



INFORME DE AVANCE N°3

EVALUACIÓN INICIAL DEL POTENCIAL DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CARIBE COLOMBIANO

MECANISMO REGULATORIO Y ECONÓMICO PARA INCORPORAR ASPECTOS AMBIENTALES Y DE GESTIÓN EN REFORMA TARIFARIA DE AGUA Y SANEAMIENTO



Financiado por



Co-implementado por



Co-ejecutado por



OEA Más derechos para más gente

CONTENIDO

1.	SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL CARIBE COLOMBIANO	6
1.1.	Principales cultivos agrícolas.....	6
1.2.	Actividad pecuaria bovina.....	7
1.3.	Producción de pastos y forrajes	8
1.4.	El problema de la disponibilidad de agua	10
1.5.	Productividad de los forrajes silo y alimentación de ganado bovino	12
1.6.	Costos y precio de mercado pecuario bovino.....	13
2.	SITUACIÓN DEL REÚSO EN COLOMBIA	15
2.1.	Información sobre el reúso en Colombia.....	15
2.2.	Percepción del reúso en Colombia.....	17
2.3.	La calidad sanitaria requerida para el reúso.....	20
3.	POTENCIAL DEL REÚSO EN LA REGIÓN CARIBEÑA DE COLOMBIA Y CASO SAN ANTERO	22
3.1.	El reúso en la actividad agrícola y ganadera.....	23
3.2.	El reúso en la actividad agrícola y ganadera.....	25
3.3.	Necesidad de tratamiento adicional.....	28
3.4.	Infraestructura para el reúso.....	30
3.5.	Costos asociados.....	31
3.6.	Beneficios.....	32
3.7.	Actores y posibles clientes para el reúso.....	33
4.	EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL REÚSO EN MONTERÍA.....	35

4.1.	Principales cultivos locales.....	35
4.2.	Cantidades disponibles de agua residual	36
4.3.	Estándares de calidad requeridos	37
4.4.	Necesidades de tratamiento adicional.....	38
4.5.	Infraestructura para el reúso.....	38
4.6.	Costos asociados.....	39
4.7.	Actores relevantes y posibles clientes	40
5.	EVALUACIÓN DEL REÚSO EN CARTAGENA	41
5.1.	Principales modalidades de reúso.....	41
5.2.	Cantidades disponibles y usadas del agua	43
5.3.	Estándares de calidad requeridos	44
5.4.	Necesidades de tratamiento adicional.....	44
5.5.	Infraestructura para el reúso.....	45
5.6.	Costos asociados.....	46
5.7.	Precio de mercado	46
5.8.	Ingresos por tarifa de los prestadores	47
5.9.	Actores relevantes y posibles clientes	47
6.	EVALUACIÓN DEL REÚSO EN BARRANQUILLA.....	49
6.1.	Principales modalidades de reúso.....	49
6.2.	Cantidades disponibles de agua	51
6.3.	Estándares de calidad requeridos	52
6.4.	Necesidades de tratamiento adicional.....	53
6.5.	Infraestructura para el reúso.....	54

6.6. Costos asociados.....	54
6.7. Precios de mercado.....	55
6.8. Ingresos por tarifa de los prestadores	56
6.9. Actores relevantes y posibles clientes	57
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

INTRODUCCIÓN

En el marco de lo establecido en los términos de referencia, el presente documento corresponde al Informe de Avance N°3 de la consultoría Mecanismo Regulatorio y Económico para incorporar aspectos ambientales y de gestión en la Reforma Tarifaria de Agua y Saneamiento y contiene un análisis del potencial de reúso de aguas residuales en el caribe colombiano.

Para este objetivo, se ha tenido como referencia información secundaria disponible, así como la recogida directamente en las visitas de campo del 02 al 06 de mayo en Colombia (ciudades de Montería, San Antero, Cartagena y Barranquilla), en las que se realizaron reuniones presenciales con los prestadores de agua y saneamiento, las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), entre otras entidades, a fin de evaluar de manera general las experiencias y perspectivas del reúso de aguas residuales.

El documento ha sido desarrollado por el Ing, Julio Moscoso y tiene aportes del equipo consultor de AKUT destinado a este servicio y del equipo supervisor de GIZ. Tiene siete secciones. En la primera sección, se presenta la situación de la actividad agropecuaria en el caribe colombiano, actividad con mayor potencial para el reúso de aguas residuales. En la segunda sección se presenta de manera resumida la situación del propio reúso de aguas residuales y en la tercera una evaluación general del potencial en la región caribeña.

Las secciones 4 a la 6 presentación información específica en Montería, Cartagena y Barranquilla. Y finalmente se presenta las conclusiones.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of green, blue, and grey, positioned at the top left of the page.

1. SITUACIÓN DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA EN EL CARIBE COLOMBIANO

La costa del Mar Caribe es una zona cálida, con topografía bastante quebrada y ondulada y de tierras fértiles para la agricultura y la ganadería. Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA), el Caribe colombiano en 2014 contaba con 287.050 unidades de producción agropecuaria (UPA) y que representaba el 12.1% de las UPA de Colombia. Por su parte, Córdoba era el departamento que tiene la mayor proporción de área agropecuaria, con el 76.3% de su área rural dispersa con respecto a los otros departamentos de la región. En Córdoba, el 58% de las UPA estaba dedicado a la actividad pecuaria y 36% a la actividad agrícola, quedando solo 6% como bosques naturales, lo que implicaba un uso muy intensivo de su territorio en el agro.

1.1. Principales cultivos agrícolas

La agricultura en la región cuenta con un millón 306 mil hectáreas sembradas, de las cuales el 28.5% corresponde a cereales, el 25.8% a plátanos y tubérculos, el 23.4% a cultivos agroindustriales, 12.4% a frutales y 10% a otro tipo de cultivos (legumbres, forestales, etc.). La región cuenta con el 27.1% del área sembrada con cereales de Colombia, destacándose Córdoba y Bolívar con las mayores extensiones. Resalta la

producción de maíz blanco, maíz amarillo y arroz, especialmente en los departamentos ya mencionados (DANE, 2014).

Por el lado del cultivo de plátano y tubérculos, la región tiene el 17.6% del área sembrada, siendo Córdoba, Magdalena y Bolívar los territorios que lideran la producción regional. La yuca es el principal cultivo con 1.7 millones de toneladas cosechadas en 2013, siendo Bolívar y Magdalena los principales productores de la región (62%). El plátano es el segundo producto que se cultiva en los departamentos de Córdoba y Cesar, que en conjunto representan el 66% de la producción regional y el 8% a nivel nacional. Los cultivos de algodón y piña se destacan en Córdoba (DANE, 2014).

1.2. Actividad pecuaria bovina

El Tercer Censo Agropecuario de Colombia realizado en 2014 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) reporta que el total de ganado asciende a 21.502.811 cabezas bovinas, 5.001.978 cabezas de ganado porcino, 175.492 cabezas de ganado bufalino, 1.211.889 equinos, 777.513 ovejas y 753.778 cabras. El inventario avícola, por su parte, presenta un total de 720.368.173 aves. Además, se registran 25.084 UPA con actividad acuícola y 101.904 UPA con actividad pesquera. Por último, las otras especies reportan un total de 4.011.917 unidades. Estas cifras evidencian que la principal actividad pecuaria es la ganadería bovina (DANE, 2014).

Tabla 1: Inventario bovino en el Caribe Colombiano 2014

Departamento	Número de cabezas	Porcentaje del país (%)	Número de UPAs	Porcentaje del país (%)
Atlántico	215,509	1.0	7,095	1.1
Bolívar	885,113	4.1	20,880	3.2
Cesar	1,446,184	6.7	11,932	1.8
Córdoba	1,956,117	9.1	24,982	3.9
La Guajira	329,571	1.5	13,073	2.0
Magdalena	1,138,740	5.3	18,178	2.8
Sucre	823,131	3.8	17,340	2.7
Región Caribe	6,794,365	31.6	113,480	17.5
Nacional	21,502,811	100.0	648,199	100

Fuente: DANE-CNA, 2014

El inventario bovino del territorio nacional para el año 2014 fue de 21.502.811 cabezas. De este total, el 35.8% del inventario bovino en el área rural dispersa censada se encuentra en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Casanare y Meta, es decir, 7.692.857 cabezas de ganado. El inventario específico para los departamentos ubicados en la Región Caribe de Colombia se muestra en el cuadro 1. Estas cifras permiten concluir en que esta región caribeña maneja el 31.6% de las cabezas producidas a nivel e involucra el 17.5% de las unidades de producción agropecuaria (UPA).

1.3. Producción de pastos y forrajes

Los pastos pueden ser clasificados como gramíneas (pará, brachiaria y yaraguá) y leguminosas o proteínas de origen vegetal (caña forrajera, sorgo forrajero, semillas de



algodón, de campano, maíz y matarratón), y ambas categorías pueden cultivarse en asociación.

Fuente: Pasturas Tropicales Colombia

La introducción del brachiaria y el yaraguá no sólo mejoró la rentabilidad de los productores, al reducir el desplazamiento estacional del ganado a otras zonas de engorde (trashumancia), sino que también mejoró la alimentación de los animales al ser pastos más tiernos. Con estos pastos también se ampliaron los procesos de ensilaje y henificación. El primero consiste en cortar los pastos y almacenarlos en silos, que luego sirven como alimentos de los animales en período de sequía o verano. En el proceso de henificación se corta el pasto en partículas más grandes, se seca, se airea y se almacena en pacas. Con esta clase de suplementación, no sólo se consigue disponer de alimento durante todo el año, sino que también se logra que aumente la fertilidad de los animales (CEGA, 1999), (Tapia y otros, 2019).

En el 2002 el departamento de Córdoba tenía cerca de 1,710,000 hectáreas en pastos, de los cuales el 73% estaba en pradera tradicional, el 26% en pradera mejorada tecnificada y menos del 1% clasificaba como pastos de corte. Las especies forrajeras predominantes son: angleton, colusuana, yaraguá (en pradera tradicional) y brachiaria (en pradera mejorada tecnificada), y en pasto de corte las especies más difundidas son king grass y caña forrajera. En el caso específico de Montería, el 23% del área departamental se concentraba en pastos, con más de 385.000 hectáreas, de los cuales el 94% estaban cultivados en pradera tradicional, siendo el "angleton" la variedad predominante (Viloria, 2004).

Al relacionar el área en pastos con el inventario ganadero se obtiene la capacidad de carga, que para Colombia en 2002 fue de un animal por hectárea, mientras que para la región Caribe la relación fue de 1.4 cabezas por hectárea y en el departamento de Córdoba de 1.6. La mayoría de las fincas presentan escasez de pastos, unas durante la época seca y otras por las inundaciones ocurridas durante el período de lluvias en las

zonas inundables de los ríos Sinú, San Jorge y Cauca. Una característica de los forrajes naturales es que están desprovistos de fósforo y calcio, por tanto, se deben suplementar con sales mineralizadas (Viloria, 2004).

De todo lo descrito anteriormente se puede inferir que la ganadería bovina en Córdoba es estacional, lo que implica trasladar el ganado a otras regiones del país al inicio de la época seca, situación que limita el desarrollo de la industrialización de las cadenas cárnica y láctea que brindaría un valor agregado a esta actividad. Si bien el cultivo de forrajes silo aminoró este problema porque permitía almacenar este alimento, la producción de ellos tampoco se puede realizar en la época seca, por lo que normalmente se tiene que adquirir de otras regiones.

1.4. El problema de la disponibilidad de agua

La baja productividad de la ganadería bovina en Córdoba está vinculada al régimen hidrológico característico de toda la zona caribeña de Colombia, que por un lado en la época de avenida (lluviosa) genera inundaciones y el arrastre de las capas fértiles de los suelos ricos en nutrientes, y del otro lado, la época de estiaje con los periodos críticos de sequía que limitan mantener los pastos en las praderas naturales y mejoradas, obligando a los productores a subastar sus animales.

Según Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), el departamento de Córdoba registra un patrón muy variado en la distribución de las lluvias medias anuales. En la franja costera se presentan las menores lluvias con menos de 1500 mm al año. El centro del departamento tiene entre 1500 y 2000 mm y hacia el extremo sur, en aproximación a la cordillera, los volúmenes de lluvia pueden alcanzar los 4,000 mm. El régimen de lluvias durante el año, al centro y sur del departamento es monomodal, con una única época seca de diciembre a marzo y una temporada de lluvias que comienza a incrementarse a partir del mes de abril, alcanza máximos en julio-agosto- septiembre, y luego disminuye hasta el final de año. Este

régimen es algo menos marcado en proximidades a la costa, en donde se nota una leve disminución de lluvias a mitad de año (DEAM, 2022).

Esta información permite deducir que a partir de diciembre los potreros con pastos naturales utilizados por los ganaderos para alimentar el ganado vacuno comienzan a secarse, dificultando una adecuada alimentación, por tanto, se ven obligados a vender los animales antes de perder peso. Solo en limitados casos, los ganaderos adquieren o producen forrajes para ensilaje, lo cual les permite alargar la crianza para ganar un poco más de peso antes de la venta, pero la mayoría de los ganaderos no tiene esa posibilidad.

A efectos de graficar la disponibilidad hídrica se presenta en el cuadro siguiente el Índice de presión sobre cuencas hídricas establecido en el Estudio Nacional del Agua 2018, que relaciona la demanda y la oferta neta.

En el cuadro se muestra que zonas como Baja Guajira y Alto Magdalena se encuentran entre las regiones críticas tomando en cuenta este índice.

Tabla 2: Índice de presión sobre cuencas hídricas 2018

Código	Cuenca	Demanda anual (MMC)	Oferta media anual (MMC)	Oferta media anual neta	Índice de presión anual (x100.000)	D/OM	Oferta año seco anual (MMC)	Oferta año seco anual neta	Índice de presión año seco	D/OS
1	Alto Magdalena	1.355,38	51.433	25.717	5.270,4		33.950	16.975	7.984,7	
2	Sabana de Bogotá	40,23	1.019	510	7.892,9		109	55	73.802,8	
3	Medio Magdalena	270,32	78.778	39.389	686,3		56.530	28.265	956,4	
4	Río Sogamoso	207,05	21.863	10.932	1.894,0		12.096	6.048	3.423,5	
5	Bajo Magdalena	690,37	38.026	19.013	3.631,0		27.521	13.761	5.017,0	
6	Río Cesar	88,34	12.397	6.198	1.425,2		7.791	3.896	2.267,7	
7	Alto Cauca	508,8	27.945	13.973	3.641,4		13.187	6.594	7.716,7	
8	Medio Cauca	179,7	29.942	14.971	1.200,3		19.327	9.664	1.859,6	
9	Bajo Cauca	9,84	68.321	34.160	28,8		52.281	26.140	37,6	
10	Río Nechí	250,64	26.623	133.12	1882,9		19.346	9.673	2.591,1	
11	Sierra Nevada de Santa Marta, occ.	244,33	8.119	4.871	5015,6		5.559	3.335	7.325,7	
12	Río Tolo	0,63	978	489	128,8		429	215	293,6	
13	Río Atrato	35,08	132.914	79.748	44,0		101.009	60.605	57,9	
14	Sinú Caribe	162,11	33.287	16.643	974,0		27.306	13.653	1.187,4	
15	Sierra Nevada de Santa Marta, norte	55,16	5.885	3.531	1562,1		3.999	2.400	2.298,7	
16	Alta Guajira	12,11	2.400	231	44.851,0		273	27	22.297,0	
17	Baja Guajira	13,44	1.450	870	1.545,0		828	497	2.705,9	
18	Río Catatumbo	304,83	21.722	13.033	2.338,9		13.994	8.397	3.630,4	
19	San Andrés - Providencia	7,57	19	11	66.403,5		12	7	104.428,6	
20	Río Arauca	42	32.531	19.519	215,2		25.843	15.506	270,9	
21	Alto Meta	106,28	66.196	39.718	267,6		50.752	30.451	349,0	
22	Bajo Meta	92,29	115.110	69.066	133,6		94.782	56.869	162,3	
23	Río Vita	1,63	16.376	9.826	16,6		13.609	8.165	20,0	
24	Río Tomo - Tuparro	3,34	41.871	25.123	13,3		3.4650	20.790	16,1	
25	Río Vichada	6,08	38.058	22.835	26,6		31.862	19.117	31,8	
26	Alto Guaviare	32,22	69.913	41.948	76,8		55.849	33.509	96,2	
27	Medio Guaviare	10,64	53.762	32.257	33,0		45.892	27.535	38,6	
28	Bajo Guaviare	2,94	36.812	22.087	13,3		31.581	18.949	15,5	
29	Río Inirida	10,66	95.402	57.241	18,6		78.009	46.805	22,8	
30	Río Atabapo	0,85	10.837	6.502	13,1		8.753	5.252	16,2	
31	Río Guainía	3,34	51.431	30.858	10,8		43.955	26.373	12,7	
32	Río Vaupés	11,37	90.499	54.299	20,9		78.299	46.979	24,2	

Fuente: ENA (IDEAM, 2018)

1.5. Productividad de los forrajes silo y alimentación de ganado bovino

La productividad del cultivo de forraje de silo depende del clima, la fertilidad del suelo, la especie de forraje y la densidad de la plantación. En la mayoría de los suelos se cultivan densidades de 64,000 a 81,000 plantas por hectárea. Poblaciones de plantas más altas que este rango serían más adecuadas solo para los suelos más productivos. Por ello las aguas residuales permiten elevar significativamente la fertilidad de los suelos. Así se podría alcanzar producciones de maíz forrajero, como en Pensilvania (USA) en donde la productividad fluctúa entre 58 y 65 Ton/ha.año para una densidad entre 60,000 y 100,000 plantas/ha (ABT México, 2022).

El consumo de alimento del ganado depende de la edad y el peso del animal. Se estima que, por cada 100 Kg de peso, el animal debe comer un equivalente de 1.8 a 3.5 Kg de materia seca. Si se asume que los forrajes de silo tienen un 20% de materia seca, se puede deducir que por cada 100 kg de peso se deberá proporcionar de 9 a 17 kg diarios de forraje. Las ganancias promedio de peso vivo para novillos alimentados con pastos durante el año no suelen pasar de 0.6 kg/día y normalmente es de 0.5 kg/día, aunque con pastos fertilizados y una rotación adecuada permiten obtener ganancias diarias de 0.750 kg. a 0.850 kg. (Contexto Ganadero, 2022).



Fuente: Federación Colombiana de Ganaderos

Con la información anterior se puede estimar que una hectárea de maíz forrajero que produzca 60 toneladas podría alimentar 100 cabezas bovinas por 50 días, logrando un incremento de 2,500 kg. de peso vivo en este grupo de animales.

1.6. Costos y precio de mercado pecuario bovino

Si bien es cierto que la productividad y los ingresos de las ganaderías de leche son superiores a las de ceba y doble propósito, también se encuentra en los primeros que los costos de producción e inversión de capital son superiores. Así, por ejemplo, en el 2000 las ganaderías lecheras de clima frío presentaron costos de producción de \$1,900,000/ha.año (US\$ 950/ha.año) y \$1,200,000/cabeza (US\$ 600/cabeza), mientras en las ganaderías de la región Caribe, predominantemente de ceba y doble propósito, ambos fueron cercanos a \$285,000/ha.año y cabeza, equivalente a solo US\$ 143/ha.año o cabeza (Viloria, 2004).

Holmann y Rivas (2003) calcularon para el 2000, los costos e ingresos de la ganadería para Córdoba, estableciendo un promedio por cabeza de ingresos brutos de \$ 871,282 (US\$ 436), un costo total de \$ 695,778 (US\$ 348), lo que define un ingreso neto de \$ 175,504 (US\$ 88).

El departamento de Córdoba es un "exportador neto" de ganado bovino a otras regiones de Colombia, deficitarias en producción. En el período de doce años de 1991 a 2002, en Córdoba se sacrificaron cerca de 1,100,000 cabezas de bovinos y se movilizaron a otros departamentos un poco más de 4,000,000 de cabezas, lo que significa que por cada animal sacrificado se movilizaban a otros departamentos 3.8 cabezas, que en su mayoría eran novillos con destino al departamento de Antioquia. Entre 2000 y 2002 Córdoba importó a otros departamentos cerca de 1,500,000 cabezas e importó 530,000 cabezas, de lo que resultó una "exportación neta" de 930.000 cabezas hacia regiones deficitarias (Viloria, 2004).

En este sentido, se puede estimar que en una hectárea que rinda 60 toneladas de maíz forrajero, el Municipio de San Antero obtendría US\$ 7,500 gastados para adquirirlos. Del mismo modo se puede estimar que este forraje permitirá producir 2,500 kg de peso vivo en el ganado alimentado, beneficio que no se obtiene cuando estos se venden al inicio de la época seca.

2. SITUACIÓN DEL REÚSO EN COLOMBIA

En América Latina existen muchas experiencias de reúso de aguas residuales principalmente vinculadas a zonas áridas con serias limitaciones de agua, tales como las reportadas por México, Perú y Argentina. El caso de Colombia es diferente, ya que en general se trata de un país con un balance hídrico positivo que acredita normalmente una disponibilidad de agua suficiente para las actividades urbanas, agrícolas e industriales. Sin embargo, existen algunas regiones en donde vastos territorios tienen una limitación permanente de recursos hídricos, como la Guajira, y otros una marcada estación seca que limita las actividades productivas, como la ganadería en la región caribeña, conformada por los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar Atlántico, Magdalena y Cesar, y donde se encuentran las ciudades de Montería, Cartagena de Indias y Barranquilla que son materia de esta evaluación.

2.1. Información sobre el reúso en Colombia

La información oficial sobre casos de reúso existentes en Colombia es muy limitada; sin embargo, se pueden citar algunos casos concretos como los siguientes:

- + Las investigaciones de Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso

Hídrico - CINARA de la Universidad del Valle, que ha elaborado numerosos estudios a escala piloto en el Valle del Cauca.

- + La experiencia de riego de caña de azúcar con aguas residuales de Ginebra, también promovida por CINARA y que lleva más de 20 años operando con una planta de tratamiento de lagunas de estabilización.



Fuente: Universidad de Valle - Google Maps 2017

- + La experiencia de riego forestal con las aguas residuales domésticas de los campos petroleros de Ecopetrol.
- + El reúso indirecto de las aguas residuales en los campos de arroz de Ibagué, cuya viabilidad fue evaluada por la Corporación Universitaria de Ibagué (Venegas, 2002).



Fuente: Aguas residuales.info

- + Los casos informales de reúso agrícola en los municipios de Galapa, Luruaco y Caravaca del Departamento Atlántico, reportados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico.

El Inventario Regional de la situación de las aguas residuales domésticas en América Latina realizado por la OPS en 2004 reportaba que Colombia tenía una superficie irrigada con aguas residuales de 1.230 Ha, de las cuales el 27% se hacía bajo la modalidad del reúso directo de aguas residuales tratadas (327.5 ha), pero el otro 73% se realizaba con aguas sin tratar diluidas en aguas superficiales donde se descargaban (902.679 ha), práctica de gran magnitud bajo la modalidad de reúso indirecto (Moscoso y Egocheaga, 2004).

2.2. Percepción del reúso en Colombia

Las diversas reuniones de trabajo con los funcionarios del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y las Corporaciones Autónomas Regionales de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS), del Canal del Dique (Cardique) y del Atlántico, ha permitido comprender las limitaciones para promover el reúso de las aguas residuales en Colombia, toda vez que el país dispone de diversas y abundantes fuentes de agua (balance hídrico positivo). A ello se suma la falta de experiencias importantes en la utilización de estas aguas, lo cual desalienta su reúso por una percepción de que esa práctica conlleva a serios riesgos que pueden afectar la salud pública y el ambiente.

No obstante, en los últimos años el Estado Colombiano ha evidenciado la importancia del reúso, sustentado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en las estrategias de una Economía Circular que vienen asumiendo los países a nivel global. Es así como el Documento CONPES 3934 de 2018 sobre "Política de crecimiento verde" establece dentro de sus líneas de acción, la promoción del uso del agua residual tratada como una estrategia para promover la bioeconomía, y también la Estrategia Nacional de Economía Circular formulada por el Gobierno Nacional en el 2019 contempla el reúso

como una práctica para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

En cuanto a la percepción de las empresas prestadoras de servicios de agua y saneamiento, de las entrevistadas (Veolia, Aqualia, Acuacar y Triple A), tienen una visión más optimista de la viabilidad del reúso en Colombia. Algunas vinculadas a consorcios internacionales conocen que el reúso es una práctica que se está impulsando con fuerza en los países desarrollados, y que podría ser una alternativa de negocio interesante. Sin embargo, en muchos casos se evita asumir compromisos para viabilizar el reúso, pues implica mantener los sistemas de tratamiento en óptimas condiciones para asegurar la calidad requerida por los usuarios potenciales. En el caso concreto de Aqualia, manifestaron su total respaldo a la Propuesta de Reúso de San Antero promovido por la GIZ y el Municipio local, pero luego se pudo apreciar que la operación y mantenimiento de la PTAR involucrada es deficiente lo que no podría facilitar el reúso propuesto en ese caso.

Por último, la percepción de los potenciales usuarios, como es el caso de los agricultores y ganaderos de San Antero, se evidencia que son algo reticentes en aceptar el reúso, ya que tienen temor de que las aguas residuales afecten la calidad de sus cultivos o enfermen su ganado. No obstante, en la última entrevista realizada en mayo se ha podido observar que el problema de la limitación de agua cada día es más severo en la estación seca debido a los efectos del cambio climático, por tanto, los ganaderos ven en el reúso de las aguas residuales una solución a sus graves limitaciones de agua, que siempre los obliga a suspender el engorde de sus animales al inicio de la época seca.

Asimismo, existe un potencial usuario adicional, que viene tomando relevancia en los últimos años: los municipios y entidades privadas que deben mantener sus áreas verdes en condiciones óptimas aun en la estación seca. Existen experiencias muy promisorias en Cartagena, que muestran la posibilidad de utilizar las aguas residuales para este fin. Una opción de reúso que también involucra a estos mismos actores es el desarrollo de zonas forestales, que podrían estar vinculadas a las obligaciones de las licencias

ambientales municipales.

Una experiencia a escala piloto bien implementada del reúso de las aguas residuales en los usos más viables podría cambiar la percepción de todos los actores antes mencionados, ya que permitiría:

- Demostrar los beneficios del uso de las aguas residuales, al ofrecer un abastecimiento seguro y permanente, así como el aporte de nutrientes que sustituyan gran parte de la fertilización química ahora tan escasa y costosa.
- Identificar los riesgos que podrían generar estas prácticas e identificar las medidas de control para evitar impactos negativos en la salud y el medio ambiente.
- Evaluar los resultados de la experiencia para sustentar mejor una normatividad más ajustada a la realidad local.
- Valorizar el recurso agua residual hasta lograr establecer un precio por el servicio de tratamiento, que sería propuesto a los usuarios que busquen beneficios económicos atractivos en sus negocios.
- Lograr que las empresas operadoras se muestren más dispuestas a ofertar este recurso para contar con ingresos económicos adicionales, que por lo menos financien parcialmente una buena operación y mantenimiento de las PTAR.

En suma, los casos piloto que se ejecuten permitirán mostrar a los usuarios que es posible hacer un reúso seguro y productivo. Luego de esta tarea, se deberá implementar un programa de capacitación para los agricultores y ganaderos, con el objetivo de que aprendan a manejar esta práctica del reúso en forma eficiente y con riesgos importantes para ellos y sus productos. Por último, será necesario que estas experiencias exitosas se difundan con mucha fuerza, con el propósito de que los actores similares de otros lugares puedan asumir esta nueva fuente alternativa de agua para el riego para sus parcelas agrícolas y pecuarias, así como las áreas verdes urbanas

y nuevas zonas de forestación.

2.3. La calidad sanitaria requerida para el reúso

Las directrices de la OMS de 1989 y 2006 proponen una serie de requisitos de calidad en reúso de aguas residuales domésticas para proteger la salud pública de usuarios y consumidores. Destaca los huevos de helmintos como principal riesgo y los coliformes termo tolerantes como indicadores de bacterias y virus patógenos.

En el caso colombiano, la Resolución 1256 de 2021 establece ciertos parámetros de control, pero a su vez indica que se debe cumplir con los lineamientos dispuestos en el Decreto 1076, que establece concentraciones de 5,000 coliformes totales/100 ml y 1,000 coliformes termo tolerantes/100 ml para el riego con aguas superficiales de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto. Para el resto de los cultivos no aplica.

La Resolución se centra más en parámetros físico-químicos que pueden afectar la calidad del suelo y cuerpos receptores si se descarga, destacando límites de DBO y DQO que sí son importantes para esos fines, pero que para el reúso agrícola pueden ser beneficiosos. En las normas no se mencionan límites para huevos de helmintos ni protozoos parásitos humanos, los mismos que están relacionados más con aspectos sanitarios que ambientales, por lo que deberían ser materia de análisis del sector salud y propiciar una coordinación intersectorial.

Asimismo, la Resolución menciona que el reúso de las aguas *"no aplica para el uso de las aguas residuales como fertilizante o acondicionador de suelos"*, situación que debería ser evaluada en el futuro, ya que es evidente el aporte de materia orgánica y nutrientes que pueden acondicionar y fertilizar los suelos.

Por tanto, en particular en determinados tipos de reúso como los factibles en el Caribe colombiano, el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en las aguas a ser reusadas no debe ser limitado, ya que al igual que los fertilizantes, se deberán aplicar según las exigencias de cada caso.

Frente a la necesidad de lograr mayor precisión sobre algunos de los aspectos antes discutidos, se podría desarrollar **instrumentos complementarios como reglamentos y guías**, que como han propuesto algunas autoridades ambientales entrevistadas, permitirán formalizar el reúso existente y promover efectivamente una mayor cantidad de nuevas experiencias viables.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of green, blue, and grey, positioned at the top left of the page.

3. POTENCIAL DEL REÚSO EN LA REGIÓN CARIBEÑA DE COLOMBIA Y CASO SAN ANTERO

El reúso de las aguas residuales a nivel mundial se ha diversificado ampliamente, ya que se aprovecha en diversas actividades agropecuarias, industriales y urbanas. Entre muchas listas de las diferentes actividades de reúso, podemos citar la propuesta por el Proyecto de Reúso en San Antero que evaluó las siguientes opciones, teniendo como referencia la normatividad colombiana (Crew+, 2022-1):

- Cultivos de pastos y forrajes para consumo animal.
- Cultivos no alimenticios para humanos o animales.
- Cultivos de fibras celulósicas y derivados.
- Cultivos para la obtención de biocombustibles, incluidos lubricantes.
- Cultivos forestales de madera, fibras y otros no comestibles.
- Cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos.
- Áreas verdes en parques y campos deportivos en actividades de ornato y mantenimiento.
- Jardines en áreas no domiciliarias.

- Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas.
- Descarga de aparatos sanitarios.
- Limpieza mecánica de vías
- Riego de vías para el control de material particulado.
- Sistemas de redes contra incendio.

Es evidente que el reúso en la agricultura es la más importante, y el caso de Colombia no escapa a tales expectativas. Por ello a continuación se describen aquellas actividades más promisorias en la Región Caribe de Colombia, aun cuando en cada zona específica se puedan presentar oportunidades diferentes. Se considera que las actividades más viables del Proyecto de Reúso en San Antero son las siguientes:

3.1. El reúso en la actividad agrícola y ganadera

Si bien el reúso se ha desarrollado en el mundo principalmente en lugares con poca disponibilidad de agua, también se efectúa en aquellos países un con balance hídrico positivo, ya que en todos los casos existe una estación seca que limita las actividades agrícolas y ganaderas. La región caribeña del norte de Colombia se caracteriza por una época seca muy crítica, que obliga a los ganaderos a vender sus animales por falta de pastura.

El reúso de las aguas residuales permitiría producir forrajes de silo para atender las necesidades de alimentación del ganado en esa época seca. En casos como San Antero, el municipio destina 200 millones de pesos para adquirir 400 TM de forraje silo que se entregan a los ganaderos para alimentar sus animales en la época seca. Por tanto, se considera que muchos municipios de la región Caribe que tienen una actividad pecuaria bovina importante, como se ha mostrado con la tabla 1, podrían producir sus propios forrajes silo para apoyar a los ganaderos, reduciendo significativamente sus gastos por

este servicio brindado como lo hace San Antero. Los forrajes de corte más difundidas son las especies king grass y caña forrajera.



Fuente: Pasturas Tropicales Colombia

Del mismo modo, los propios ganaderos podrían mantener sus campos con pastizales naturales durante todo el año, manteniendo con aguas residuales tratadas los pastos naturales de sus potreros durante toda la época seca, evitando así la venta del ganado por falta de alimento. De esta forma los productores podrían continuar el engorde de sus animales, mejorando significativamente la productividad y rentabilidad de su actividad ganadera. Además, el mantenimiento de pastizales naturales o la producción de forrajes silo se puede maximizar si se almacena agua residual tratada en reservorios durante la época de lluvias, para luego ser utilizada en la época seca, tal como lo hace Israel. En ese país los 15 m³/s de aguas residuales utilizadas representan el 20% de los recursos hídricos disponibles actualmente. El 87% de las aguas residuales tratadas abastecen durante la estación seca más e 300 sistemas de irrigación que abarcan 123,000 ha, mediante grandes reservorios implementados en las mismas zonas de reúso (Libhaber, 2015).



Fuente: Revista del Instituto de Investigación FIGMMG

3.2. El reúso en la actividad agrícola y ganadera

La agricultura es la actividad más importante en el reúso de las aguas residuales, y aun cuando esta modalidad se desarrolla en lugares muy cercanos a las ciudades, ya que estas aguas provienen de una zona urbana, sigue siendo una actividad rural.



Fuente: Pontificia Universidad Javeriana

Sin embargo, en la propia zona urbana existe otra actividad que demanda el uso de las aguas residuales: el riego de las áreas verdes públicas y privadas urbanas.

El reúso de las aguas residuales para el riego forestal y de áreas verdes es una práctica que está ganando mucho espacio en los últimos años a nivel global, principalmente vinculada a las grandes ciudades que utilizan para este riego otras fuentes de agua requeridas para el abastecimiento doméstico, comercial e industrial, o más aún, sustituyendo el uso del agua potable actualmente utilizada para este fin y que debe ser destinada para las actividades domésticas y comerciales.

La limitación del recurso hídrico en ciudades ubicadas en zonas desérticas o con épocas de fuerte sequía demandan el uso de las aguas residuales tratadas para el riego de áreas verdes públicas y privadas, ya que de lo contrario no se puede mantener estas áreas y menos desarrollar otras nuevas potenciales.



Fuente: Andina - Agencia Peruana de Noticias

Es el caso de Lima, Perú, en donde actualmente se utilizan 440 l/s de aguas residuales tratadas para el riego de parques y campos deportivos, sin embargo, otros 2,230 l/s provienen de otras fuentes y 1,130 l/s proviene del suministro de agua potable. Por ello se está implementando el Plan de riego sostenible de las áreas verdes de Lima Metropolitana, que pretende sustituir todas las fuentes de agua tradicionales por agua residual tratada (Moscoso, 2016).

Las principales ciudades del Caribe Colombiano, como Montería, Cartagena, Barranquilla y Santa Marta, están rodeadas por áreas verdes y boscosas que les ofrecen un ambiente paisajístico agradable, pero también poseen otras áreas verdes dentro del casco urbano, tales como parques, jardines y bermas centrales de las avenidas, que durante 7 meses se mantienen adecuadamente con las lluvias, pero que en la estación seca deben ser



regadas.

Fuente: Wikipedia

En casos como Cartagena estos ambientes son regados con agua potable. Aun cuando la oferta de agua potable en estas ciudades sea mayor que la demanda, no se justifica utilizar este recurso, ya que es de mayor costo que otros por el solo hecho de haber sido tratado para el uso doméstico y comercial.

De otro lado, también es importante el desarrollo de áreas forestales que brinden servicios de protección y recreación a las ciudades, especialmente ubicadas en zonas áridas, que pueden ser atendidas con las aguas residuales tratadas. Es el caso de la ciudad de Chimbote ubicada en la costa peruana, en donde la construcción de la nueva PTAR que tratará cerca de 1,000 l/s está vinculada al desarrollo de 2,560 ha de bosques recreativos y productivos que asumirán todo el costo del tratamiento del agua residual.



Fuente: Google Earth, 2022 y elaboración propia

Municipios como San Antero, planean desarrollar e implementar una barrera corta vientos de 1.4 Km. en la zona periferal de la PTAR, a fin de reducir el impacto sobre la población ubicada en la parte alta del Municipio y que reclama por la presencia de olores. Además, permitirá dar cumplimiento a requerimientos de compensación forestal establecidos por la autoridad ambiental, como parte de las obligaciones de las licencias ambientales municipales. Existen compromisos nacionales para contribuir a la mitigación del cambio climático, que pueden ser atendidos mediante la reforestación de áreas donde antes talaron bosques, contribuyendo a la captura de carbono y la emisión de oxígeno para atenuar la contaminación ambiental generada por el parque automotor y otras actividades urbanas.

3.3. Necesidad de tratamiento adicional

Desde el punto de vista de la tecnología utilizada para el tratamiento de las aguas residuales, en las últimas décadas se vienen incorporando procesos cada vez eficientes para lograr que estas aguas recuperen su calidad lo más cercana posible a la fuente original de donde fue captada antes de utilizarse. Este concepto es válido bajo la concepción del saneamiento, que busca recuperar la calidad estipulada por las normas para descargar las aguas residuales en un cuerpo receptor. De hecho, este propósito ha sido aplicado en los países desarrollados, en donde las aguas captadas de un río para

atender las necesidades de una ciudad, luego de tratadas son descargadas a la misma fuente para ser nuevamente utilizada varias veces más por las ciudades ubicadas aguas abajo. Queda claro que el concepto de saneamiento define las exigencias para tratar las aguas residuales con el propósito de evitar la contaminación de los cuerpos de agua receptores.

En el caso del objetivo de reusar las aguas residuales en diversas actividades, el objetivo del tratamiento debe ser remover todos los contaminantes que puedan afectar este reuso, especialmente los biológicos que constituyen un riesgo para la salud pública de los usuarios y de los consumidores de los productos regados con estas aguas. Por el contrario, en el caso del reuso para el riego agrícola, forestal y de áreas verdes se trata de aprovechar la materia orgánica y los nutrientes presentes en el agua por el beneficio que otorgan al fertilizar estos cultivos, elementos que el caso de vertimiento a un cuerpo receptor si ocasionan impactos negativos en el ambiente.

En suma, para establecer los objetivos del tratamiento de las aguas residuales se debe definir claramente su disposición final: vertimiento o reuso, o ambos. Este concepto debe ser asimilado por las entidades que regulan el manejo de las aguas residuales y las normas que se aplican para lograr un reuso seguro y productivo. Por tanto, es conveniente entender que algunas tecnologías de tratamiento son más eficientes para remover elementos contaminantes como sólidos, materia orgánica y nutrientes, mientras que otras se destacan por remover mejor a gérmenes patógenos. Por ejemplo, las lagunas de estabilización diseñadas con largos tiempos de retención son eficientes para remover parásitos y coliformes fecales que representan los patógenos presentes en esas aguas, mientras que no logran reducir notablemente los sólidos disueltos y el DBO, ya que más que remover estos elementos, lo que logran es transformar la materia fecal en una nueva materia orgánica de microalgas. En la práctica estos efluentes son muy apropiados para el riego agrícola porque permite reducir los costos por fertilización química que actualmente tiene costos excesivos.

No necesariamente el reúso demanda un tratamiento adicional, sino exige un tratamiento diferente al usado para fines de vertimiento. Por ejemplo, una PTAR de lodos activados deberá incluir un proceso de desinfección para reducir la concentración de coliformes fecales, proceso que si se realiza con cloración no es el más recomendado cuando el efluente se utiliza en el riego porque puede generar un impacto negativo en la microflora del suelo. Las exigencias del tratamiento estarán en función de los requerimientos de calidad de los diferentes tipos de reúso. Es diferente regar un campo de lechugas que se consumen crudas que un campo de bosque que no se consume. Igualmente, no es igual regar áreas verdes donde las personas tienen contacto directo, que un bosque de esparcimiento donde las personas solo transitan.

Por todo lo expuesto, solo se podrá proponer un tratamiento adicional de las aguas residuales, si la calidad obtenida en la PTAR no cubre las exigencias del tipo de reúso que se pretende implementar. Si se tiene una PTAR de lodos activados es posible que se deba adicionar un proceso de desinfección y de retención de huevos de helmintos. Un sistema de lagunas facultativas con largos periodos de retención no demandaría esos tratamientos adicionales.

3.4. Infraestructura para el reúso

La infraestructura que se debe implementar para lograr hacer viable el reúso depende de varias condiciones en cada caso, por tanto, depende de:

- + El tipo de reúso y las exigencias adicionales de calidad, que podrían demandar la remoción de algún elemento específico que afecta la productividad.
- + La distancia entre la PTAR y las áreas de riego, que definirá la distancia y dimensiones del sistema de conducción del agua por canales o tubería.
- + Las diferencias de altitud entre la PTAR y las áreas de riego, ya que, si las últimas son las altas, requerirán implementar un sistema de bombeo y almacenamiento.

- + Las necesidades de almacenamiento del agua para facilitar el riego (pequeños reservorios) o guardarla por largos periodos hasta la época de estiaje en que se puede usar (grandes reservorios).
- + La tecnología de riego que define la dotación de agua requerida, tanto para un riego por gravedad (surcos o melgas), como para un riego tecnificado (aspersión y goteo) que demanda implementar:
 - La unidad de filtración y recolección de agua filtrada.
 - El cabezal de riego.
 - La red de riego por mangueras.
 - Los emisores de riego en cada punto de entrega de agua.

Es importante mencionar que, en las experiencias de reúso agrícola, son los propios usuarios lo que han asumido la inversión y mantenimiento de los sistemas de riego implementados, por tanto, la empresa operadora de la PTAR no debe incluir estos costos en la valorización del agua, salvo que asuma el acuerdo de por lo menos conducir el agua hasta la zona de reúso.

3.5. Costos asociados

Los costos asociados a las propuestas de reúso estarán en función del caudal del efluente de la PTAR actual y proyectado, y por tanto de las etapas de desarrollo del Proyecto de Reúso. En términos generales se deberán realizar las siguientes inversiones:

- + La rehabilitación de la PTAR, a fin de recuperar su capacidad y adecuarla mejor para las exigencias del reúso.
- + La implementación de reservorios para almacenar el agua tratada por periodos cortos y facilitar el riego (pequeños reservorios), o de periodos prolongados para usar el agua en la estación seca (grandes reservorios).

- + El sistema de bombeo, si la zona de riego está destinado a una zona más alta que la PTAR.
- + El sistema de riego elegido: por gravedad o tecnificado (presurizado).

La estimación de estos costos dependerá del volumen de agua utilizada y el área de riego definida, tanto en una primera etapa como en las siguientes en que se desarrolle plenamente la capacidad de reúso de la PTAR. Una experiencia exitosa en varios lugares donde se han construido nuevas PTAR, es destinar las antiguas lagunas para el almacenamiento del agua tratada, reduciendo el costo de implementar reservorios.

3.6. Beneficios

Los beneficios potenciales del reúso para la sociedad son múltiples y pueden incluir lo siguiente:

- + Beneficios ambientales y en salud incrementales.
- + Beneficios por liberación de agua fresca (en zonas de escasez son muy altos por costos evitados en presas, trasvases o extracción de agua subterránea).
- + Ahorro en el costo del fertilizante (nutrientes) y, en algunos casos, en el tratamiento de las aguas residuales.
- + Beneficios asociados a la nueva producción (incremento de áreas de cultivo, incremento de producción en general).
- + Mayor confiabilidad en el suministro de las aguas residuales (suministro constante y permanente todo el año).
- + Beneficios por aprovechamiento de subproductos (lodos, gas).

Además, se pueden generar beneficios directos aportados por los Usuarios Receptores (los que reúsan las aguas residuales). Aun cuando en muchos países el agua no tiene

precio por ser un bien público, es un hecho que este recurso tiene un valor real cuando está vinculado a la generación de beneficios económicos que consigue el usuario en una actividad comercial rentable.

Por ejemplo, en el Perú empresas mineras y empresas agroexportadoras han estado dispuestas a asumir todos los costos de tratamiento (inversión y operación) de aguas residuales, e incluso efectuar pagos adicionales, a cambio de disponer de determinado caudal para sus actividades productivas.

En el caso colombiano, no es posible transar el recurso, por su naturaleza de bien público, no obstante, en muchos casos existirán importantes beneficios para los Usuarios Receptores que resultaría conveniente captar, aunque sea parcialmente, para cubrir costos de operación y mantenimiento e incluso inversión de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En general, independientemente del marco jurídico, el valor del agua residual cruda o tratada depende el costo de oportunidad que los usuarios definan en función a la actividad que desarrollen. Por ello la metodología de la “disposición a pagar” (DAP) es comúnmente usada para determinar el valor del agua que el agente que reúsa estaría dispuesto a aportar, bajo algún esquema jurídicamente viable en cada caso.

3.7. Actores y posibles clientes para el reúso

Aun cuando está abierta la posibilidad de realizar diferentes tipos de reúso con las aguas residuales, inicialmente se podrían desarrollar proyectos para el riego de cultivos de forrajes de silo, de pastizales naturales para ganadería, de plantaciones forestales y de áreas verdes urbanas, por tanto, los principales actores involucrados son:

- + Usuarios potenciales:**
 - Agricultores de forrajes y otros.

- Ganaderos con áreas de pastizales naturales.
- Municipios.

+ Operadores y reguladores:

- Empresas prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento.
- Operadores privados de plantas de tratamientos.
- Autoridades ambientales - corporaciones autónomas regionales.

Al iniciarse una primera etapa con proyectos piloto y demostrativos, en donde se espera evaluar los beneficios y riesgos del reúso, y luego capacitar a los usuarios potenciales, consideramos clave la participación de la Academia. En la región caribeña colombiana existen por lo menos 12 universidades públicas y privadas que pueden colaborar en la investigación y capacitación de los usuarios, destacando la Universidad de Córdoba por tratarse de una institución orientada a las actividades agropecuarias.

4. EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL REÚSO EN MONTERÍA

En la visita de campo, se realizó una reunión con los funcionarios de la empresa Veolia, prestadora de los servicios de agua y saneamiento de la ciudad de Montería, que permitió comprender la propuesta de desarrollar un Proyecto Piloto de Reúso con las aguas residuales de esa ciudad.

Esta opción debe analizarse con mayor detalle, y supeditarse a la priorización que se efectúe considerando otras zonas con mayor estrés hídrico como La Guajira.

4.1. Principales cultivos locales

En Montería el 23% del área departamental se concentraba en pastos, con más de 385.000 hectáreas, de los cuales el 94% están cultivados en praderas tradicionales, siendo el “angleton” la variedad predominante (Viloria, 2004). Sin embargo, existe una muy importante actividad agrícola, principalmente de los cultivos de maíz, el arroz seco, sandía, ñame, yuca, entre otros.

En el caso específico de Proyecto Piloto de Reúso sugerido por Veolia, se ha propuesto concretamente el riego de la zona de cultivo de arroz seco que se muestra en la ilustración 3 y que está ubicado a menos de un kilómetro al este de la PTAR Montería

Ilustración 1: Zona agrícola propuesta para el Proyecto Piloto de Montería



Fuente: Google Earth, 2022 y elaboración propia

4.2. Cantidades disponibles de agua residual

Montería es una ciudad con 490,000 habitantes que con una cobertura universal de agua y saneamiento puede generar 580 l/s de aguas residuales suficientes para regar por lo menos 580 ha de cultivo de arroz seco o un área mayor de otros cultivos. Esta capacidad estaría centrada para regar solo en la estación seca de 4.5 meses (diciembre a abril), pero además se podría proponer almacenar el agua residual no utilizada en la estación lluviosa para aprovecharla en la seca,

La Empresa Veolia informó que la PTAR ubicada al nordeste de la ciudad está conformada por una unidad antigua de 10 lagunas facultativas que cubren un área total de 27,000 m² y una unidad moderna de filtros percoladores y lodos activados, con capacidad para tratar 300 l/s. Este efluente podría atender actualmente el riego de 300 ha de cultivo de arroz en la estación seca. Una etapa posterior podría buscar el

almacenamiento total del efluente durante los 7.5 meses lluviosos, lo cual demandaría reservorios con una capacidad de hasta 5.8 millones de metros cúbicos, que atendería el riego de 500 ha adicionales en la época seca.

4.3. Estándares de calidad requeridos

También los funcionarios de la empresa manifestaron que la nueva unidad de la PTAR logra alcanzar la calidad para el reúso, por lo que asumimos que esta planta opera con un sistema de desinfección que permita lograr un efluente con menos de 1,000 CTT/100 ml adecuado para todo tipo de reúso. Sin embargo, esta exigencia de calidad no aplica para el cultivo de arroz, ya que es un producto alimenticio no consumido directamente porque previamente es sometido a procesos físicos o químicos, además que antes de la cosecha se deja el cultivo sin riego por 15 días para permitir el secado de las plantas en campo, situación que reduce aún más el riesgo de contaminación del arroz con patógenos.

Según la OMS, la mayor exigencia de calidad para el riego con aguas residuales es lograr la remoción de helmintos parásitos humanos, hasta alcanzar menos de un huevo por litro. Es posible alcanzar esta remoción si se logra que las lagunas de estabilización alcancen 10 días de periodo de retención. En este caso, si los 300 l/s pasan por las lagunas solo se tendría 1.3 días de retención. Por tanto, la opción es asegurar que el proceso de tratamiento tenga una unidad de filtración lenta o ultrafiltración. De lo contrario, solo incorporar a las lagunas hasta 47 l/s para alcanzar 10 días de retención y regar solo 47 ha en la época seca.

En el caso de almacenar el agua durante los 7.5 meses de la estación lluviosa para utilizarla luego en la siguiente época seca, se puede asegurar que el agua no tendrá helmintos por el largo periodo de retención logrado, y que como se dijo antes alcanzaría para regar hasta 500 ha en dicha época seca.

En suma, se propone utilizar las lagunas para tratar solo 47 l/s para alcanzar los 10 días de retención que aseguran la remoción de helmintos y que permitirían regar no más de 50 ha de arroz. Los 253 l/s restantes se podrían utilizar solo si se tratan en la unidad de lodos activados, siempre que esta PTAR tenga un proceso como filtros lentos o ultrafiltración para remover los parásitos. A largo plazo se puede implementar progresiva y gradualmente reservorios, con un potencial máximo de capacidad de almacenamiento de 5.8 millones de metros cúbicos que equivaldría al agua producida en los 7.5 meses lluviosos, para luego regar hasta 500 ha en la época seca con un agua de alta calidad lograda por el extenso período de retención alcanzado.

4.4. Necesidades de tratamiento adicional

Dado que no es conocido si la nueva Unidad de la PTAR de Montería posee un sistema de filtros lentos o ultrafiltración para remover parásitos, por tanto, de no ser así, se tendría que implementar este tratamiento adicional si se quiere usar directamente el efluente de esta Unidad.

Por otro lado, se está proponiendo que las antiguas lagunas de estabilización sean rehabilitadas para usar su efluente en el riego de arroz, pero tratando solamente 47 l/s para alcanzar los 10 días de retención requeridos para la remoción de parásitos, o mejor aún se construyan reservorios para almacenar el efluente durante los 225 días de la estación lluviosa y luego usar ese recurso en la estación seca, lo que implica un largo periodo de retención que garantiza la total remoción de helmintos y de coliformes fecales.

4.5. Infraestructura para el reúso

La infraestructura que se debe implementar para realizar el riego de los campos de arroz u otros cultivos ubicados a menos de un kilómetro de la PTAR estaría conformada por un canal o tubería principal para el transporte del agua hasta dicha zona agrícola, un

sistema de distribución (canales o tuberías secundarias) que se implemente en las parcelas a regar, y un sistema de riego por gravedad mediante melgas o tecnificado por aspersión. Para ambos métodos de riego, y dependiendo de la cota de altitud en la salida del efluente de la PTAR y en el punto de entrega del agua para el riego, se evaluará la necesidad de implementar un sistema de bombeo. Si se opta por un sistema de riego tecnificado, se deberá implementar:

- La unidad de filtración y recolección de agua filtrada.
- El cabezal de riego.
- La red de riego por mangueras.
- Los emisores de riego en cada punto de entrega de agua.

Por último, la construcción de reservorios también podría ser incluida en la infraestructura de riego. En el punto 5.2 se explicó que para usar totalmente el agua residual generada por la PTAR se tendría que construir reservorios con capacidad de hasta por 5.8 millones de metros cúbicos para regar 500 ha de arroz u otros cultivos en la época seca.

4.6. Costos asociados

Los costos asociados a la propuesta de reúso del efluente de la PTAR de Montería están vinculados a las siguientes inversiones:

- + La rehabilitación de la unidad de lagunas de estabilización, si se desea utilizarla para tratar 47 l/s, que con 10 días de retención logren la remoción de helmintos.
- + El sistema de bombeo, si la zona de riego es más alta que la PTAR.
- + El sistema de riego por gravedad o tecnificado.

La estimación de los costos de esta infraestructura dependerá del volumen de agua utilizada y el área de riego definida, tanto en una primera etapa piloto, como en las

siguientes etapas hasta lograr que se desarrolle plenamente la capacidad de reúso del efluente de la PTAR.

4.7. Actores relevantes y posibles clientes

La propuesta del Proyecto Piloto de Reúso de Montería definió que estaría dirigida principalmente a los agricultores de arroz ubicados cerca de la PTAR de Montería; sin embargo, queda abierta la posibilidad que se incluya a otros agricultores dedicados a cultivos diferentes, e incluso a ganaderos que deseen regar sus pastos naturales. Se ha estimado que inicialmente se podría atender los requerimientos de agua en la estación seca de hasta 47 ha dedicadas al arroz. En los siguientes años se propiciaría la construcción de reservorios por parte de los mismos productores, a fin de ampliar el riego de hasta 500 ha de diferentes cultivos, por tanto, todos los usuarios potenciales antes citados se podrían incluir en la lista de clientes.

Respecto a los actores, la primera institución involucrada es la Empresa Veolia que ha lanzado la iniciativa del Proyecto Piloto. El segundo actor evidentemente sería el grupo de agricultores de arroz u otros cultivos. Al inicio serán algunos agricultores que participen en forma independiente, pero en la medida que se consolide la actividad, se debería propiciar que estos productores se organicen bajo la forma de Junta o Comité de Regantes de Aguas Residuales.

Será importante para el Proyecto la participación de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) para propiciar la aprobación de la licencia de reúso, sustentada al inicio por una etapa experimental. La participación de la Universidad de Córdoba también será esencial por su amplia experiencia en la actividad agropecuaria local. Finalmente, la participación del Municipio de Montería también será clave para lograr un respaldo político a la iniciativa.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of blue and green, positioned at the top left of the page.

5. EVALUACIÓN DEL REÚSO EN CARTAGENA

5.1. Principales modalidades de reúso

A diferencia del caso de Montería, en Cartagena se ha identificado que el reúso se desarrollaría más por el lado del riego de áreas verdes urbanas. Las entrevistas con la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique), la Empresa Prestadora Aguas de Cartagena (Acuacar) y la Inmobiliaria Serena del mar nos han permitido distinguir las siguientes modalidades de reúso:

- + Riego de áreas verdes internas en instalaciones privadas.
- + Riego de áreas verdes públicas en nuevos desarrollos urbanos.
- + Riego de campos deportivos privados.
- + Riego de áreas verdes públicas de la ciudad.

Respecto a la primera modalidad de riego de áreas verdes internas en instalaciones privadas, actualmente en Cartagena existen muchos casos de hoteles y edificios que tienen miniplantas de tratamiento para tratar sus aguas residuales, que luego utilizan para el riego de sus propias áreas verdes. Se trata de casos que no han solicitado concesiones de reúso en el entendido que están reciclando el agua dentro de la infraestructura de su actividad. Por ello consideran que la concesión de agua debería

ser suficiente para facilitar que estos usuarios reciclen el agua utilizada.

El reúso con perspectivas de mayor magnitud pertenece a la segunda modalidad del riego de áreas verdes públicas en nuevos desarrollos urbanos. Este caso se refiere al uso de aguas residuales crudas que la Empresa prestadora Acuacar puede ofrecer a las inmobiliarias, autorizando la captación de las aguas del sistema de alcantarillado de la propia urbanización, para ser tratados en plantas compactas implementadas también por las propias inmobiliarias. En la actualidad existen algunos casos en Cartagena que reúsan las aguas residuales generadas en las nuevas urbanizaciones y tal vez el caso más emblemático es el Proyecto Serena del Mar. Se trata de un desarrollo urbano integral de 1,000 ha localizado al norte de Cartagena y colinda con una amplia área de playas. El Proyecto contempla que solo 300 ha serán utilizadas para el desarrollo inmobiliario, por tanto, las otras 700 ha constituyen áreas verdes, que deberán ser mantenidas con las aguas residuales generadas por esa nueva zona urbana, y lagunas naturales que deberán ser mantenidas por esa nueva zona urbana

En la tercera modalidad de riego de campos deportivos también se trata de utilizar las aguas residuales crudas, que luego de ser tratadas por las instituciones privadas, las utilizan para el riego de los campos deportivos. El caso del Club de Golf en Caribana, en donde la empresa Acuacar deriva el agua residual que solo recibió tratamiento primario antes de ser descargada al emisario submarino, para que esta entidad privada la trate hasta lograr la calidad requerida para el riego del campo de golf. Es una situación particular porque la intrusión salina en el acuífero costero de Cartagena genera un ingreso de agua salobre al sistema de alcantarillado, obligando al usuario a seleccionar especies tolerantes a la salinidad, como la grama nativa llamada Gaspal.

Las experiencias mencionadas permiten proponer una cuarta modalidad referente al riego de áreas verdes públicas de la ciudad, especialmente en la estación seca en que se presenta un déficit hídrico. Sin embargo, actualmente no existe ningún caso de este tipo, ya que los 28 parques de la ciudad de Cartagena son regados con agua potable en

esta época seca. Por ello Cardique propone promover la instalación de plantas compactas operadas por el municipio.

5.2. Cantidades disponibles y usadas del agua

La empresa prestadora Acuacar actualmente opera 2 plantas potabilizadoras con capacidad para producir 55,000 m³ diarios (637 l/s), capacidad mayor que la actual demanda de la ciudad de Cartagena. Con este abastecimiento de agua, esta ciudad generará hasta **540 l/s de aguas residuales**, equivalentes a 46,750 m³ diarios o 17 millones de m³ anuales aproximadamente que podrían ser tratados para su reúso posterior.

No obstante, en la actualidad la mayor parte de estas aguas residuales reciben un tratamiento primario avanzado en la PTAR Punta Canoas, para luego ser descargadas al mar a través del emisario submarino de Cartagena. Es por ello el que Acuacar está propiciando acuerdos contractuales para utilizar las aguas residuales, en lugar de descargarlas al mar, logrando con ello extender la vida útil del emisario. Es el caso de Caribana que recibe 50,000 m³/mes para regar los campos de Golf, volumen que equivale a 20 l/s, apenas el 4% de la oferta de agua residual.

El Proyecto inmobiliario Serena del Mar con 700 ha de áreas verdes y lagunas naturales constituyen una demanda más importante que el caso anterior. Esa empresa actualmente opera 5 mini PTAR provisionales para aprovechar toda el agua residual generada por las unidades urbanas y comerciales. La inmobiliaria está instalando dos PTAR definitivas que deberán tratar las aguas residuales provenientes de los 13,000 m³ (150 l/s) de agua potable abastecidos por Acuacar. Se ha estimado un requerimiento diario de 17,000 m³ (200 l/s) para el riego de áreas verdes, 7,000 de ellos para el Golf, por lo que estiman que tendrán un déficit de 4,000 m³/día (50 l/s) para todo el reúso proyectado. Por ello se está planeando recibir ese volumen de agua derivada de la PTAR Punta Canoas, antes de descargarlas al emisario submarino, pero en este caso se

requiere utilizar en el área del Golf especies tolerantes a la salinidad como la grama Gaspal.

En suma, los proyectos de reúso de la Serena del Mar y Caribana utilizarán 220 l/s de los 637 l/s de agua potable que produce Acuarcar actualmente para la ciudad. Quedarían más de 400 l/s que a futuro podrían orientarse al reúso urbano o industrial. En el supuesto que se utilicen los 32,000 m³ diarios sobrantes para el riego de áreas verdes, se podría atender las necesidades de más de 50,000 ha verdes durante toda la estación seca. Compartiendo la propuesta de Cardique, el almacenamiento de estas aguas residuales durante la época de lluvias podría hacerse mediante una descarga a lagunas naturales (ciénagas).

5.3. Estándares de calidad requeridos

Las normas colombianas no especifican los requerimientos de calidad sanitaria para el uso de las aguas residuales en el riego de áreas verdes, por tanto, solo es posible proponer lo que la OMS recomienda para este uso y que se puede diferenciar en 2 categorías:

- + Riego de campos deportivos y parques públicos: menos de un huevo de helmintos por litro y menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml.
- + Riego de praderas y árboles: menos de un huevo de helmintos por litro.

La diferencia entre estas dos categorías se sustenta en que los campos deportivos y parques públicos son de contacto directo con los usuarios.

5.4. Necesidades de tratamiento adicional

En los dos casos de reúso que se están ejecutando en Cartagena la empresa prestadora Acuarcar oferta el agua residual cruda (sin tratamiento), por tanto, los usuarios receptores están asumiendo la implementación de las PTAR para su uso en el riego de

áreas verdes.

Conceptualmente, en los casos en que se está derivando las aguas de la PTAR Punta Canoas, en donde recibe un tratamiento primario avanzado por mini tamices que retienen sólidos finos antes de descargarse al mar, si se puede hablar de un tratamiento adicional. No obstante, prácticamente se aplica en esas PTAR todos los procesos biológicos, que son más eficientes y cortos al haber recibido un afluente con un pequeño contenido de sólidos sedimentables.

En todos estos casos se recomienda que la aprobación de la concesión de reúso incluya la evaluación del tratamiento propuesto, a fin de garantizar que logran la calidad requerida para tal tipo de reúso.

5.5. Infraestructura para el reúso

Al tratarse en todos los casos de riego de áreas verdes, tanto la conducción como la distribución de las aguas residuales hasta las zonas de riego deberán realizarse a través de tuberías primarias y secundarias. Es recomendable la implementación de un reservorio luego de las PTAR y antes del sistema de conducción, a fin de facilitar las tareas de riego que no necesariamente coincidan con los horarios del sistema de tratamiento. También podrá incluirse sistemas de bombeo, en los casos en que las áreas de riego estén con una altitud mayor que la PTAR.

Asimismo, se recomienda el uso de sistemas de riego presurizados para lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. De hecho, ya en los lugares donde se está regando se han instalado este tipo de sistemas tecnificados por aspersión o goteo. Como todo sistema presurizado, se deberá implementar:

- + La unidad de filtración y recolección de agua filtrada.
- + El cabezal de riego.

- + La red de riego por mangueras.
- + Los emisores de riego en cada punto de entrega de agua.

5.6. Costos asociados

Los costos asociados que deberá asumir la Empresa Prestadora Acuacar son los relacionados a la medición de caudal y derivación del efluente para la entrega al usuario, algo que normalmente se realiza en la PTAR. Sin embargo, casos especiales y condiciones del contrato podrían incluir el sistema de conducción hasta la zona de reúso. Por ejemplo, en el caso de Caribana, desde la PTAR Punta Canoas hasta el campo de golf.

En el caso del Proyecto inmobiliario Serena del Mar es la empresa inmobiliaria la que capta el agua residual del sistema de alcantarillado propio y la conduce a sus PTAR y luego a las áreas de riego, por tanto, Acuacar no asume ningún costo asociado. Solo en la propuesta de derivar agua de la PTAR Punta Canoas para llevarla hasta los campos de Golf de Serena del Mar, se está negociando quien asume la inversión para la conducción del agua.

5.7. Precio de mercado

La experiencia de oferta de agua residual al Proyecto inmobiliario Serena del Mar es al parecer el único caso que hasta el momento en Colombia se ha fijado un precio al servicio de entregar agua residual, ya que Acuacar y la Inmobiliaria han acordado un pago equivalente a 180 pesos/m³ (US\$ 0.045/m³) por el agua pretratada en la PTAR Punta Canoas (tratamiento primario avanzado).

La Inmobiliaria ha estimado que el tratamiento adicional (lodos activados y filtración) generará un costo de 700 pesos/m³ (US\$ 0,175/m³) de agua tratada. El costo total del agua tratada será de 880 pesos/m³ (US\$ 0.22/m³) que para muchos podría ser

considerado alto, sin embargo, es menor que los 2,000 pesos/m³ (US\$ 0.50/m³) pagados por el agua potable, que es la otra opción para regar las áreas verdes.

Del análisis de costos anterior se puede deducir que aun cuando la ciudad de Cartagena tiene una oferta de agua potable mayor que su demanda, y que por ello actualmente riegan con esa fuente las áreas verdes en la estación seca, es más económico optar por el agua residual tratada. Claro que desde la mirada de Acuacar es más rentable vender agua potable que agua residual.

5.8. Ingresos por tarifa de los prestadores

De la evaluación antes realizada, se puede decir que la Empresa prestadora Acuacar ya tiene una tarifa para la oferta del agua residual pretratada. Aún no se sabe si en el caso de Serena del Mar también negociara una tarifa por el agua cruda, algo que tiene menos justificación ya que la recolección y tratamiento de esta agua la realiza la misma inmobiliaria.

Haciendo proyección de la oferta de las aguas residuales sin tratamiento o con pretratamiento que dispondría Acuacar, en el supuesto que a futuro logre ofertar los 17 millones de m³ que produce anualmente al valor fijado actualmente, los ingresos por ese rubro podrían llegar a ser de 11,900 millones de pesos, equivalente a casi US\$ 3 millones anuales.

Además, Acuacar se beneficiaría por el costo evitado del tratamiento primario y la descarga por el emisario submarino del volumen que consiga ofertar para el riego de áreas verdes. En todo caso, alargaría la vida útil de la capacidad de descarga del emisario.

5.9. Actores relevantes y posibles clientes

De hecho, en el caso de Cartagena, los clientes actuales y potenciales de Acuacar son las empresas inmobiliarias e instituciones que poseen campos deportivos. A ellos se

podría sumar los municipios de la ciudad de Cartagena que podrían usar las aguas residuales para el riego de sus áreas verdes urbanas, especialmente en época seca.

Los principales actores son clientes actuales y potenciales y la empresa prestadora Acuacar. Otro actor clave es la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique), quien tiene el rol de aprobar las licencias de uso de aguas residuales y la fiscalización de estos casos de reúso.

Otros actores que se podrían incluir son hoteles y edificios que tienen miniplantas para tratar sus aguas residuales, con las que riegan sus áreas verdes internas.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of blue and green, positioned at the top left of the page.

6. EVALUACIÓN DEL REÚSO EN BARRANQUILLA

La situación del reúso en Barranquilla abarca más modalidades porque incluye, tanto las propuestas para Montería como para Cartagena, en la medida que la Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla (Triple A) y Aguas del Sur prestan servicios de agua y saneamiento en 14 municipios, además de la ciudad de Barranquilla.

6.1. Principales modalidades de reúso

Las modalidades de reúso en Barranquilla se podrían clasificar en dos grupos de la forma siguiente:

Para los Municipios pequeños:

- + Riego de pastizales naturales en los potreros ganaderos.
- + Riego de cultivos agrícolas, especialmente forraje de silo.

Para la ciudad de Barranquilla:

- + Riego de áreas verdes internas en instalaciones privadas.
- + Riego de campos deportivos privados.
- + Riego de áreas verdes públicas de la ciudad.

De hecho, el departamento Atlántico, al igual que toda la Región Caribe de Colombia tiene una actividad ganadera de importancia. Como se ha reportado en la tabla 1, el Tercer Censo Agropecuario de Colombia realizado en 2014 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) indica que el departamento Atlántico maneja 215,509 cabezas bovinas, que representa el 3.3% de la producción de la Región Caribe y 1% de la producción nacional (DANE, 2014). Igualmente reporta que esta producción pecuaria se realiza en 7,095 unidades de producción agropecuaria (UPA), que deben representar alrededor de 35,000 ha de potreros con pastos natural. Al igual que Montería y el resto de la Región Caribe, los ganaderos de este departamento no pueden criar su ganado en la época seca. Por tanto, el reúso de las aguas residuales es una opción para regar estos potreros o producir forrajes silo para atender las necesidades de alimentación de dicho ganado en la mencionada época.

La Corporación Autónoma Regional del Atlántico (Car Atlántico) informó que los municipios de Galapa, Luruaco y Caravaca utilizan los efluentes de las PTAR de lagunas para riego agrícola. Además, consideran que todas las PTAR de los diferentes municipios, cuyos servicios de saneamiento son operados por la Triple A y Aguas del Sur podrían ofrecer sus efluentes para el riego de pastizales en las zonas ganaderas vecinas. La empresa prestadora Triple A que operan en Barranquilla y 14 municipios manifiestan que tienen un potencial para reusar aguas residuales y lodos, sin embargo, esta actividad está limitada debido a que las PTAR no cumplen con las exigencias de la norma, por lo que se requiere mejorar el tratamiento.

También los funcionarios de la Car Atlántico informaron que formalmente han aprobado 3 concesiones de reúso, pero que existen muchos otros casos no formalizados. En todos los casos se trata del reúso para el riego de áreas verdes internas en instalaciones privadas y se estima que hay 40 edificios que tratan y reúsan para regar sus áreas verdes.

La ciudad de Barraquilla utiliza como fuente de agua al río Magdalena, ya que es

permanente y tiene una calidad adecuada por su gran caudal, incluso en la estación seca, por lo que no justifican el uso de las aguas residual. Sin embargo, la Triple A opera la PTAR de lagunas El Pueblo que actualmente trata 1,000 l/s y vierte sus efluentes en un arroyo, recurso que podría usarse para el riego de un Club de Golf, las áreas verdes y las lagunas recreativas de sur occidental de la ciudad durante la época seca.

Al disponer de un recurso hídrico abundante y permanente como el río Magdalena, la Triple A no tiene limitación de abastecimiento ni siquiera en la estación seca, por tanto, la promoción del reúso para el riego de las áreas verdes urbanas se tendrá que sustentar más en el aprovechamiento de la materia orgánica y nutrientes contenidos en las aguas residuales, que reducirían los costos de mantenimiento al lograr un ahorro por la fertilización química. No se puede dejar de recordar que las fuertes precipitaciones en 7.5 meses del año provocan una remoción de los nutrientes en los suelos, por tanto, es indispensable fertilizar frecuentemente para mantener en buen estado los cultivos agrícolas, pastizales naturales y áreas verdes urbanas.

6.2. Cantidades disponibles de agua

No se dispone de información sobre el volumen de aguas residuales que genera la ciudad de Barranquilla, pero con una población actual de 1.2 millones de habitantes, una dotación de agua de 120 l/habitante por día, una cobertura de 80% y una recuperación en el alcantarillado de 85%, se puede estimar que el caudal de aguas residuales podría llegar a 98,000 m³ diarios (1,130 l/s), volumen suficiente para regar más de 1,000 ha de bosques y áreas verdes durante el tiempo de sequía. En el caso de que se almacene el agua residual tratada en lagunas (ciénagas) durante la estación lluviosa, el volumen retenido permitiría regar 1,900 ha de bosques y áreas verdes.

Tampoco se tiene información de los municipios rurales operados por Triple A y Aguas del Sur, pero la primera empresa informó que la PTAR de Tubará tiene capacidad para tratar 18 l/s y la PTAR Polo Nuevo recibe 35 l/s, aun cuando está sobrecarga porque su

capacidad es de 25 l/s. Haciendo una extrapolación a los 14 municipios operados con un promedio de 30 l/s se puede deducir que la zona dispondría en total de aproximadamente 420 l/s, caudal que podrían reusarse en 400 ha para mantener pastos naturales en la estación seca o producir forraje de silo.

6.3. Estándares de calidad requeridos

Como ya hemos discutido para los casos de Montería y Cartagena, la calidad sanitaria recomendada por la OMS para las diferentes modalidades de reúso se centra en los límites para dos categorías que se explican en el cuadro 2 y que incluyen todas las modalidades propuestas antes para Barranquilla.

Reiteramos la OMS propone el límite de menos de un huevo de helmintos que en todos los tipos de reúso propuestos, lo que implica aplicar un proceso de tratamiento que logre una total remoción de estos parásitos. La exigencia adicional de menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml se aplica solo para los cultivos agrícolas de consumo humano crudo y de áreas verdes con contacto directo, como campos deportivos y parques públicos.

Tabla 3: Límites recomendados por la OMS para el reúso de las aguas residuales

Categoría	Tipo de reúso	Helmintos (huevos/L)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)
Riego irrestricto	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas verdes con contacto directo • Campos deportivos • Cultivos agrícolas de consumo crudo 	Menos de 1	Menos de 1,000
Riego restringido	<ul style="list-style-type: none"> • Pastizales naturales en potreros de ganado • Cultivos agrícolas no consumidos crudos 	Menos de 1	No aplica

Categoría	Tipo de reúso	Helmintos (huevos/L)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)
	<ul style="list-style-type: none"> • Forraje de silo para consumo animal • Áreas verdes sin contacto directo 		

Fuente: OMS, 1989 y elaboración propia.

En la normatividad colombiana, la Resolución 1256 indica que para el riego agrícola se debe cumplir el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076, el cual solo exige menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml para el riego de frutas que se consumen sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto, límite que no aplica para el resto de los cultivos. La norma no establece criterios específicos de calidad para el riego de áreas verdes, ni tampoco incluye el parámetro de huevos de helmintos.

6.4. Necesidades de tratamiento adicional

En los municipios que tienen lagunas de estabilización y alcanzan más de 10 días de retención no se requeriría un tratamiento adicional para regar pastos naturales que alimenten el ganado vacuno, ni para el cultivo de forrajes silo u otros cultivos que no sean frutas que se consumen sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto.

Es probable que si se requiera un tratamiento adicional en las PTAR de lagunas y de lodos activados que no alcancen efluentes con menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml para el riego de áreas verdes de contacto directo. Para el mismo tipo de reúso, también se deberá adicionar un proceso de remoción de helmintos (filtros lentos o ultrafiltración) en las plantas de lodos activados, y en el caso de lagunas ampliar sus capacidades hasta alcanzar 10 días de periodo de retención.

6.5. Infraestructura para el reúso

La infraestructura que se debe implementar para realizar el riego de pastos naturales en potreros o cultivos de forrajes silo u otros cultivos estaría conformada por un canal o tubería principal para el transporte del agua hasta dicha zona agrícola o de potreros, un sistema de distribución (canales o tuberías secundarias) que se implemente en las parcelas o potrero a regar, y un sistema de riego por gravedad mediante melgas o tecnificado por aspersión y goteo. Para ambos métodos de riego, se requerirá implementar un sistema de bombeo, si la cota de altitud en la salida del efluente de la PTAR es menor que en el punto de entrega del agua para el riego.

Si se opta por un sistema de riego tecnificado para el reúso agrícola o el riego de áreas verdes, se deberá implementar:

- + La unidad de filtración y recolección de agua filtrada.
- + El cabezal de riego.
- + La red de riego por mangueras.
- + Los emisores de riego en cada punto de entrega de agua.
- + En ambos casos, la construcción de reservorios también podría ser incluida en la infraestructura de riego para lograr usar totalmente el agua residual generada por las PTAR y aprovecharlas en la época seca. Dependiendo del lugar y relieve del terreno se podrá aprovechar las lagunas naturales o ciénagas para efectuar dicho almacenamiento.

6.6. Costos asociados

Los costos asociados a las diferentes propuestas de reúso estarán vinculadas a las siguientes inversiones:

- + La rehabilitación de la PTAR en los municipios donde se han deteriorado, a fin de

recuperar su capacidad de diseño.

- + La ampliación de la PTAR si está operando sobrecargada por recibir caudal mayor al establecido para el diseño.
- + Rehabilitación o ampliación de la PTAR para alcanzar 10 días de retención en lagunas o la incorporación de un proceso para remover helmintos (filtros lentos o ultrafiltración) en plantas de lodos activados.
- + El sistema de bombeo, si la zona de riego es más alta que la PTAR.
- + El sistema de riego elegido por gravedad o tecnificado.

En la mayoría de los casos de reúso, los costos para implementar los sistemas de riego son asumidos directamente por los usuarios y no por la empresa prestadora. Por tanto, es probable que las empresas Triple A y Aguas del Sur solo tengan que asumir los costos relacionados a la medición de caudal y derivación del efluente para la entrega al usuario, salvo casos especiales en que se acuerde que estas empresas asuman la conducción del agua hasta la zona de reúso, y por tanto se incluya en la tarifa a ser pagada por el usuario. La estimación de los costos de esta infraestructura dependerá del volumen de agua utilizada y del área de riego definida.

6.7. Precios de mercado

El precio del agua residual en el mercado colombiano aún no se ha definido, debido a las pocas experiencias desarrolladas hasta la fecha, por tanto, es probable que en una primera etapa no se asigne un precio al agua, hasta que los usuarios comprueben los beneficios que consiguen por utilizar este recurso en la época seca. Después de un Proyecto Piloto de Reúso, los productores podrán apreciar las ventajas de disponer de agua en la época seca y la mejora de su productividad por el aporte de nutrientes, que de hecho reducirá sus costos por fertilización. Luego de algún tiempo de lograr un reúso exitoso, las empresas Triple A y Aguas del Sur podrán evaluar la demanda potencial que le permita establecer tarifas viables para ofertar el efluente de sus PTAR.

La tarifa de **180 pesos/m³** (US\$ 0.045/m³) por el uso de agua cruda o pretratada acordada entre Acuacar y el Proyecto inmobiliario Serena del Mar en Cartagena es una buena referencia para que la Triple A proponga en Barranquilla una tarifa para el mismo tipo de agua residual. La tarifa para agua residual tratada evidentemente es más alta, ya que debe cubrir parcial o totalmente la operación y mantenimiento de las PTAR. Igualmente, las tecnologías de tratamiento más complejas, como los lodos activados, elevarán dicha tarifa. Al respecto, el Proyecto inmobiliario Serena del Mar ha estimado un costo de **700 pesos/m³** (US\$ 0,175/m³) **para el agua tratada** en sus PTAR de lodos activados y filtración, referencia también importante para Barranquilla.

Si bien la Triple A que presta servicio de agua y saneamiento a la ciudad de Barranquilla no tiene limitaciones por disponer de suficiente agua del río Magdalena, y por ello las áreas verdes urbanas se riegan con agua potable en la estación seca, los municipios potencialmente usuarios deberían entender que usar aguas residuales es menos costoso que el agua potable. La inmobiliaria Serena del Mar que reporta una tarifa de agua potable de 2,000 pesos/m³ (US\$ 0.50/m³), valor bastante mayor que el costo de 700 pesos/m³ (US\$ 0,175/m³) por tratar sus aguas residuales.

6.8. Ingresos por tarifa de los prestadores

Teniendo en cuenta la proyección de la oferta de 98,000 m³ diarios (1,130 l/s) de las aguas residuales generadas por la ciudad de Barranquilla y asumiendo una tarifa de 700 pesos/m³ (US\$ 0,175/m³), se puede estimar que la Empresa prestadora Triple A podría generar 25,000 millones de pesos anuales (US\$ 6.3 millones/año), si lograra comercializar toda su producción para el reúso industrial o el riego de áreas verdes.

Por otro lado, las empresas prestadoras Triple A y Aguas del Sur, luego de demostrar los beneficios de reusar las aguas residuales en el riego de pastos y cultivo de forraje silo, podrían establecer una tarifa más sustentada. En el supuesto que cobre solo 180 pesos/m³ (US\$ 0.045/m³) cuando trate en lagunas, la empresa podría recabar

anualmente hasta casi 2,400 millones de pesos (US\$ 595,000/año) por la venta de los 13.3 millones de m³ anuales producidos (420 l/s).

6.9. Actores relevantes y posibles clientes

En el ámbito de los municipios rurales, los clientes potenciales de las empresas Triple A y Aguas del Sur serían los propietarios de las 7,095 unidades de producción agropecuaria (UPA) que se dedican a la ganadería bovina en el departamento Atlántico. En la ciudad de Barranquilla, los clientes de la empresa Triple A serían los municipios urbanos que actualmente riegan sus áreas verdes públicas con agua potable.

Además de los clientes antes mencionados, los otros actores principales son las empresas prestadoras Triple A y Aguas del Sur, a quienes se sumaría la Corporación Autónoma Regional Atlántico, por ser la autoridad ambiental que otorga las licencias de reúso. También en este caso sería conveniente involucrar a una universidad local vinculada a las actividades agropecuarias.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of blue and green, positioned at the top left of the page.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El reúso de las aguas residuales en Colombia es una práctica que aún no ha sido desarrollada, debido a que no existen muchas experiencias exitosas y la normatividad ha sido algo restrictiva para una promoción efectiva. Sin embargo, la presente evaluación ha permitido visualizar el importante potencial del reúso en la Región Caribe para regar pastos naturales durante la estación seca y la producción de forrajes silo entre otros cultivos.

El reúso de las aguas residuales en el riego de áreas verdes urbanas si muestra algunas experiencias exitosas en Cartagena, en donde la empresa prestadora oferta las aguas residuales crudas o pretratadas a entidades privadas, que luego las tratan hasta alcanzar la calidad necesaria para el riego de sus áreas verdes o campos deportivos. En otros casos se trata de hoteles y edificios que riegan sus áreas verdes internas con sus aguas residuales tratadas en miniplantas. En estos casos se recomienda que la Autoridad Ambiental verifique si el tratamiento aplicado logra aguas con menos de un huevo de helmintos y menos de 1,000 coliformes fecales por 100 ml cuando las áreas verdes son de contacto directo.

Las normas vigentes han establecido una amplia lista de parámetros físicos y químicos potencialmente contaminantes a ser evaluados para saber si la calidad de las aguas

residuales es suficiente para su reúso, incluyendo los coliformes totales y fecales, pero no aborda los helmintos parásitos humanos, que según la OMS constituyen el principal riesgo para la salud de los usuarios y consumidores de los productos regados. Por tanto, se recomienda que las autoridades sanitarias evalúen incluir este parámetro de huevos de helmintos, que luego del tratamiento siempre debe ser menor a un huevo por litro.

Para el desarrollo efectivo del reúso agrícola de las aguas residuales se requiere precisar algunos aspectos de la normatividad, mediante la elaboración de instrumentos complementarios como reglamentos y guías; se debe implementar proyectos piloto que permitan demostrar los beneficios del reúso y el manejo adecuado de los riesgos inherentes; y se debe capacitar a las autoridades ambientales para evaluar y acompañar mejor las experiencias propuestas, a las empresas operadoras para que asuman mejor el compromiso de tratar adecuadamente las aguas residuales destinadas al reúso y a los usuarios para que comprenderán los beneficios que les otorga el reúso, a la vez de aprender a manejar adecuadamente los riesgos inherentes a esta práctica.

Si bien existe el reúso informal en algunos municipios, las empresas operadores aun no cobran a los usuarios por el servicio del tratamiento de las aguas residuales. Solo se ha reportado un caso en que la empresa prestadora ha acordado una tarifa de 180 pesos/m³ (US\$ 0.045/m³) por el agua pretratada. Consideramos que cuando se demuestren los beneficios que genera el uso de las aguas residuales, las empresas prestadoras podrán establecer sus tarifas para generar ingresos adicionales, y que por lo menos aseguren un tratamiento sostenible.

El desarrollo de nuevos proyectos piloto en zonas como La Guajira u otras con alto estrés hídrico es recomendable para el aprovechamiento gradual y mejorar el potencial del reúso en el país.

A decorative graphic consisting of three overlapping, wavy lines in shades of blue and green, positioned at the top left of the page.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- + ABT México. 2022. Producción y manejo del ensilaje de maíz forrajero. AgriBioTech México.
<http://www.agribiotech.com.mx/test/wp-content/uploads/2016/01/Ensilaje-de-Maiz-Traduccion.pdf>
- + Banda, C. G. 2007. Computational Fluid Dynamics Modeling of Baffled Waste Stabilization Ponds. Ph.D. thesis. Leeds, UK: School of Civil Engineering, University of Leeds.
<https://sleigh-munoz.co.uk/wash/Mara/ThesisChimwemwe/Chim0.pdf>
- + CEGA-Fondo Nacional del Ganado-Fedegan, 1999. La estructura de comercialización y sacrificio del ganado gordo en Colombia.
http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10101&query_desc=au%3A%22FEDEGAN%22
- + CREW+. 2022 (1). Identificación de una aplicación de reúso legal del efluente de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de San Antero, Córdoba, Colombia. Sanitation for Millions. Agencia de Cooperación Alemana (GIZ).
- + CREW+. 2022 (2). Optimización de la Planta de Tratamiento de aguas residuales y diseño de sistema de reúso de efluentes tratados, San Antero, Córdoba. Documento final. Programa Sanitation for Millions. Agencia de Cooperación Alemana (GIZ).

- + Contexto Ganadero, 2022. **La alimentación de los novillos para engorde.**
<https://www.contextoganadero.com/blog/la-alimentacion-de-los-novillos-para-engorde>
- + DANE. 2014. Tercer Censo Nacional Agropecuario
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014#12>
- + Función Pública. 2015. Decreto 1076 sobre el Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- + Holmann, Federico y Libardo Rivas, 2003. Evolución de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: un análisis del caso colombiano, versión electrónica, IICA, Cali.
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/1288>
- + Libhaber, Menahem. 2015. Gestión del uso de las aguas residuales en Israel. Foro Internacional Tratamiento y Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura. Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Lima.
- + Minambiente. 2021. Resolución 1256. Disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- + Moscoso, Julio y Luis Egocheaga. 2004. Una estrategia para la gestión de las aguas residuales domésticas: haciendo más sostenible la protección de la salud en América Latina y otras regiones en Desarrollo. 153 pp. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC).
- + Moscoso, Julio. 2016. Manual de buenas prácticas para el uso seguro y

productivo de las aguas residuales domésticas. Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Lima.

<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/207/ANA0000023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- + Tapia, J., Atencio, L., Mejía, S., Paternina, Y., & Cadena, J. 2019. Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las sabanas secas del caribe en Colombia. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 45-60.
- + OMS, 1989. Directrices Sanitarias sobre el uso de las aguas residuales en agricultura y acuicultura. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ginebra.
- + Venegas, Mario et. al. 2002. Estudio de Viabilidad de Ibagué, Colombia. Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá (IDRC).
- + Viloria de la Hoz, Joaquín. 2004. La economía ganadera en el departamento de Córdoba. Centro de Estudios Económicos Regionales. Banco de la Republica Cartagena de Indias.

<https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-43.pdf>

Financiado por



Co-implementado por



Co-ejecutado por



En alianza con



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**



**MINISTERIO DE VIVIENDA,
CIUDAD Y TERRITORIO**



En colaboración con



CReW+

