

Gestión de aguas residuales: Un estudio de caso en los municipios de Puerto Wilches y Yondó - Colombia

Wastewater Management: A Case Study in of the Municipalities of Puerto Wilches and Yondó - Colombia

Andrés Felipe Blanco-Corredor^a, Martha Cristina Bustos-López^a, Gabriela Arrieta-Loyo^{a, b}

RESUMEN

Este estudio de caso presenta el diagnóstico preliminar del estado de saneamiento básico de los municipios de Puerto Wilches y Yondó, localizados estratégicamente en la región del valle del Magdalena medio y que vierten sus aguas residuales sin tratamiento previo a la cuenca del río Magdalena. Además, su población presenta una alta vulnerabilidad social y económica. A través de la recopilación y análisis de la información secundaria se realiza un panorama de la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado de la población urbana y se identifican puntos dispersos de vertimiento de efluentes domésticos y de aguas residuales generadas por las principales actividades económicas de la zona: extracción de hidrocarburos y producción de aceite a partir de palma africana. Como resultado se identifica una alta presión sobre la calidad del agua del río Magdalena por vertimientos directos y otros aportantes que entregan aguas residuales de las diferentes actividades de la zona.

PALABRAS CLAVE: aguas residuales; gestión ambiental; presión sobre la calidad del agua; saneamiento; río Magdalena; valle del Magdalena medio.

ABSTRACT

This case study presents the preliminary diagnosis of the basic sanitation status of the municipalities of Puerto Wilches and Yondó, strategically located in the Magdalena Medio Valley region and discharge their wastewater without prior treatment to the Magdalena River basin. In addition, its population presents a high social and economic vulnerability. Through the collection and analysis of secondary information, an overview of the provision of aqueduct and sewage services of the urban population is made and scattered points of dumping of domestic effluents and wastewater generated by the main economic activities of the area are identified: hydrocarbon extraction and oil production from African palm. As a result, a high pressure is identified on the water quality of the Magdalena River due to direct discharges and other contributors that deliver wastewater from the different activities in the area.

KEY WORDS: sewage water; environmental management; pressure about the water quality; sanitation; Magdalena River; middle Magdalena valley.

Introducción

Uno de los retos globales actuales es la crisis de la seguridad y soberanía del agua, que se relaciona con la cantidad y calidad del recurso para sus diferentes usos (Grey y Sadoff, 2007). Los estudios sobre avances y coberturas del sector de agua y saneamiento, han marginado las condiciones de calidad de vida de las diferentes poblaciones, siendo la región de Latinoamérica y el Caribe (LAC) la que presenta

mayores desafíos en la optimización de la cadena de servicio de abastecimiento y tratamiento de aguas residuales (OPS, 2019).

La UNICEF y WHO (2019) describen las grandes desigualdades en la accesibilidad, disponibilidad y calidad en el saneamiento. Se estima que 785 millones de personas en el mundo todavía carecen de servicios básicos, incluidos los 144 millones que beben agua sin tratamiento. Los datos muestran que el

a Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. ORCID Blanco-Corredor, A.F.:

0000-0002-0346-2070; ORCID Bustos-López, M.C.: 0000-0001-5961-5841; ORCID Arrieta-Loyo, G.: 0000-0002-8222-5873

b Autor de correspondencia: garrietal@unal.edu.co

80 % de las personas que viven en zonas rurales carecen de acceso a servicios y en 25 % de los países, la cobertura de los servicios básicos entre los más ricos es el doble que entre los más pobres. La pobreza y la desigualdad son el punto crítico de esta situación, ya que las posibilidades de instalar o mejorar la infraestructura de servicio de saneamiento es limitada o nula, debido a que dos tercios de las personas que carecen de agua y saneamiento en el mundo viven con menos de 2 dólares al día.

En un informe anterior, la UNICEF y WHO (2015), aseguran que en la región de Latinoamérica y el Caribe 28 millones de personas carecían de acceso a una fuente de agua mejorada, 83 millones carecían de acceso a instalaciones de saneamiento mejorado, y 15,6 millones practicaban aún defecación al aire libre. A pesar de que la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ha dado un mayor enfoque a técnicas de saneamiento innovadoras y sostenibles para abordar la demanda de saneamiento adecuado y equitativo en áreas de bajos ingresos, aún existen 600 millones de personas que comparten un baño o letrina con otros hogares y 892 millones de personas, principalmente en áreas rurales, que defecan al aire libre (Zhou et al., 2018).

Dentro de las deficiencias del saneamiento en Latinoamérica, el factor de mayor preocupación son los tratamientos realizados a las aguas residuales, donde el 75 % de las aguas fecales o residuales se vierten a los ríos y otras fuentes, sin tratamiento previo, creando problemas de calidad del agua. Sumado a esto, el 80 % de la población vive en ciudades, y una gran parte en asentamientos cercanos a fuentes contaminadas que generan impactos ecológicos significativos teniendo en cuenta que Latinoamérica es una de las regiones más biodiversas y posee un tercio de las fuentes de agua del mundo (Banco Mundial, 2013).

En Colombia, por ejemplo, solo el 42% de los municipios del país cuenta con una cobertura superior al 90% en la disposición de aguas residuales y, cerca del 7% de los municipios presenta cobertura inferior al 15%, teniendo en cuenta sistemas convencionales y alternativos (Superservicios, 2020). El Estudio Nacional de Agua en Colombia, indica que tan solo el 42 % de las aguas residuales son tratadas. Asimismo, la eficiencia de remoción de carga contaminante

de aguas residuales procedentes del sector doméstico, representada en los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos solubles totales (SST) es de tan solo el 20 %. Por su parte, la remoción de los mismos parámetros en el sector industrial se encuentra en un rango de 54 a 62% (IDEAM, 2019).

Las anteriores deficiencias en los porcentajes de remoción se extiende a diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), con bajas coberturas en grandes ciudades hasta la ausencia total en pequeños municipios, y de manera acumulada, generan aportes significativos de carga contaminante sobre cuerpos de agua que son en su mayoría tributarios de la cuenca del río Magdalena. Finalmente son descargados al mar Caribe con una contaminación significativa (Garzón y Gutiérrez, 2013; IDEAM et al., 2017; IDEAM, 2019).

Considerando específicamente el área de estudio de este trabajo, los resultados de la campaña de monitoreo de calidad del agua del año 2016 por parte del IDEAM y Cormagdalena (IDEAM y Cormagdalena, 2016), la macrocuenca de Magdalena-Cauca se identificaron seis ríos: San Bartolo, Carare, Opón, Cimitarra, Sogamoso y Lebrija. Uno de los resultados del monitoreo fueron las concentraciones de coliformes totales y fecales. En la cuenca media, los niveles de coliformes totales están alrededor del mismo orden de magnitud: 100.000 NMP/100 mL. Sin embargo, los valores de *E. Coli* varían ampliamente, esto, puede indicar la capacidad de remoción de la carga contaminante o tratamiento de efluentes domésticos por municipio. La preocupación por la calidad del agua de los ríos de esta cuenca se reitera en el Índice de Calidad de Agua (ICA). Según las categorías del indicador, ninguno de los ríos de la zona de estudio se considera una fuente superficial buena (Caho-Rodríguez y López-Barrera, 2017; IDEAM, 2013), en su mayoría, la clasificación de los ríos es regular, incluso el río Opón se puede juzgar como una corriente superficial de mala calidad.

Los municipios de Puerto Wilches y Yondó, pertenecientes a los departamentos de Santander y Antioquia, respectivamente, estos ejercen una considerable presión sobre la calidad del agua en el río Magdalena. Aunque la cobertura de alcantarillado en las áreas urbanas es mayor al 90%,

existen deficiencias en el mantenimiento de la infraestructura.

En el caso de Puerto Wilches, el municipio cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) inoperante, esto genera que las aguas residuales se viertan directamente en la ciénaga Yarirí, sin tratamiento alguno (Superservicios, 2019). Por su parte, el municipio de Yondó no cuenta con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales. Las descargas de efluentes domésticos se realizan en cuatro puntos del caño Negro, el cual, es afluente del río Magdalena (Superservicios, 2018). La suma de los vertimientos domiciliarios junto a las descargas directas procedentes de diversas actividades agroindustriales y pecuarias, y una importante explotación de hidrocarburos y asentamientos de comunidades a lo largo del territorio, representan un importante nicho de contaminación del agua en la cuenca media del río Magdalena (Cormagdalena, 2013).

De acuerdo con lo anterior, este artículo tiene como objetivo diagnosticar las condiciones de saneamiento básico e identificar los sitios con presión en la calidad del agua sobre sistemas lénticos y lóuticos y que hacen parte de la cuenca media del río Magdalena. Teniendo en cuenta solo la cobertura del servicio de alcantarillado y disposición, tratamiento y vertimiento de las aguas residuales, para diferentes actividades.

Metodología

Para el alcance de los objetivos propuestos, se diseñó e implementó la siguiente metodología:

La primera etapa consistió en el reconocimiento de la población: caracterizando sus aspectos demográficos, sociales y económicos. A continuación, se hizo la recopilación de información geográfica, ubicación de poblaciones y caracterización de los principales cuerpos de agua de la zona. En la segunda etapa, se llevó a cabo la recopilación y análisis de información secundaria, de acuerdo con las características de la población: se analizó el estado del saneamiento básico de la zona y la identificación de posibles sitios de presión sobre la calidad del agua. En la tercera etapa, se escogió una línea de atención de los sitios críticos. Finalmente, con el análisis de mapas y zonificación de sitios críticos de presión sobre la calidad del agua se elaboró el diagnóstico de

las condiciones de saneamiento básico en los municipios de Puerto Wilches y Yondó.

Recopilación de información secundaria

Se utilizaron las bases de datos de entidades públicas, así como informes institucionales y particulares, decretos y normas.

Específicamente la documentación consultada fue:

- § Informes oficiales de población, geografía y suelos, datos abiertos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales (IDEAM), Insitituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).
- § Informes de prestación del servicio de acueducto y alcantarillado en los municipios estudiados proporcionados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios).
- § La caracterización de los vertimientos producto de la actividad petrolera suministrada por MEGIA.
- § Planes de Manejo Ambiental (PMA) de las industrias que extraen aceite de palma en el municipio de Puerto Wilches.

Los registros suministrados por MEGIA, comprenden la recopilación de muestreos realizados por parte de entidades asociadas a la explotación de hidrocarburos, entre las cuales se encuentran: Ecopetrol, Canacol y Petrocolombia SAS. Esta información se encuentra organizada por punto de muestro, el cual, está asociado a un proceso de remoción de carga contaminante o sistema de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, hay diferentes puntos de muestreo por cada sistema de tratamiento, ya que estos se realizan a la entrada y salida de este. Los parámetros fisicoquímicos de los vertimientos asociados a la actividad de explotación de hidrocarburos fueron tomados a la salida de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, o en algunos casos en las fuentes de agua superficial.

La mayoría de los muestreos son de tipo simple, sin evidencia de monitoreos en los mismos, salvo un par de casos en los cuales con tres intervalos de medición cada cuatro meses.

Por otro lado, los vertimientos proporcionados por MEGIA comprenden una ventana temporal de diez años, en donde, la primera muestra fue recolectada en el mes de enero del año 2009 y la última en el mes de abril del año 2019. Sin embargo, los puntos de muestreo cercanos entre sí presentan fechas similares. En el caso de Puerto Wilches en cercanías de la ribera del río Magdalena, todas las mediciones se realizaron en septiembre del año 2013. Caso similar a las muestras tomadas en el municipio de Yondó, todas se realizaron en el año 2018. Por lo anterior se infiere de los mapas y la distribución de los puntos de muestro que se realizaron sin tener en cuenta una fecha o rango de tiempo específico.

Caracterización e identificación de puntos críticos en el saneamiento de los municipios

La zona de estudio está delimitada por los municipios de Puerto Wilches y Yondó, sin embargo, es el río Magdalena que directa o indirectamente recibe todos los efluentes de las actividades antrópicas en las inmediaciones de estos. Los puntos de muestreo suministrados por MEGIA no solo están contenidos dentro los municipios sino, también comprenden otros como, Aguachica, Barrancabermeja, Cantagallo y Cimitarra. Estos puntos son tenidos en cuenta, ya que pueden tener un fuerte impacto sobre los cuerpos de agua de los municipios de estudio, por ejemplo, el norte de Puerto Wilches comprende una vasta región de complejos cenagosos en los límites con el municipio de Aguachica.

Mediante los datos obtenidos, se establecieron los aspectos más críticos de saneamiento básico de las poblaciones y la identificación de sitios de presión sobre la calidad del agua, en los cuerpos receptores de efluentes generados en actividades domésticas e industriales. La identificación de los sitios para el caso doméstico corresponde a la información suministrada por parte de los entes reguladores de servicios públicos. En cuanto a las actividades industriales, el proyecto MEGIA suministra la ubicación de cada uno de los puntos de muestreo y caracterización de vertimientos. Igualmente, estos sitios se asociaron con la posible contaminación por actividades agroindustriales como el cultivo de palma de aceite (ANLA, 2016).

Construcción de mapas con información de resultados de diagnóstico

Para el análisis de la información recopilada sobre vertimientos domiciliarios e industriales, se compararon los valores de parámetros fisicoquímicos con el Decreto 3930 (Presidencia de Colombia, 2010) y la Resolución 631 (MADS, 2015), estableciendo los rangos y variaciones de afectación, representados en los mapas.

Para la elaboración de los mapas, la delimitación de la zona de estudio y la localización de los puntos de muestreo se utilizó un *software* que permite la visualización y manejo de datos SIG. Cada punto de muestreo tiene una coordenada específica, la cual es georreferenciada según lo promovido por el IGAC, adoptando el Sistema MAGNA-SIRGAS, garantizando la compatibilidad de las coordenadas con las técnicas de posicionamiento especial (ref: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/magna-sirgas>).

Resultados

Área de estudio

Los municipios de Puerto Wilches y Yondó pertenecen a la cuenca media del río Magdalena que constituye un importante patrimonio ecosistémico, debido a la confluencia de grandes complejos cenagosos y vastas áreas de bosques y sabanas naturales; ecosistemas que han sido altamente sobreexplotados y deteriorados debido a las actividades antrópicas de carácter extractivo (Garzón y Gutiérrez, 2013).

Pese a la riqueza natural y la gran variedad de actividades económicas, los municipios ribereños de la cuenca media del río Magdalena, presentan bajo desarrollo socioeconómico, en donde la mayoría de los municipios pertenecen a la categoría 5 y 6, entre ellos Puerto Wilches y Yondó. Estas categorías se clasifican según la Ley 617 del 2000, con un rango del 1 al 6, siendo 1 la categoría con mayor desarrollo social, humano y económico (Cormagdalena, 2013). La proyección de la población para el año 2020 elaborada por el DANE a partir del censo de 2018 (DANE, 2019) se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1. Población de Puerto Wilches y Yondó proyectada para el año 2020

Municipio	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	Total
Puerto Wilches	17.082	17.124	34.206
Yondó	10.571	9.539	20.110

Centros poblados son las categorías del DANE para incluir caseríos, corregimientos e inspecciones.

Fuente: DANE (2020)

Aguas residuales domésticas (ARD)

El municipio de Puerto Wilches, el 90% de la cobertura del servicio de alcantarillado se encuentra en la cabecera municipal y debido a que en el municipio no opera el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR), la descarga de las ARD se hace directamente sobre la ciénaga Yarirí, sin que el efluente sea tratado (Superservicios, 2019).

De manera similar en el caso del municipio de Yondó, el 98 % de la cobertura del servicio para la fecha del informe solo es para la cabecera municipal (Superservicios, 2018). El sistema de alcantarillado es de tipo combinado, interconectado a cuatro estaciones de rebombeo que distribuyen los vertimientos a dos canales que conducen el efluente hacia cuatro puntos del Caño Negro, tributario del río Magdalena. Teniendo en cuenta que, el municipio no posee STAR, la reducción de la carga contaminante se efectúa mediante la aplicación de bacterias, tratamiento biológico para aguas residuales, el cual incrementa y mejora la capacidad de la población de bacterias para la degradación de residuos, aplicando 250 g de bacterias dos veces al mes, en cada estación de rebombeo (Superservicios, 2018). En junio del 2017, el prestador del servicio adjuntó el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de los vertimientos de las ARD, los cuales se comparan con los límites de vertimientos de ARD (Tabla 2), según la Resolución 631/2015, art. 8.

En su mayoría, los parámetros fisicoquímicos asociados a los vertimientos de ARD del municipio de Yondó, no cumplen con los límites establecidos por el Decreto 631/2015, a pesar del pretratamiento efectuado con bacterias. Es importante advertir que en este monitoreo no estaban disponibles los valores de coliformes fecales y totales.

Vertimientos – ARD: Conocidos los cuerpos receptores de los efluentes domiciliarios, se determina su ubicación geográfica y riesgo aparente para los ecosistemas circundantes (Figura 1).

Debido a las características del flujo superficial y subsuperficial, el río Magdalena se configura como cuerpo receptor final de las ARD, con alta presión sobre la calidad del agua debido a la carencia de tratamientos del efluente domiciliario.

Aguas residuales industriales

Hidrocarburos: se revisó la información sobre los muestreos realizados a los efluentes, producto de la actividad petrolera en la zona. Los parámetros fisicoquímicos fueron comparados con los valores requeridos según el Decreto 3930/2010 y la Resolución 631/2015, presentados en las Tablas 3 y 4.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se presenta la variación de los parámetros fisicoquímicos en las zonas de explotación de hidrocarburos, con respecto a los límites permisibles establecidos por las normas (Tablas 3 y 4).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domésticas (ARD) posterior al pretratamiento en el municipio de Yondó, 2017

Parámetro	Valor	Resolución 631/2015 art 8.
pH	6,89	6 – 9
DQO (mg L ⁻¹ O ₂)	558	180
DBO ₅ (mg L ⁻¹ O ₂)	262	90
SST (mg L ⁻¹)	525	90
Grasas y aceites (mg L ⁻¹)	61,8	20

Fuente: Superservicios (2018)

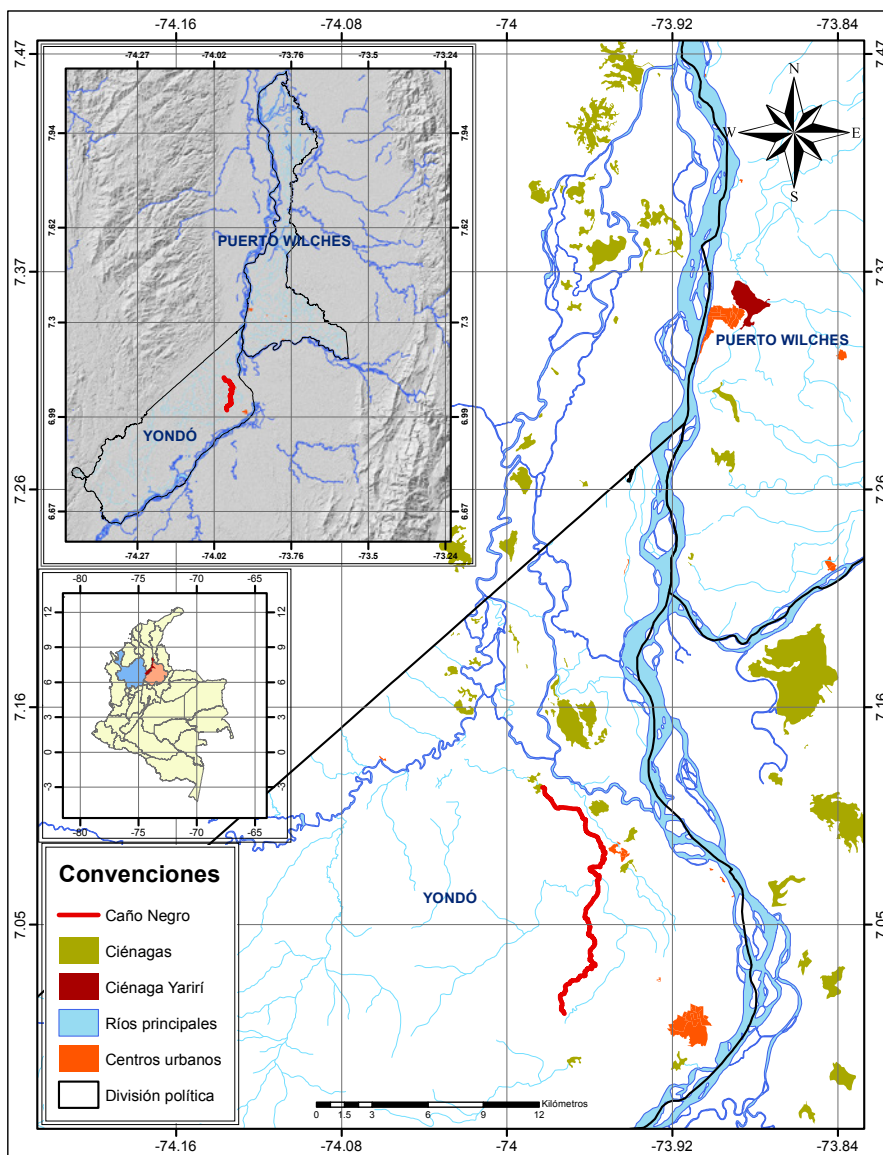


Figura 1. Localización de los cuerpos receptores de ARD. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Usos del agua y residuos líquidos estipulados en el Decreto 3930/2010

Parámetro	Decreto 3930/2010 (art 38, 39, 40, 41 y 42)				
	Art. 38. Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso humano	Art. 39. Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico	Art. 40. Criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola	Art. 41. Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario	Art. 42. Criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	2.000	-	-	-	200
Coliformes totales (NMP/100 mL)	20.000	1.000	-	-	1.000
Mercurio (mg L ⁻¹)	0,002	0,002	-	0,01	-
Plomo (mg L ⁻¹)	0,05	0,05	5,0	0,1	-

Fuente: Decreto 3930/2010

Tabla 4. Límites máximos en vertimientos puntuales Resolución 631/2015

Parámetro	Resolución 631/2015 (arts. 8, 9, 10 y 11)		
	Art. 8. Parámetros fisicoquímicos y límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, las actividades industriales, comerciales o de servicios	Art. 9. Parámetros fisicoquímicos de monitoreo y límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARND) a cuerpos de aguas superficiales	Art. 11. Parámetros fisicoquímicos de monitoreo y límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARND) a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con hidrocarburos
DBO ₅ (mg L ⁻¹ O ₂)	90	450	60
DQO (mg L ⁻¹ O ₂)	180	900	180
Grasas y aceites (mg L ⁻¹)	20	50	15
Hidrocarburos (mg L ⁻¹)		10	

Fuente: Resolución 631/2015

De acuerdo como lo menciona Torres (2012, p. 117), las ARD presentan “una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) constituida por 40 a 60 % de la demanda química de oxígeno (DQO), la cual en general varía entre menos de 250 y 800 mg L⁻¹”. De acuerdo con los porcentajes sugeridos anteriormente en su mayoría, la relación entre DBO y DQO de las muestras analizadas (Figura 2) corresponden a

ARD. Exceptuando la zona norte, en donde las proporciones entre DBO y DQO tienden a 1. De esta manera, los resultados de las muestras analizadas suponen que la zona norte de la Figura 2, las aguas residuales son del tipo industrial. Asimismo, en la zona central las aguas residuales son del tipo domiciliario. Lo anterior se puede explicar por la cercanía a las cabeceras municipales.

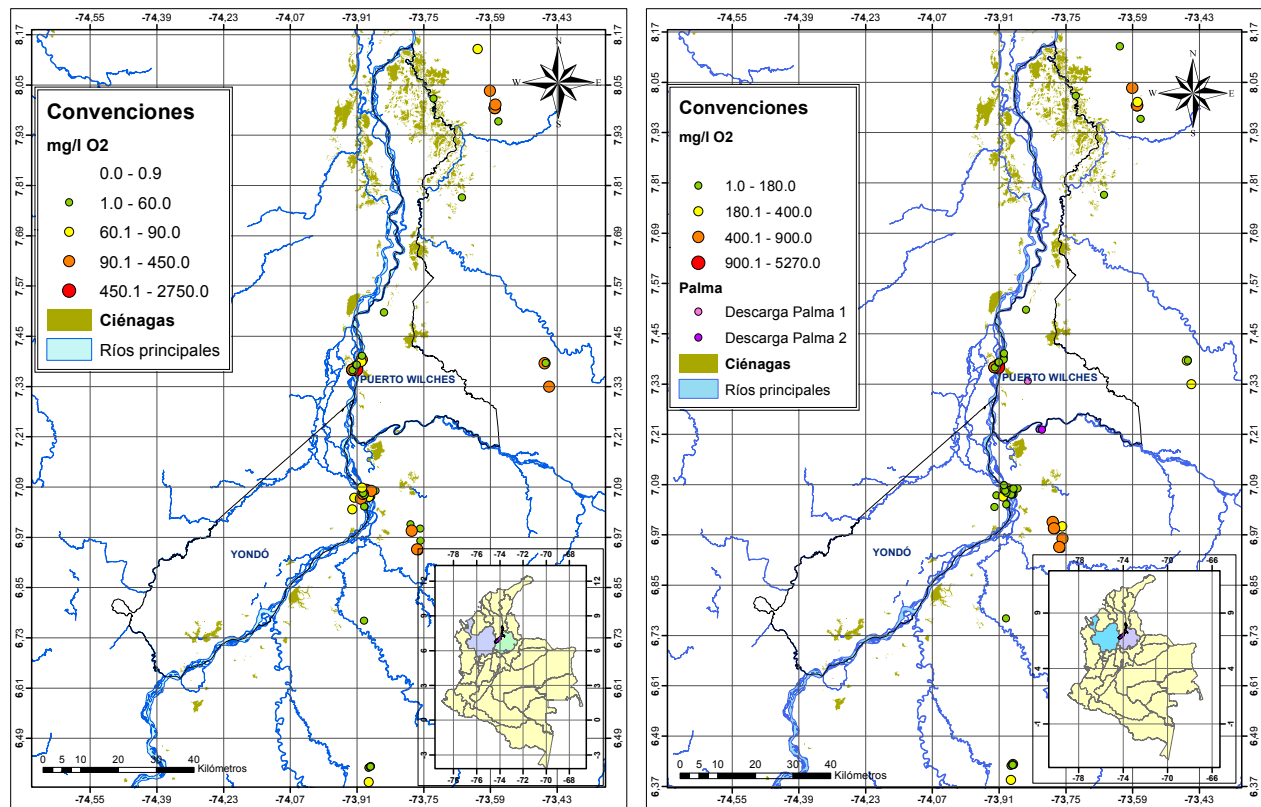


Figura 2. Valores de DBO₅ y DQO. Fuente: elaboración propia a partir de información del MEGIA

Los coliformes fecales comprenden un grupo de bacterias de origen intestinal, sin embargo, no todos los coliformes son fecales. En el grupo de coliformes totales se incluyen coliformes presentes en el medio natural, por ejemplo, en los suelos. En la Figura 3A se observa una clara inclinación de coliformes fecales por debajo de 200 NMP/100 mL (límite permisible) y de acuerdo con el Decreto 3930/2010 el recurso hídrico puede ser utilizado con fines recreativos con contacto primario. En contraste, la Figura 3B muestra que es inviable el contacto primario e incluso imposibilita el uso del agua residual para riego de frutas sin cáscara (5000 NMP/100 mL), haciendo necesario el tratamiento primario o convencional para el consumo humano. Es decir, existe un aporte de coliformes fecales en los vertimientos estudiados, sin que estos representen riesgo, contrario a los coliformes totales que justifica el tratamiento de los vertimientos en las muestras estudiadas. Esto puede estar asociado a la presencia de bacterias presentes en el suelo-agua como *Enterobacter*, *Klebsiella* o *Serratia*, diferentes a las entéricas o fecales como la *E. Coli* (ANMAT, 2004).

De acuerdo con la normatividad existente, para el control de los vertimientos de aguas residuales asociada a la actividad de explotación de hidrocarburos (Tabla 4), se presenta un control adecuado de los parámetros fisicoquímicos directamente asociados a la misma, (Figura 4). Sin embargo, la producción de grasas y aceites puede estar asociada a otras actividades tales como doméstica y agropecuaria, en donde, hay valores más altos que los permitidos por la reglamentación.

De manera general, no se observan valores altos de metales pesados en los vertimientos analizados (Figura 5). Las concentraciones de mercurio, en su mayoría por debajo de 0,002 mg L⁻¹, representa un riesgo menor. En cuanto al plomo, los niveles también son bajos, manteniendo criterios de calidad aceptables para la destinación del recurso para el uso pecuario.

De acuerdo con valores obtenidos de las muestras analizadas, se resume en la Figura 6, las actividades realizadas por cada zona según los rangos de los parámetros fisicoquímicos. Hallando en su mayoría, actividad doméstica en inmediaciones del

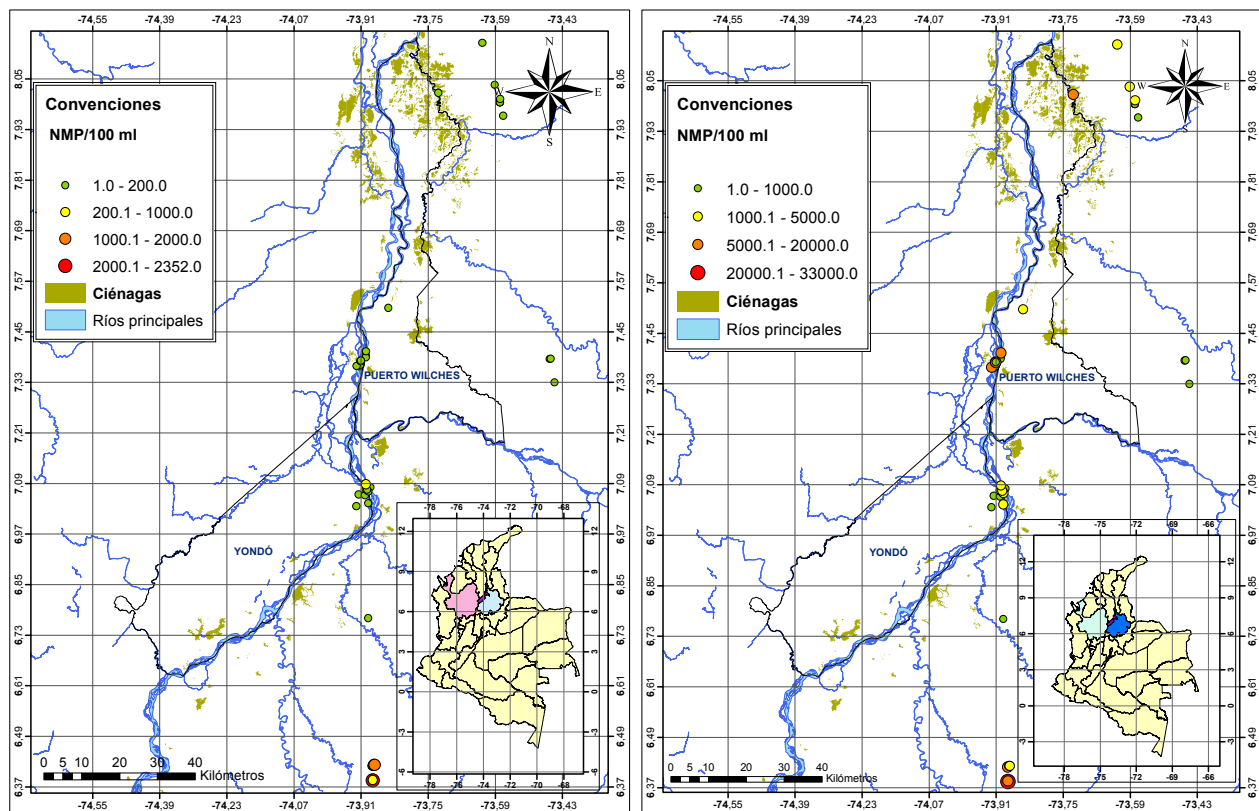


Figura 3. Valores de coliformes fecales (A) y totales (B). Fuente: elaboración propia a partir de información del MEGIA

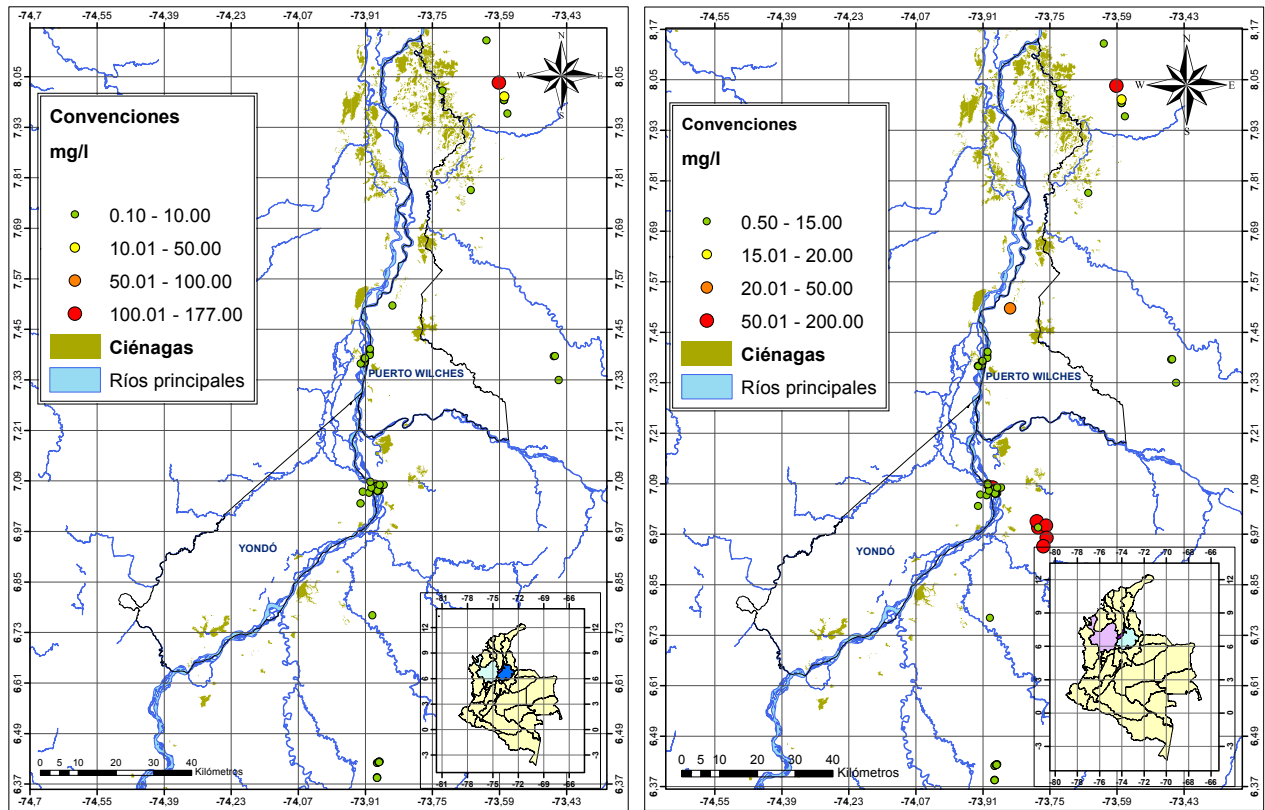


Figura 4. Valores de hidrocarburos y grasas y aceites. Fuente: elaboración propia a partir de información del MEGIA

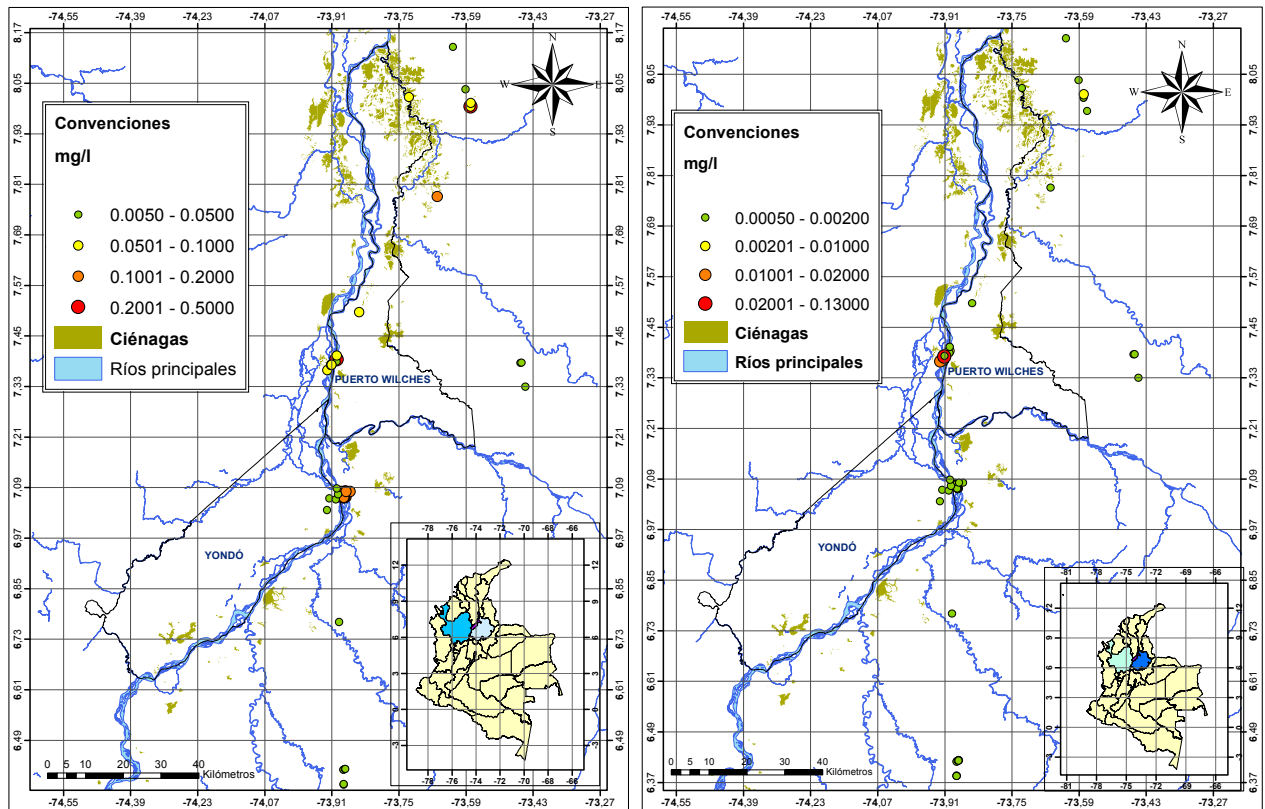


Figura 5. Valores de plomo y mercurio. Fuente: elaboración propia a partir de información del MEGIA

río Magdalena y las cabeceras municipales de Puerto Wilches y Yondó. Al norte, una clara presencia de los sectores industriales y agropecuarios.

Agroindustria. El municipio de Puerto Wilches cuenta con cuatro plantas extractoras de aceite de palma, de las cuales dos proporcionan el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales, una de ellas dispone de un sistema que se compone por una laguna de enfriamiento, tres lagunas anaerobias y una laguna facultativa. Sin embargo, la empresa no aporta los valores de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales

tratadas. El efluente de salida es vertido sobre el río Sogamoso.

La otra planta extractora, cuenta con un sistema de tratamiento equivalente al descrito anteriormente, diferenciado por tener dos lagunas facultativas en lugar de una. El efluente tratado es vertido sobre la quebrada La Trece. La empresa aporta la caracterización de los parámetros fisicoquímicos del agua residual tratada (Tabla 5).

Se observa que los valores de los parámetros fisicoquímicos del efluente de la extracción de palma de aceite, cumple con el Decreto 631/2015, sin embargo, es importante resaltar que estos valores no representan el comportamiento mismo del efluente en el

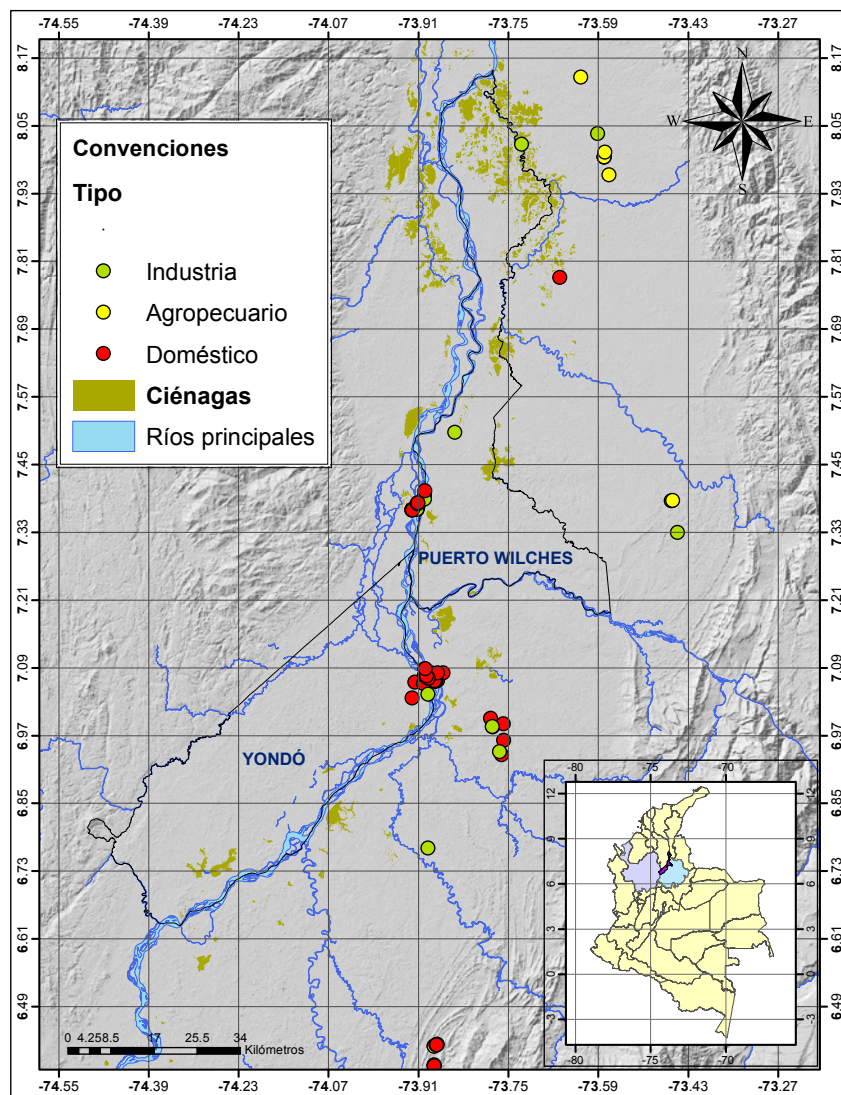


Figura 6. Ubicación de las diferentes actividades en el área de estudio.
Fuente: elaboración propia a partir de información del MEGIA

tiempo, para esto, se requiere un muestreo periódico. Igualmente, existen tres plantas más de extracción de aceite de palma en el municipio de Puerto Wilches, en las que no se cuenta de manera pública la caracterización de las aguas residuales industriales (ARI).

Tabla 5. Valores de parámetros fisicoquímicos efluente de palma de aceite octubre de 2016

Parámetro	Valor	Resolución 631/2015 art. 8.
pH	8,2	6-9
DQO (mg L ⁻¹ O ₂)	630	1.500
DBO ₅ (mg L ⁻¹ O ₂)	116	600
SST (mg L ⁻¹)	152,5	400
Grasas y aceites (mg L ⁻¹)	<10	20

Fuente: Palmeras de Puerto Wilches S.A. (2017)

De acuerdo con los PMA de las empresas productoras de aceite de palma, se ubican los puntos de vertimiento de los efluentes generados. La empresa palmera número 1 no deja en evidencia la ubicación de la descarga del agua residual, únicamente aclara que el vertimiento del efluente se realiza sobre la Quebrada La Trece, en el corregimiento denominado Kilómetro 8. Por su parte, la empresa palmera número 2, proporciona la ubicación de los STAR y el punto de vertimiento. Igualmente, se hace una suposición del punto de vertimiento sobre la quebrada La Trece, de acuerdo con la cercanía de las plantas de producción y tratamiento (Figura 2B).

Conclusiones

La cobertura del servicio de alcantarillado en los municipios de estudio presenta un porcentaje de sistema instalado por encima del 90% para el casco urbano, sin embargo, la operabilidad del sistema es ineficiente, particularmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales no se encuentran en funcionamiento, lo que genera descargas directas de aguas sin tratar a la ciénaga Yarirí y Caño Negro tributarios del río Magdalena.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa un limitado acompañamiento de los organismos de control, en los procesos de seguimiento en las cadenas de servicio de alcantarillado y de las empresas

prestadoras del servicio, generando deficiencias en la cobertura de saneamiento de la población.

Debido al flujo superficial y subsuperficial, el río Magdalena es el receptor final de los efluentes domésticos y de la agroindustria, ya que todos los cuerpos receptores de los vertimientos directos son tributarios de este, lo que hace vulnerables los ecosistemas aledaños al mismo y limita la utilización del río como fuente de trabajo y alimento.

Agradecimiento. Los autores dan sus agradecimientos al proyecto MEGIA, financiado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y gestionado por Minciencias por suministrar la información relacionada con calidad del agua. También se da agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, que mediante la convocatoria de apoyo a semilleros de investigación de la facultad de ingeniería 2019 financió el proyecto "Calidad del agua en el valle del Magdalena medio: una aproximación social a la problemática" código 47626.

Referencias

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica Argentina (ANMAT), 2004. Guía de interpretación de resultados microbiológicos de alimentos. Buenos Aires.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales Colombia (ANLA), 2016. Reporte zona centro Valle Medio Magdalena. Bogotá, DC.
- Banco Mundial, 2013. Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Nota de prensa disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>; consultado: septiembre de 2021.
- Caho-Rodríguez, C., López-Barrera, E., 2017. Determinación del índice de calidad de agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Rev. P+L 12(2), 35-49. DOI: 10.22507/pml.v12n2a3
- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena), 2013. Caracterización física, demográfica, social y económica de los municipios ribereños de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena. Bogotá, DC.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombia (DANE), 2019. Indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) Censo nacional de población y vivienda 2018. *Database*, disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/>

- necesidades-basicas-insatisfechas-nbi; consultado en: septiembre de 2020.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombia (DANE), 2020. Proyecciones y retroproyecciones de población municipal para el periodo 1985-2017 y 2018-2035 con base en el CNPV 2018. *Database*, disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>; consultado en: septiembre de 2020.
- Garzón Yepes, N., Gutiérrez Camargo, J., 2013. Deterioro de humedales en el Magdalena medio: un llamado para su conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, DC.
- Grey, D., Sadoff, C., 2007. Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy* 9(6), 545-571. DOI: 10.2166/wp.2007.021
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Colombia (IDEAM); Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (Cormagdalena), 2016. Campaña de monitoreo de calidad de aguas de la cuenca Magdalena-Cauca 2015. Bogotá, DC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Colombia (IDEAM); Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR); Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon Von Neuman (IIAP); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt” (IavH), 2017. Informe del estado del ambiente y de los recursos naturales renovables 2016. Bogotá, DC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Colombia (IDEAM), 2013. Hoja metodológica del indicador índice de calidad del agua (Versión 1.0). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de calidad del agua superficial. Bogotá, DC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Colombia (IDEAM), 2019. Estudio nacional del agua 2018. Bogotá, DC.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2015. Resolución 631, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. DO 49.486. Bogotá, DC.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2019. La agenda 2030 para el abastecimiento de agua, el saneamiento y la higiene en América Latina y el Caribe: Una mirada a partir de los derechos humanos. Washington, DC.
- Palmeras de Puerto Wilches S.A., 2017. Plan de Manejo Ambiental. Puerto Wilches, Colombia.
- Presidencia de Colombia, 2010. Decreto 3930, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. DO 47873. Bogotá, DC.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia (Superservicios), 2018. Evaluación integral de prestadores: Aguas & Aseo de Yondo S.A. E.S.P. Bogotá, DC.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia (Superservicios), 2019. Evaluación integral de prestadores: Aguas de Puerto Wilches S.A.S. E.S.P. Bogotá, DC.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia (Superservicios), 2020. Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado 2019. Bogotá, DC.
- Torres, P., 2012. Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo. *Rev. EIA* (18), 115-129. [Http://www.Scielo.Org.Co/pdf/eia/n18/n18a10.Pdf](http://www.Scielo.Org.Co/pdf/eia/n18/n18a10.Pdf)
- United Nations Children’s Fund (UNICEF); World Health Organization (WHO), 2015. Inequalities in sanitation and drinking water in Latin America and the Caribbean. Nueva York, NY
- United Nations Children’s Fund (UNICEF); World Health Organization (WHO), 2019. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Nueva York, NY.
- Zhou, X., Li, Z., Zheng, T., Yan, Y., Li, P., Odey, E., Mang, H., Uddin, S., 2018. Review of global sanitation development. *Environ. Int.* 120, 246-261. DOI: 10.1016/j.envint.2018.07.047