



Junio 2019 - ISSN: 2254-7630

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR): IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO E IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO

Luis Ernesto Alférez Rivas¹

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
lealferezr@udistrital.edu.co

Nayive Nieves Pimiento²

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
nnievesp@gmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Luis Ernesto Alférez Rivas y Nayive Nieves Pimiento (2019): "Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): impacto ambiental esperado e impacto ambiental provocado", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (junio 2019). En línea

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>

RESUMEN

El presente artículo evalúa la problemática que se ha generado alrededor de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia (PTAR), es una revisión del estado del arte a partir del cumplimiento de normas establecidas frente al impacto ambiental que han provocado las PTAR, para el año 2012 la súper intendencia de servicios públicos domiciliarios reporto ochenta y nueve plantas de tratamiento de aguas residuales fuera de operación de las 562 existentes en el país, no solo se encontraron plantas fuera de funcionamiento también incumplimientos en cuanto las normas de vertimiento de aguas residuales, desconocimiento de los protocolos de operación, falta de mantenimiento a la infraestructura y vulnerabilidad ante fenómenos naturales. Se analiza la problemática ambiental desde la normatividad establecida por el Ministerio de Medio Ambiente, quien realiza los reportes de las deficiencias de los tratamientos en aguas residuales. Se realiza una revisión de las zonas más críticas del país en cuanto a las cargas contaminantes generadas por los vertimientos, sin desconocer el impacto generado por incremento de aguas residuales tanto industriales como domésticas, provocado por el desarrollo industrial y el aumento en el desarrollo poblacional a nivel nacional. A través del documento se hace evidente los limitados mecanismos de evaluación frente al verdadero impacto ambiental esperado y provocado por la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia, porque aunque la normativa es existente el cumplimiento de esta no es evidente.

A través de este artículo se encontraran algunos aspectos legales según la normatividad política Colombiana, la cual debe ser considerada como punto de partida para la formulación,

¹ MSc. Ciencias Ambientales, Ingeniero Químico, Docente Investigador, Grupo de Investigación SERVIPÚBLICOS, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

² MSc. Ciencias Ambientales, Ingeniera Mecánica, Docente Investigador, Grupo de Investigación sistemas mecatrónicos y de telecomunicaciones; Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

planificación y estudios durante las distintas fases de construcción, operación y mantenimiento; teniendo en cuenta el marco normativo ambiental cuando hace mención al aprovechamiento de los recursos naturales y criterios ambientales en la construcción de las plantas de tratamientos de aguas residuales en Colombia; buscando el cumplimiento y garantizando la protección ambiental y social de las comunidades.

Palabras Claves

Plantas – Aguas Residuales – Impacto Ambiental – Vertedero – Protocolos.

WASTEWATER TREATMENT PLANTS EXPECTED ENVIRONMENTAL IMPACT AND PROVOCADO ENVIRONMENTAL IMPACT

ABSTRACT

This article evaluates the problem that has been generated around wastewater treatment plants in Colombia (PTAR), it is a review of the state of the art based on the compliance with established standards regarding the environmental impact caused by the WWTP, for In 2012, the superintendent of home utilities reported eighty-nine wastewater treatment plants out of the 562 existing in the country, not only non-functioning plants were also found to be non-compliant in terms of wastewater discharge regulations , ignorance of the operation protocols, lack of infrastructure maintenance and vulnerability to natural phenomena. The environmental problem is analyzed from the regulations established by the Ministry of the Environment, which makes the reports of the deficiencies of wastewater treatments. A review is made of the most critical areas of the country in terms of the pollutant loads generated by the discharges, without ignoring the impact generated by increased industrial and domestic wastewater, caused by industrial development and the increase in population development. Nacional level. Through the document it is evident the limited evaluation mechanisms in front of the true expected environmental impact and caused by the construction and operation of wastewater treatment plants in Colombia, because although the regulation is existent, compliance with this is not evident.

Through this article you will find some legal aspects according to the Colombian political regulations, which should be considered as a starting point for the formulation, planning and studies during the different phases of construction, operation and maintenance; taking into account the environmental regulatory framework when mentioning the use of natural resources and environmental criteria in the construction of wastewater treatment plants in Colombia; looking for the fulfilling and guaranteeing the environmental and social protection of the communities.

Key Words

Plants - Residual Waters - Environmental Impact - Landfill - Protocols.

1. INTRODUCCIÓN

Al realizar el tratamiento de aguas residuales se parte de unos objetivos inherentes a la protección del ambiente, los cuales van desde la protección de la ecología de un cuerpo receptor de dichas aguas como puede ser un río, una ciénaga, un lago, etc. hasta la salud de quienes habitan en torno a dicho cuerpo receptor, pasando por la reutilización del agua con fines agrícolas y urbanísticos entre otros.

Al respecto es de resaltar que los beneficios ambientales, sociales y económicos que puede traer el tratamiento de las aguas residuales producidas, a nivel doméstico, industrial y comercial pueden ser en alto grado beneficiosas para el desarrollo y aprovechamiento de un recurso no renovable del cual necesita la sociedad, como es el agua; sin embargo, es necesario preguntarnos, si realmente los encargados de llevar a cabo el tratamiento, es decir las PTAR, están cumpliendo con las normas exigidas frente al impacto ambiental que puede provocar dicho tratamiento; ya que la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios al inspeccionar durante los años 2011 y 2012, 333 sistemas de tratamiento de aguas residuales en 278 municipios; es decir el 59 % de los 562 instalados en el país, reportó que 89 plantas de tratamiento están fuera de operación. Además, señaló que de las visitas técnicas realizadas y del análisis de la información reportada por las empresas prestadoras, se observaron, entre otras falencias, incumplimiento de las normas de vertimiento de aguas residuales, desconocimiento de los protocolos de operación, falta de mantenimiento a la infraestructura y vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Desde esta perspectiva, en medio de que exista una iniciativa estatal y municipal por direccionar y reglamentar, a través del ministerio del medio ambiente y demás entes, el diseño y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, es de resaltar que no todas éstas cumplen con dichas normas y que realmente no hay una caracterización de las áreas de influencia de los proyectos de plantas de tratamiento, así como tampoco una evaluación ambiental que lleve a cabo los respectivos análisis de riesgos en las áreas de exclusión, en las áreas de intervención y que tampoco haya un plan de manejo ambiental como tal, que atienda al monitoreo de los componentes físico, biótico y social impactados.

En este caso, el impacto ambiental, producido por una planta de tratamiento de aguas residuales en un área determinada debe ser revaluado a la luz de los materiales que se deben usar para su construcción, del tratamiento de las aguas, de los vertimientos, de la ocupación de cauces, del esperado aprovechamiento forestal, de las posibles emisiones atmosféricas y del manejo y disposición final de residuos, tal como se explica en el documento del Ministerio de Ambiente, "Términos de referencia E.I.A. para proyectos de construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales".

Así el objetivo de este documento es determinar que en medio de que existe una reglamentación definida para la puesta en operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales desde la evaluación del impacto ambiental que se puede provocar en la zona de influencia, dicha reglamentación se cumple en el papel, pero no en la realidad, obviando así el verdadero impacto causado después de que la planta está en funcionamiento, presentando así una contradicción peligrosa entre el impacto ambiental esperado y el impacto ambiental provocado por la misma.

Para comprobar dicha hipótesis, comenzaremos por definir cuál es el procedimiento adecuado para el tratamiento de aguas residuales, luego explicar el modo en que operan las plantas de tratamiento para realizar el proceso de saneamiento de las aguas y cuáles son las normas que deben cumplir dichas plantas, con el fin de establecer cuál es el impacto ambiental previsto; para luego desde el análisis de algunos proyectos de plantas de tratamiento comprobar en qué medida el impacto ambiental previsto supera el impacto provocado generando así una disonancia entre lo previsto y lo provocado.

2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales genera subproductos como los lodos, que requieren de tratamiento para ser convertidos en biosólidos. Estos materiales deben ser caracterizados para su aprovechamiento en actividades agrícolas y no agrícolas, como recuperación de suelos, actividades forestales y cobertura de rellenos sanitarios (Gian Paolo Dágner G. 2003)[1].

Según Daguer en la actualidad, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Colombia generan 274 toneladas de biosólidos al día (94 toneladas base seca). El 97% de esta producción es generada por tres plantas: El Salitre (Bogotá), Cañaveralejo (Cali) y San Fernando (Medellín) [2].

Las características de los biosólidos obtenidos en las grandes plantas del país muestran que las concentraciones de la totalidad de los metales pesados analizados se mantienen por debajo de los límites máximos permitidos por las principales regulaciones internacionales. En la mayoría de parámetros, las concentraciones están por debajo del promedio de metales pesados de los biosólidos de EEUU y la Unión Europea.

La generación de biosólidos por parte de las grandes PTAR colombianas ha propiciado la investigación de este tipo de materiales, con el fin de identificar la mayor cantidad de formas de aprovechamiento y garantizar así la sostenibilidad ambiental del tratamiento de las aguas residuales.

3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Las descargas de las aguas residuales de tipo doméstico y productivo, se han convertido en uno de los problemas más críticos ambientalmente; el aumento en descargas cada vez mayor de debe incremento poblacional en la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes esto se presenta a la situación socioeconómica y de orden público del país.

La situación de descargas se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática.

Las evaluaciones que reporta en el informe de gestión 2014 de Minambiente de los centros urbanos en Colombia los cuales captan alrededor de los 170 m³/seg, de agua de los cuales se pierden entre 40% y 50 %, regresando al ambiente en forma de aguas residuales entre un 70% a 80% de las aguas consumidas. Es así como se estima que en Colombia se descargan diariamente cerca de 700 toneladas de carga orgánica del sector doméstico urbano a los cuerpos de agua. [3].

El inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales del Ministerio del Medio Ambiente, reporta que sólo 22% de las cabeceras municipales del país hacen tratamiento de las aguas residuales y muchas están funcionando deficientemente, presentándose deficiencia en la operación de estas. Se reporta que los departamentos con mayor cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR (operando y/o en diseño) son Cundinamarca con 38, Antioquia con 26, Cesar con 14, Valle del Cauca con 14 y Tolima con 13.

El caso crítico en el país se presenta en la cuenca del Magdalena-Cauca (25 % del área territorial), con un 70% de la población y sólo 11 % de la oferta hídrica del país; estas condiciones han contribuido a la desregulación del régimen hídrico y al deterioro de la calidad de la cuenca. La contaminación hídrica no es exclusiva de los centros urbanos, pero una alta proporción (más de 50%) de las cargas contaminantes son generadas por los vertimientos domésticos de los municipios; se destacan como zonas críticas las áreas metropolitanas y centros urbanos mayores tales como: Bogotá - Soacha; Cali - Yumbo; Medellín - Valle de Aburrá; Bucaramanga-Floridablanca; Pereira - Dosquebradas - La Virginia; Barranquilla - Soledad; Cartagena Mamonal y Santa Marta, entre otros; afectando ecosistemas hídricos tan importantes como los ríos Bogotá, Cauca, Medellín, Magdalena, OtúnConsota, la bahía de

Cartagena y Barranquilla, entre otros. Según el Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento del Ministerio de Desarrollo, cerca de 1300 cuerpos de agua están siendo contaminados por ser los receptores de los vertimientos municipales.

Esta situación hace que la disponibilidad del recurso sea limitada en muchas regiones del país principalmente para consumo humano y recreativo. La sobresaturación de carga orgánica desequilibra los ecosistemas Acuáticos y genera condiciones anóxicas (sin oxígeno) de difícil recuperación que limitan la vida de las comunidades acuáticas y generan procesos de eutroficación de lagos y lagunas por sobre-abundancia de nutrientes (nitrógeno y fósforo).

4. PROBLEMAS DE POTABILIDAD Y SANEAMIENTO

Los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua no solo impactan la vida acuática, si no que principalmente afectan la salud humana. La contaminación bacteriológica presente en las aguas negras municipales es la más relevante a nivel sanitario, ya que estas contienen en grandes cantidades microorganismos patógenos generadores de múltiples enfermedades (cólera, amebiasis, disentería, gastroenteritis, fiebre tifoidea, hepatitis A, entre otras).

Colombia se ha caracterizado por ser uno de los países más destacados por su buen manejo sanitario, pero aún se continúan reportando elevados índices de enfermedades asociadas al agua; estando éstas siempre entre los cinco primeros lugares de mortalidad y morbilidad en niños (sólo en 1991 se reportaron 12.210 casos y 208 defunciones en 248 municipios por una epidemia de cólera). La disponibilidad natural de agua potable se reduce cuando existen vertimientos aguas arriba de las captaciones de acueductos, por esta causa en el país son muchos los centros poblados que consumen aguas de mala calidad; que se agrava con la falta de un adecuado sistema de potabilización.

Los inventarios de agua potable y saneamiento reportan que aproximadamente 300 municipios no realizan desinfección de las aguas que se están consumiendo y 450 no tienen planta de tratamiento. Las aguas residuales municipales son esencialmente aquellas aguas de abastecimiento que después de ser utilizadas en las actividades domésticas (consumo humano, cocimiento de alimentos, aseo personal y local, etc.) y productivas (lavados, diluciones, calentamientos, refrigeración, etc.) son descargadas a los alcantarillados domiciliarios o directamente al ambiente. Las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua residual de cada centro urbano varía de acuerdo con los factores externos como: localización, temperatura, origen del agua captada entre otros; y a factores internos como la población, el desarrollo socioeconómico, el nivel industrial, etc. Estas presentan un alto contenido de materia orgánica biodegradable y de microorganismos que por lo general son patógenos. Cuando el municipio tiene un alto desarrollo industrial pueden predominar compuestos inorgánicos poco biodegradables (metales pesados, plaguicidas, sólidos, etc) y dependiendo del estado del alcantarillado (fugas o conexiones cerradas) o si es combinado (aguas lluvias y negras) o sanitario (sólo aguas negras), pueden estar más o menos diluidas. La composición típica de un agua residual municipal se presenta en la tabla 1. La presencia de material orgánico en el agua residual doméstica como son los compuestos por proteínas, grasas, carbohidratos, aceites, alimentos; las cuales son biodegradada por los microorganismos, en condiciones aeróbicas cuando los cuerpos de agua no están altamente contaminados, o en condiciones anaerobias cuando se superan los niveles de asimilación, agotando el oxígeno disuelto, limitando la vida acuática y generando malos olores producto de los procesos de descomposición.

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN		
	ALTA mg/lt	MEDIA mg/lt	BAJA mg/lt
Sólidos Totales	1000	500	200
Sólidos Suspendidos	500	300	100
Sólidos Sedimentables	12	8	4
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO5	300	200	100
Demanda Química de Oxígeno, DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	80	50	25
Fósforo Total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1,00E+10	1,00E+08	1,00E+06

Tabla 1. Características típicas del agua residual municipal

Para remover los contaminantes no deseados provenientes del agua residual se evalúan las etapas de procesos y operaciones físicas, químicas y biológicas; son estas las encargadas de la eliminación de los contaminantes.

En la sección II, título E del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), se establece la caracterización de las aguas residuales, así como los parámetros mínimos de calidad que deben medirse. Al respecto se referencia que existen diferentes métodos de tratamiento de dichas aguas, entre éstos están las trampas de grasa, los tanques sépticos, los postratamientos y los sistemas centralizados; dichos procesos se aplican con el fin de llevar a cabo un tratamiento integral el cual conlleva la aplicación de procesos químicos, físicos y biológicos.

En este sentido el tratamiento de aguas residuales debe contar con un minucioso proceso de depuración del agua con el fin de mitigar el impacto ambiental producido por las mismas antes de ser descargadas en cuerpos de aguas que corresponden a ecosistemas naturales como ríos, lagos, ciénagas, etc.

Cabe aclarar, que dependiendo del tipo de aguas residuales, ya sean industriales, domésticas o comerciales y el modo en que estas se mezclan, es necesario llevar a cabo el tratamiento a través de sistemas centralizados que contemplan: Pre-tratamiento, Tratamiento primario, Tratamientos secundarios, Tratamientos anaerobios, Lagunas de oxidación o de estabilización, Desinfección, Manejo de lodos

Cada tipo de tratamiento permite garantizar el saneamiento del agua desde la reducción de algún residuo; residuos que van desde sólidos hasta químicos, lo cual hace que el proceso implique métodos de análisis físico-químicos, que nos permitan evaluar el impacto ambiental que puede producirse a nivel positivo o negativo al verter las aguas tratadas en los diferentes cuerpos de aguas mencionados anteriormente.

El tratamiento de aguas residuales implica la construcción y funcionamiento de plantas de tratamiento, generalmente ubicadas en los límites de los cascos urbanos de municipios y de ciudades, y deben estar estructuradas de tal manera que permitan que el proceso se lleve a cabo de acuerdo a unas etapas establecidas: Cribado de residuos crudos, Estabilización biológica de la materia cruda, Remoción física de lodo estabilizado, Secado de lodo removido.

5. NORMAS ESTABLECIDAS SOBRE EL MANEJO DEL IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO

De acuerdo las normas emitidas por el ministerio de ambiente la cual define un estudio del impacto ambiental para proyectos de construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales; en donde se establece que todo proyecto deberá contener los antecedentes, la descripción de las actividades y aspectos técnicos sobresalientes del proyecto; y las características más relevantes de los de sistemas bióticos, físicos y sociales teniendo en cuenta lo regional como un todo y lo particular en específico desde los recursos ambientales que van a ser usados, aprovechados o afectados; la infraestructura a utilizar, la evaluación y jerarquización de los impactos ambientales y los riesgos. Así mismo, se presentará una síntesis del Plan de Manejo Ambiental, incluidos presupuestos y cronogramas.

De tal manera se promueve la creación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA), que esté en la posibilidad de dimensionar una serie de mecanismos de solución a las afectaciones generadas por los proyectos de construcción de las plantas. El plan contempla entonces, que se establezcan las características técnicas de la planta de tratamiento, así como la ubicación y características geométricas, el tipo y número de estructuras necesarias, las necesidades de desvíos y canalizaciones de cauces, la infraestructura y servicios interceptados, así como el sitio definitivo para la disposición de residuos líquidos, sólidos y contaminantes atmosféricos resultado del tratamiento.

Con lo anterior se busca que la construcción y puesta en operación de las plantas de tratamiento cuenten con un proyecto de pre-identificación de los probables impactos y riesgos que pueden devenir del uso de dicha planta. Con lo cual se atenderá al impacto de los componentes físicos como el paisaje y la calidad del aire, entre otros; de los componentes bióticos como son la flora, fauna y ecosistemas acuáticos, entre otros, y con el componente social, como la demografía y los aspectos productivos, entre otros, que se puedan ver impactados de manera negativa con la puesta en operación de la planta.

6. INCUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS E IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO

Desde esta perspectiva, cabe preguntarnos si realmente las plantas de tratamiento han cumplido con la puesta en marcha del plan de manejo ambiental, cuando “en medio de que se haya realizado un análisis exhaustivo de los impactos relacionados con la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, pueden ocurrir situaciones desfavorables en el funcionamiento”. [5].

Ahora bien, siguiendo a Guillermo León (1995), se deben tener en cuenta no sólo los criterios normativos para evaluar el impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, en la medida en que, el proceso que llevan a cabo resulta complejo e involucra componentes de diferentes índoles.

En cuanto a la relación de costos y beneficios esperados con relación a los componentes no cuantificables es importante tener en cuenta los sistemas bióticos, físicos y sociales. En cuanto a los sistemas evaluados se estima que un impacto positivo a nivel social no es cuantificable, puede ser la disminución del riesgo de enfermedad, pero un impacto negativo puede ser la pérdida del agua por evaporación o infiltración en lagunas de estabilización. O que un impacto positivo no cuantificable a nivel ambiental es la protección de los ecosistemas, pero un impacto negativo es la generación de malos olores producidos por la planta.

Así, el cumplimiento de las normas y de los planes de manejo ambiental resultaría efectivo; el problema es que la construcción y operación de las PTAR mide el costo beneficio en términos cuantitativos que conllevan a la producción de una ganancia que se refleja en unidades monetarias antes que ambientales. Ejemplo de ello es que en el país de las PTAR que están construidas, según un estudio realizado Jairo Alberto Romero Rojas docente de la Escuela Colombiana de Ingenieros, sólo se trata de un 8% a 10% de las aguas residuales; lo cual

reflejaría que “Las operaciones de mantenimiento deben ser calificadas, porque existen conceptos que afirman que sólo un 10% de las plantas construidas funcionan adecuadamente”.

De tal manera, se hace evidente, que en algún modo carecemos de mecanismos de evaluación del verdadero impacto ambiental esperado y provocado por la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, en la medida en que, aunque exista la normatividad, el cumplimiento de la misma está sujeto principalmente al costo y beneficio de la infraestructura de tratamiento.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar y respetar la normatividad de la Constitución Política Colombiana de 1991 donde se establece el derecho a un ambiente sano y al desarrollo sostenible; también proclama los derechos y deberes del estado y de las personas de proteger los recursos naturales, el ambiente y velar por su conservación; es así como se deben respetar y aplicar los derechos y deberes de cada una de las partes.

Se recomienda desarrollar un mecanismo de inclusión, el cual tenga como objetivo la sostenibilidad de los recursos naturales del país, logrando un bienestar para los ecosistemas naturales, que se ven afectados por las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Se recomienda mayor control y vigilancia de forma periódica para las plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia, la cual logre contribuir con el mejoramiento en los recursos naturales. Es importante analizar y evaluar los vertimientos.

Se recomienda trabajar unidos con los grupos de investigación de las universidades del país, entidades públicas y privadas, centros de investigación, autoridades ambientales, en los temas concernientes a las Plantas de tratamientos de aguas residuales, considerando las nuevas normativas y adaptaciones al cambio climático, logrando así transferencia de conocimiento entre las diferentes organizaciones del país.

Es el momento adecuado para impartir control sobre el uso racional del recurso hídrico en Colombia, logrando impartir sanciones a los sectores de la industria que aumentan los caudales de consumo de agua.

8. CONCLUSIONES

El direccionamiento y normatividad para la construcción y operación de plantas de tratamiento, está sujeto principalmente a la presentación de proyectos que miden el impacto ambiental, pero no verifican su cumplimiento.

El tratamiento de aguas residuales, en medio de ser una tarea compleja, es necesaria, pero bajo unos parámetros delimitados que evidencien beneficios a nivel social pero al mismo tiempo requieren del análisis de impacto ambiental, para no desarrollar problemas en componentes físicos ni bióticos.

Hace falta inversión en la construcción y operación en plantas de tratamiento de aguas residuales para que puedan cumplir a cabalidad con la normatividad vigente con respecto al impacto ambiental.

Se hace evidente los incumplimientos en cuanto las normas de vertimiento de aguas residuales, desconocimiento de los protocolos de operación, falta de mantenimiento a la infraestructura y vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Se evidencia la problemática ambiental desde la normatividad establecida por el Ministerio de Medio Ambiente, quien realiza los reportes de las deficiencias de los tratamientos en aguas residuales, revisando zonas más críticas del país en cuanto a las cargas contaminantes generadas por los vertimientos, sin desconocer el impacto generado por incremento de aguas residuales tanto industriales como domésticas, provocado por el desarrollo industrial y el aumento en el desarrollo poblacional a nivel nacional.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gian Paolo Dágner G. Gestión de Biosólidos en Colombia. Revista Acodal 202; Noviembre de 2003.
- [2] Dágner. (2003) Gestión de biosólidos de la PTAR El Salitre, Pontificia Universidad Javeriana, Curso Internacional de restauración ecológica de canteras y uso de biosólidos, 28 de julio – 2 de agosto, Bogotá.
- [3] Informe Técnico Sobre Sistemas de Tratamiento de aguas residuales en Colombia. Base Línea 2010. Superintendencia de servicios Públicos Domiciliarios. Colombia. Bogotá, Octubre 2012
- [4] León, S. G. (1995) Impacto Ambiental de los proyectos de uso de aguas residuales. CEPIS/OPS
- [5] Valderrama Pedraza ML. Factibilidad de aprovechamiento de los lodos de la PTAR del municipio de Chinavita (Boyacá) (sitio en Internet). Universidad de Manizales. Disponible en: <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/944>
- [6] EPA. (1994) A Plain English Guide to the USEPA Part 503 Biosolids Rule.
- [7] National Biosolids Partnership. (2001) National Manual of good practice for biosólidos
- [8] RAS – 2000, Reglamento de Agua Potable y Saneamiento básico, Ministerio de Desarrollo Económico, 2000.
- [9] García G.(2003) Gestión de biosólidos, Universidad Pontificia Bolivariana, Seminario Internacional Gestión integral del agua, 24 –27 de junio, Medellín.
- [10] Acueducto, agua y alcantarillado de Bogotá. 2016. Acueducto, agua y alcantarillado de Bogotá. 2016.
- [11] Comisión y regulación de agua potable y saneamiento básico de Colombia. 2016.
- [12] Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. 2004. Minvivienda.
- [13] Romero, Rojas Jairo Alberto. 2006. Purificación del agua. en Bogotá : Escuela colombiana de ingeniería, 2006. 9588060664.
- [14] SPERLING, Marcos Von. 2014. Lodos Activados, principios del tratamiento biológico de aguas residuales. San Juan de Pasto : Universidad de Nariño, 2014. 978-958-8609-72-0.
- [15] Dirección Técnica de Gestión de Acueducto Y Alcantarillado. 2012. Informe técnico sobre sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia línea de base 2010. Bogotá: s.n., 2012.
- [16] Gerard, K. (1999). Ingeniería Ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. En K. Gerard, Ingeniería Ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión (pág. 1309). España: Mc Graw Hill.

- [17] RESOLUCIÓN NO. 1096 de 17 de Noviembre de 2000 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS." El Ministerio de Desarrollo Económico; Ministerio de Desarrollo Económico, Republica de Colombia.
- [18] ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERUBINI, C.; RODRIGUES, C.; CARNEIRO, C. E FERNANDES F. (2001). Capítulo 4 Higienização do lodo de esgoto. en: Resíduos sólidos do saneamento; processamento, reciclagem e disposição final.
- [19] CAMPOS, J. L., CARRERA J., CHAMY R., JEISON D., OYANDEL V., POIRRIER P., ROCA E., RUIZ G., SZANTÓ M. Y ZÚÑIGA M. E. (2003) Avances en Biotecnología Ambiental: Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile. P. 26.
- [20] CHERNICHARO, C. (2007) Principios de tratamiento biológico de aguas residual Reactores anaeróbios II. Departamento de ingeniería sanitaria y ambiental. Universidade federal de Minas. Belo Horizonte. Brasil.
- [21] ADR. (2017). Especificaciones técnicas generales para proyectos y distritos de adecuación de tierras. Bogota D.C.
- [22] Aguas de Huila. (2013). Diagnóstico técnico de los vertimientos de aguas residuales y de los sistemas de tratamiento para aguas residuales de los municipios ribereños al Rio Magdalena de los departamentos del Huila, Tolima, Cundinamarca y Caldas.
- [23] AIDIS. (2016). Uso seguro del agua para el reúso.
- [24] BID. (2010). Ciencia Tecnología E Innovación En América Latina Y El Caribe: Un compendio estadístico de indicadores, 21.
- [25] CEPAL, & DNP. (2014). Diagnóstico y prospectiva de la adecuación de tierras en Colombia. Bogotá D.C.
- [26] CNPML. (2000). Producción Más Limpia en Colombia, Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia. Centro Nacional de Producción Mas Limpia, 12.
- [27] Corrales Marín, S. (2015). Las concesiones de agua: una revisión con criterios de equidad y eficiencia. Universidad del Valle.
- [28] CRA. (2013). Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., Colombia.
- [29] Departamento Nacional de Planeación DNP. (2015). Evaluación de operaciones de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, que mida la capacidad con la que cuentan para lograr sus objetivos y proponer acciones de mejora para el fortalecimiento integral de las mismas y el mejoramiento. Bogotá D.C.
- [30] Economía Urbana, & Infométrika. (2015). Informe de Resultados de la Evaluación, Análisis Costo Beneficio y tercera entrega de documentación bases de datos del contrato para la Evaluación institucional y de resultados del programa "Planes Departamentales para el manejo Empresarial de los Servicios".

