen su vertimiento mediante el reúso de aguas o el aprovechamiento de lodos pueden disminuir significativamente el pago de esta tasa.

La Resolución 1256 de 2021 es la norma que permite “cerrar el ciclo”. Define que el agua residual tratada puede ser utilizada nuevamente sin necesidad de un permiso de vertimiento, siempre que se cumplan los criterios de calidad para el uso destino (industrial, agrícola o urbano no potable).

Concepto	Norma Principal	Autoridad Competente
Vertimientos Líquidos	Res. 0631 / 2015	CAR / ANLA
Uso de Biosólidos	Dec. 774 / 2025	MinAmbiente / ICA
Reúso de Agua	Res. 1256 / 2021	MinAmbiente
Tasa retributiva	Dec. 1076 / 2015	Autoridad Regional

Es interesante observar la evolución del marco tarifario en Colombia, que es el conjunto de reglas y fórmulas que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) define para que las empresas de servicios públicos calculen cuánto cobrar a los usuarios. Este sistema busca equilibrar la eficiencia económica de las empresas con el bienestar social de los ciudadanos. Este marco tarifario ha evolucionado a través de los años; Recientemente, en marzo de 2026, se ha dado un paso histórico con la expedición de un nuevo marco tarifario para grandes prestadores, que refuerza el agua como un derecho humano.

Así, la regulación ha pasado por varias etapas, moviéndose desde un modelo de “costos más utilidad” hacia uno de “eficiencia comparada e incentivos”:

- Primera Generación (1995): Tras la Ley 142 de 1994, se crearon las Resoluciones CRA 08 y 09. Eran fórmulas básicas para pasar de empresas estatales a un modelo de competencia y sostenibilidad.
- Segunda Generación (2004): Con la Resolución CRA 287 de 2004, se introdujeron conceptos de costos medios de inversión y operación más técnicos, buscando que las empresas fueran más eficientes.
- Tercera Generación (2014 - 2017): Se dividió el país según el tamaño del prestador:
 - Grandes Prestadores (>5,000 suscriptores): Resolución CRA 688 de 2014. Introdujo estándares de calidad, continuidad y el Plan de Obras e Inversiones (POIR).

- Pequeños Prestadores (hasta 5,000 suscriptores y rurales): Resolución CRA 825 de 2017. Simplificó la metodología para adaptarse a las capacidades de municipios pequeños.
- Etapa de Compilación (2021): La Resolución CRA 943 de 2021 unificó toda la normativa dispersa en un solo cuerpo legal para facilitar su consulta.
- Cuarta Generación (2026): Se expide la Resolución CRA 1032 de 2026, el nuevo marco para grandes prestadores que prioriza el componente ambiental y el acceso universal. Queda pendiente el marco para pequeños prestadores.

La tarifa que ha regido hasta ahora de agua potable, en la cual se incluyen las aguas residuales, su conducción, tratamiento, disposición segura o reuso, se divide en dos grandes bloques:

1. Cargo Fijo. Cubre los costos administrativos (facturación, lectura, atención al cliente) que no dependen de cuánta agua consumas.
2. Cargo por Consumo (m^3). Se calcula sumando 4 costos fundamentales:
 - CMA (Costo Medio de Administración): Gastos de personal y oficina.
 - CMO (Costo Medio de Operación): Energía, químicos de tratamiento y mantenimiento de tuberías.
 - CMI (Costo Medio de Inversión): Recursos para construir nuevos tanques, plantas y redes.
 - CMT (Costo Medio de Tasas Ambientales): Lo que la empresa paga al Estado por usar el agua de los ríos y por verter aguas residuales.

Los subsidios y contribuciones según el estrato socioeconómico en este modelo son importantes. El cálculo de la factura de agua en Colombia no es lineal; es un sistema de subsidios cruzados diseñado para que los sectores de mayores ingresos y las actividades productivas ayuden a financiar el acceso al agua de las familias con menos recursos.

Con la entrada en vigencia de la Resolución CRA 1032 de 2026 (aplicable a partir del 1 de julio de 2026 para grandes prestadores), el esquema se vuelve más riguroso en eficiencia, pero mantiene la lógica de estratificación.

La tarifa que llega al usuario (T_u) es el resultado de aplicar los factores de subsidio o contribución sobre el Costo de Referencia (C_{ref}).

$$Tu = Cref \times (1 \pm Factor)$$

El Costo de Referencia (*Cref*) es igual para todos los estratos de una misma ciudad y se divide en:

1. Cargo Fijo (CF): Se expresa en pesos por suscriptor al mes. Cubre el Costo Medio de Administración (CMA). Es lo que se paga por tener el servicio disponible, aunque no se abra el grifo.
2. Cargo por Consumo (CC): Es el valor por cada metro cúbico (m^3) consumido. Se compone de:
 - CMO: Operación (energía, químicos).
 - CMI: Inversión (obras y expansión).
 - CMT: Tasas ambientales (lo que se paga por usar y devolver el agua).

El sistema, hasta ahora, ajusta el costo de referencia según el estrato socioeconómico definido por la Alcaldía municipal. Los topes legales actuales para 2026 se mantienen estables, aunque los municipios pueden ajustarlos dentro de estos rangos:

Estrato / Sector	Tipo de Ajuste	Porcentaje Típico (Aprox.)	Aplicación
Estrato 1 (Bajo-Bajo)	Subsidio	Hasta 70%	Sobre Cargo Fijo y Consumo Básico.
Estrato 2 (Bajo)	Subsidio	Hasta 40%	Sobre Cargo Fijo y Consumo Básico.
Estrato 3 (Medio-Bajo)	Subsidio	Hasta 15%	Sobre Cargo Fijo y Consumo Básico.
Estrato 4 (Medio)	Neutro	0%	Paga exactamente el costo de referencia.
Estrato 5 y 6	Contribución	50% a 60%	Aporte solidario sobre toda la factura.
Comercial	Contribución	50%	Aporte solidario sobre toda la factura.
Industrial	Contribución	30%	Aporte solidario sobre toda la factura.

Nota: El estrato 4 es el “punto de equilibrio”; no recibe ayuda ni aporta al fondo de solidaridad.

El Consumo Básico y los Rangos

El subsidio solo se aplica al Consumo Básico, que es la cantidad de agua necesaria para la subsistencia. Si se pasa, paga el valor pleno (sin subsidio) por los metros adicionales.

- Consumo Básico: El tope varía según la altura sobre el nivel del mar del municipio (actualmente suele estar entre 11 m^3 y 13 m^3 mensuales).
 - Consumo Complementario: Del metro 14 al 26 (aprox.). Se paga a costo de referencia (*Cref*).
 - Consumo Suntuario: Todo lo que exceda el doble del básico. En algunos casos, se aplican desincentivos económicos por desperdicio.
- Novedades del Marco 2026 (Res. 1032)

1. Descuentos por Ineficiencia: Si la empresa no cumple con metas de calidad o continuidad (ej. muchos cortes de agua), la fórmula ahora obliga a bajar la tarifa automáticamente en el siguiente ciclo.
2. Mínimo Vital: Se refuerza la figura del mínimo vital gratuito para poblaciones en pobreza extrema, financiado por los entes territoriales.
3. Costos Ambientales: La fórmula ahora reconoce más fácilmente las inversiones en infraestructura verde (protección de páramos y cuencas), lo que podría impactar levemente el CMI, pero contribuye a asegurar el agua a largo plazo, pues los costos de conservación y mantenimientos de los servicios ecológicos de cada cuenca pueden variar de acuerdo con el estado de esta.

El tratamiento y disposición de las aguas residuales es parte del servicio de alcantarillado. Su evolución ha sido crítica para el país y contiene las siguientes consideraciones:

- Incentivo a la Inversión: Los marcos actuales permiten que las empresas cobren por el tratamiento solo si efectivamente están tratando el agua.
- PSMV: Las tarifas están ligadas al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Si la

empresa no cumple con las metas de descontaminación de ríos, la CRA puede limitar el cobro de ciertos costos.

- Enfoque 2026: El nuevo marco de este año incluye de forma más robusta el Costo Medio por Impuestos y Tasas Ambientales (CMICT), asegurando que la gestión ambiental sea una prioridad financiera y no un gasto secundario. El gobierno y la CRA han enfocado la regulación más reciente en:
- Derecho Humano al Agua: Mecanismos para asegurar un mínimo vital y proteger a poblaciones vulnerables.
- Sostenibilidad: Reconocimiento explícito de inversiones para la protección de cuencas y adaptación al cambio climático.
- Transparencia: Las empresas deben justificar mejor sus sobrecostos para evitar alzas injustificadas.

Se observa, que el componente de alcantarillado ha dejado de ser un “cargo por sacar el agua” para convertirse en un factor potencial de ingresos y generación de recursos y materias primas o agua para riego. En el marco regulatorio colombiano, y especialmente con la evolución hasta 2026, este servicio se desglosa en tres grandes frentes: la recolección, el tratamiento y la nueva frontera del reúso.

Costo Medio de Alcantarillado (CMA). A diferencia del agua potable, el alcantarillado no se mide con un contador individual (salvo en casos industriales muy específicos). Se asume que el volumen vertido es un porcentaje del agua consumida (generalmente el 80% al 90%, conocido como factor de retorno). La fórmula del cargo por consumo de alcantarillado (CC_{alc}) integra:

Costo Medio de Operación y Mantenimiento (CMO). Cubre la limpieza de redes, pozos de inspección y el bombeo de las aguas negras hacia las plantas de tratamiento.

Costo Medio de Inversión (CMI). Financia la expansión de la red de colectores y, lo más importante, la construcción de las PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales). La CRA prohíbe cobrar por tratamiento si la planta no está operando o no cumple con los niveles de remoción de carga contaminante (DBOs y SST) pactados.

La Tasa Retributiva, que es un costo que la empresa de servicios públicos ESP, traslada al usuario, pero que realmente paga a la Corporación Autónoma Regional (CAR) por la contaminación que genera, tiene la particularidad de que si la empresa trata mejor el agua, paga menos tasa y, por ende, la tarifa para el usuario debería reducirse o estabilizarse. En Colombia, la Tasa Retributiva por la utilización del agua como receptor de vertimientos puntuales tiene sus raíces en la década de los 70, pero su estructura moderna y obligatoria se consolidó en los 90. La figura fue creada originalmente por el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables), en su artículo 18. Se planteó como una contraprestación por el servicio de protección y renovación de los recursos naturales. La Primera Reglamentación (1984) fue a través del Decreto 1594 de 1984, en el cual se establecieron los primeros criterios técnicos para el vertimiento de residuos líquidos y se reglamentó la tasa, aunque en esa época funcionaba principalmente con un enfoque recaudador para financiar a las autoridades ambientales, sin una fórmula de incentivo tan clara como la actual, que de todos modos resulta insuficiente o inadecuada ante la magnitud del problema.

La Estructura Moderna (1993) se dio en la Ley 99 de 1993 (que creó el Ministerio de Ambiente). El Artículo 42 definió las Tasas Retributivas y Compensatorias como el cobro por el impacto negativo de arrojar desechos o sustancias nocivas (como aguas negras o industriales) en el agua, la atmósfera o el suelo.

Resumen de hitos normativos:

- 1974: Creación legal en el Código de Recursos Naturales.
- 1984: Primera reglamentación técnica de vertimientos.
- 1993: Ratificación como instrumento económico clave (Ley 99).
- 1997: El Decreto 901 introdujo el mecanismo de metas de reducción, haciendo que el cobro fuera proporcional a la contaminación real y no solo un monto fijo.
- 2026: Bajo el actual marco tarifario, se han refinado los incentivos para que las empresas de alcantarillado reduzcan este pago mediante el reúso y mejores PTAR.
- PSMV (Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos): Es la hoja de ruta a 10 o 20 años. La

tarifa se ajusta según el cumplimiento de este plan. Si la PTAR se retrasa, la tarifa de inversión debe congelarse o devolverse.

Con la escasez hídrica y la Resolución CRA 1032 de 2026, el reúso de agua tratada pasa de ser un experimento a una realidad tarifaria. Anteriormente, no había un incentivo claro para que las empresas vendieran agua tratada (para riego, industria o lavado de calles). El nuevo marco busca:

- Tarifas Diferenciales: El agua de reúso no paga los mismos cargos que el agua potable (no tiene CMI de potabilización), lo que la hace atractiva para la industria.
- Ingresos No Tarifarios: Si la empresa de servicios públicos vende agua tratada a un tercero, una parte de esa ganancia debe usarse para bajar la tarifa general de los usuarios residenciales (alivio tarifario).

Aprovechamiento de Lodos. Las PTAR generan toneladas de lodos. La regulación actual incentiva su transformación en:

1. Biosólidos: Para uso agrícola o recuperación de suelos.
2. Biogás: Para autogeneración eléctrica de la planta, reduciendo el costo de energía (CMO) que termina pagando el usuario en su factura.

Concepto	Modelo Tradicional Alcantarillado	Modelo Circular (Nuevo Marco)
Objetivo	Evacuar aguas residuales domésticas lo más rápido posible.	Recuperar recursos (agua, energía, nutrientes).
Tratamiento	Obligación legal (costo puro).	Oportunidad de negocio e ingresos extra.
Inversión	Solo tuberías y plantas básicas.	Infraestructura verde y sistemas de reúso.
Impacto al Usuario	Tarifa siempre al alza por inversión.	Estabilización mediante ingresos por subproductos.

En un municipio con una PTAR moderna, el cargo de alcantarillado puede ser mayor al de acueducto inicialmente por la inversión. Sin embargo, si esa planta genera su propia energía con biogás y vende agua para riego, el CMO se reduce, beneficiando el bolsillo del suscriptor en el mediano plazo.

Todo lo anterior exige pensar que tipo de organización atiende mejor la gestión del agua y de las aguas residuales domésticas en el contexto del siglo 21, con mayor variabilidad, cambio climático, pérdida de la biodiversidad, mayor contaminación ambiental, mayor desigualdad económica y tensiones geopolíticas fuertes; Existen diferentes experiencias de varios países de Europa acerca de las empresas de servicios públicos de agua y alcantarillado, que indican que en la década de los 80s, eran públicas y con una nómina muy abultada, lo cual en la década de los 90s condujo a la constitución de empresas mixtas y finalmente privadas, que subcontrataron con pequeñas empresas que surgieron de los mismos trabajadores de las empresas estatales anteriores para disminuir los gastos de personal; esas pequeñas empresas crecieron a unos tamaños que permitieron economías de escala y permitían solucionar problemas operacionales en forma ágil y económica; sin embargo, empezaron a subir las tarifas y el Estado reconsideró esta situación, volviendo al esquema mixto y finalmente al público, pero con una organización más eficiente, producto de dicho aprendizaje, en el cual el control estratégico se hace desde el Estado, contando con los servicios de empresas pequeñas de carácter operativo y zonificadas, logrando contener las tarifas bajo un esquema de control racional de gastos. Este modelo también funciona en Inglaterra, Bélgica y Holanda[11]. Sin embargo, la experiencia acerca de los procesos de privatización, en los cuales los municipios pueden perder valor acumulado, así como acerca de la condición pública de las empresas, que se prestan a corrupción en muchos aspectos, especialmente los de las sobrecargas laborales, pueden dificultar su avance.

En el caso de las aguas residuales domésticas, y de su posible aprovechamiento, es muy posible que con los precios de hoy no se alcance a cubrir los costos del servicio si queremos contar con todos los elementos planteados anteriormente, por lo cual se requeriría elevarla a menos que el aprovechamiento de los subproductos del reuso signifiquen una suma importante, lo cual requerirá tiempo, rediseño de los procesos y dedicación; esta alternativa

requiere de todos modos, el ahorro y uso eficiente del agua de consumo, para minimizar el volumen de agua residual a tratar e incorporar las aguas lluvias como un factor explícito dentro de las tarifas, por lo cual su composición tendría que ser modificada para incorporar de manera transparente y clara este último servicio de manejo de aguas lluvias, separándolas totalmente de las aguas residuales domésticas; sin embargo, podría prestarse a la dilución de las aguas residuales por parte de la empresa contratista en caso que no estuviera funcionando bien el sistema de tratamiento PTAR; el incentivo podría ser el de comercializar las aguas residuales con sus nutrientes para riego por ejemplo.

Las ventajas de la participación conjunta del sector privado y del estatal de manera coordinada y sinérgica, de tal manera que el control estratégico sea llevado por la entidad pública, mientras que la gestión operativa sería desempeñada por compañías o empresas contratadas bajo una modalidad que motive la eficiencia y eficacia como puede ser la de contrato por desempeño (p.e. los buses de Transmilenio cobran por kilómetro satisfactoriamente recorrido) [12]; por ejemplo, el IDEAM, en Colombia, podría beneficiarse altamente si conserva la capacidad de procesamiento y evaluación de los datos generados en las estaciones hidrometeorológicas existentes y contrata, bajo la modalidad APP la operación de la red con microempresas formadas por antiguos funcionarios aliados con universidades regionales, bajo una modalidad de pago por estación en operación normal); de esta manera garantizaría que los “vacíos” de información que se generan por la falta de presupuesto para viáticos y repuestos se evite ya que los contratistas tendrían el estímulo de mantener en perfecto funcionamiento las estaciones, cobrando tanto por ello como por las reparaciones y ajustes requeridos en su operación, debidamente auditados.

Hay una gran potencialidad en el aprovechamiento de los subproductos del tratamiento y procesamiento de las aguas residuales domésticas y de los lodos resultantes, pero existen algunos retos a solucionar. La comercialización de dichos subproductos es una de ellas. El gas natural/ metano tiene exigencias de calidad y de cantidad/volumen que son estrictas; los efluentes requieren control de calidad permanente si su uso es para riego u otros usos industriales; los lodos para el mejoramiento de suelos deben igualmente cumplir con estándares de ausencia de ciertos metales y otras sustancias nocivas; su uso como material

de construcción puede ser resistido por otros materiales más “agradables” al público consumidor potencial.

En síntesis, la gestión de los servicios públicos, y del agua residual doméstica, plantea grandes retos para el siglo 21: una de ellas es la posibilidad de avances tecnológicos disruptivos, que eliminen el agua como elemento de dilución y transporte de las excretas y entonces no se requieran redes de alcantarillado sanitario como las actuales, lo cual nos deja con el reto doble de su cambio en la forma de manejo de las excretas y de las “aguas grises”, provenientes de lavamanos, lavaplatos y de duchas. Podríamos suponer la aparición de plantas de tratamiento de estos tres tipos de agua, que podrían ser incluso individuales de cada hogar hasta el punto del reuso. En un plano más realista, la separación urgente de las aguas residuales domésticas, incluidas las “grises”, de las aguas lluvias, indica un plan de construcción de diferentes redes, que hoy se presenta en algunas ciudades principales de manera parcial e incluso bastante adelantada; se debe aprovechar la necesidad de reemplazo de tuberías obsoletas, para hacerlo, incluso considerando la “sectorización” para evitar redes matrices gigantescas y muy largas. El aprovechamiento de las excretas tanto sólidas como líquidas o de las aguas residuales domésticas, será un reto cada vez más vigente en el futuro. Tanto la gestión tecnológica, como la empresarial, tarifaria y legal tendrán una gran incidencia en el éxito de la tarea.

En un próximo artículo entraré en más detalle sobre el nuevo marco tarifario, contenido en la resolución 1032 de 2026, de la CRA, pues los servicios públicos serán sin duda, uno de los temas más críticos y retadores de la gestión del siglo 21.

[1] Existen experiencias a nivel mundial de disposición “seca” de las excretas y a medida que el agua se torna escasa por el cambio y la variabilidad climática y que los costos de tratamiento y disposición de aguas residuales convencionales y de la agricultura son altos, aparecen como posibles alternativas de solución. Sobre el tema se discutirá en mayor detalle más adelante.

[2] Así, por ejemplo, en San Andrés y Providencia, se encuentra un buen número de viviendas con estos sistemas; Igualmente, en La Mojana, zona en la cual durante un buen tiempo durante el año permanecen inundados, han instalado un buen número de colectores de aguas lluvias con canaletas y tanques de almacenamiento, porque también tienen periodos de sequía extrema.

[3] Hace varios años se hizo un ejercicio de comparación de alternativas de alcantarillado y tratamiento en Cúcuta y dada su topografía, que divide la ciudad en tres vertientes diferentes, se encontró que podrían haberse planeado tres sistemas diferentes con sus respectivos tratamientos con costos inferiores a la alternativa de PTAR única.

[4] Ciudades como Miami, Hallandale, Hollywood en la Florida, USA usan desde hace muchos años (en los 80s) sistemas de reparación interna de las tuberías, que sellan las posibles grietas sin necesidad de excavar y reemplazarlas.

[5] Un estudio reciente, presentado en la SCI, revela un total de 98 programas de ingeniería sanitaria, sanitaria y ambiental o ingenierías relacionadas, que han sufrido en los últimos años disminución importante de número de inscritos.

[6] La “Ley Alegría”, de ahorro y uso eficiente del agua,

[7] *“SERVICIOS PUBLICOS RESILIENTES Y SUSTENTABLES, GRAN RETO AMBIENTAL DEL SIGLO 21”, Carlos Hildebrando Fonseca Zárate PhD. Revista SUR, septiembre, 2025.*

[8] Fuente: Artículo 59, Ley 489 de 1998;

[9] Esto aparecen en el artículo 370 de la constitución política de Colombia como encomendados a la Presidencia.

[10] Es el caso de la Planta PTAR Canoas en Soacha, que recibe las aguas residuales domésticas y tratadas industriales, es financiada parcialmente con recursos provenientes de la CAR Cundinamarca, que a su vez son originados en el impuesto predial de Bogotá D.C. y

en las tasas retributivas. Igualmente se cuenta con recursos de la EAAB, de la gobernación de Cundinamarca y préstamos del Banco Mundial y de la CAF. El porcentaje destinado a la sobretasa ambiental no puede ser inferior al 15% ni superior al 25,9% del total recaudado de impuesto predial. Adicionalmente, el Distrito recauda tasas retributivas por vertimientos a fuentes hídricas, de las cuales debe transferir el 50% a la CAR.

[11] Agradezco el intercambio profesional con los ingenieros Hugo Salazar y Rubén Darío Pinzón, sobre estos temas.

[12] Información suministrada por el ingeniero Otto Sarmiento, exgerente del sistema masivo de buses de Lima.

Carlos Fonseca Zárate

Foto tomada de: CAR