

**NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN LOS VERTIMIENTOS
HOSPITALARIOS: IMPACTOS AMBIENTALES Y DE SALUD PUBLICA,
BOGOTÁ, 2016**

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ NAVARRETE

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA COMUNITARIA
MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA
BOGOTÁ, D.C.**

2016

**NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS:
IMPACTOS AMBIENTALES Y DE SALUD PUBLICA, BOGOTÁ, 2016**

Trabajo para optar el título de magister en salud pública

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ NAVARRETE

Tutor:

Ing. Mario Omar Opazo Gutiérrez; MS, PHD.

Facultad de Ingeniería

Investigador del Grupo Agua, Salud y Ambiente

Asesor:

Dr. LUIS ALEJANDRO GÓMEZ BARRERA. MS, PHD

Coordinador Maestría en Salud Pública

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA COMUNITARIA

MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA

BOGOTÁ, D.C.

2016

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C. Agosto de 2016

NOTA DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

La universidad el Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en el presente trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

AGRADECIMIENTOS

Es difícil hacer un razonable y justo recuento de todas aquellas personas, que en su momento hicieron parte importante de mi formación durante estos dos últimos años y durante la elaboración del presente trabajo, brindándome su tiempo y conocimientos; sin embargo y atribuyendo, muy seguramente, imperdonables omisiones, que espero aquellos excluidos sepan perdonar; considero apenas justo hacer un sentido reconocimiento de aquellos que aportaron su empeño de manera generosa, decidida y comprometida, en la concreción de este esfuerzo. En esta medida hago constancia de mi agradecimiento sincero a mi Maestro Mario Opazo, director de la tesis, quien con sus aportes, consejos y correcciones nos guio al desarrollo del presente trabajo.

A los Doctores Hugo Cárdenas., Luis Alejandro Gómez, Jorge Sandoval, Luis Fernando Bravo; Oscar Useche por todos su aportes académicos y profesionales, por su amistad y compañía en este proceso.

A todos los Docentes que dejaron en mi mente-cerebro respuestas, dudas y nuevas preguntas, nuevas visiones e inquietudes científicas y sociales que debo afrontar en futuros estudios; actuales y futuras responsabilidades que se asumen en el desempeño de mi vida profesional. Hoy tengo menos certezas, pero mis dudas crecen ante la imperiosa necesidad de responder mejor ante las nuevas responsabilidades profesionales y sociales.

A la Doctora Mabel Rubio, Profesional Especializada de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca quien con su ayuda oportuna y desinteresada nos acompañó en el Desarrollo del presente Documento de Investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta obra a mis maestros con quien disfrute realizándole; a mis amigos a quienes torture comentándola; a ellos, quienes son participes pero indudablemente inocentes, absolutamente inocentes de cuanto se dice....En honor a CLAUDIA HELENA mi eterno andar, por todo el camino que recorreremos juntos.

Esta obra es para mi hija **CLAUDIA HELENA, CON ELLA, POR ELLA Y PARA ELLA:** He robado tu tiempo, ¡**perdóname!**, me he negado tu tiempo... ¡**imposible perdonármelo!** sigo detrás de un sueño...**dame tu mano... Vamos...vamos a buscarlo...**Al igual que tú, quiero un mundo diferente, sueño un mundo diferente para ti amor...Tú me lo has enseñado. En ese tiempo tuyo y mío he intentado construir tu futuro...**perdóname si hasta ahora no lo he logrado...**Por ahora y mientras tanto... a cambio de tu tiempo y el mío, comparto contigo mis vínculos y mis redes académicas, científicas y sociales.... Mis referencias de hoy, tus referencias de mañana y tu futuro.

Tu y yo descubrimos que en los libros hay un mapa escondido que nos lleva a un mejor futuro....vamos dame tu mano, iremos a buscarlo.

Juan Manuel

PRESENTACIÓN

El proceso de investigación que da origen al presente trabajo, se mueve fundamentalmente en la inquietud de destacar, a través de ésta, las actuaciones requeridas para prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales y sanitarios que se derivan de un inadecuado manejo de vertimientos hospitalarios en Colombia, teniendo en cuenta y respondiendo a determinados componentes de análisis que permitan ser aplicados a investigaciones similares y prioritarias, aportando una metodología de análisis y desarrollo, basada en análisis de información, que permita llegar a planteamientos concretos y pertinentes para un análisis desde la salud pública.

Pretendemos hacer un análisis de la normatividad Colombiana comparándola a nivel de países suramericanos, Centro-Norteamérica, Europeos y Asiático en donde pretendemos identificar avances y /o retrocesos de la Normatividad Colombiana frente a la normatividad Internacional.

Relacionado con lo anterior y a la luz de la evidencia científica identificada (publicaciones científicas) pretendemos identificar los posibles impactos ambientales y de salud pública que puedan generarse del incumplimiento de la norma o de la necesidad de formularse correcciones, actualizaciones a la normatividad actual.

Es nuestra ilusión despertar el interés científico, académico e institucional en relación con realizar investigaciones que permitan orientar y fundamentar otros estudios con el tema investigado por nosotros.

GLOSARIO

Aguas residuales. Es cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Aguas residuales hospitalarias. Aguas residuales cargadas con compuestos químicos tóxicos, residuos de drogas microorganismos algunos de los cuales presentan multiresistencia a los antibióticos, elementos radioactivos y radio isótopos, metales pesados compuestos órgano-halogenados.

Genotoxicidad. La genotoxicidad, es la capacidad para causar daño al material genético por agentes físicos, químicos o biológicos; el daño en el material genético incluye no sólo al ADN, sino también a todos aquellos componentes celulares que se encuentran relacionados con la funcionalidad y comportamiento de los cromosomas dentro de la célula.^{1 2} Ejemplos de esto último son las proteínas que intervienen en la reparación, condensación y descondensación del ADN en los cromosomas, u otras estructuras como el huso mitótico, responsable de la distribución de los cromosomas durante la división celular. Este daño puede ser de tipo mutágenos o carcinógeno. Son considerados genotóxicos los agentes físicos (temperatura, luz ultravioleta, radiaciones ionizantes, radiaciones electromagnéticas, etc.) o productos químicos (agentes alquilantes, acridina, oxidantes, agentes redox, epóxidos alifáticos, etc) capaces de alterar la información genética celular.

Valor límite permisible. Hacen referencia a concentración de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire, en el agua. Representan condiciones por debajo de las cuales se cree que todos los trabajadores pueden exponerse, repetidamente y día a día a la acción de tales concentraciones sin sufrir

efectos adversos para la salud. Sin embargo dado la gran variabilidad en la susceptibilidad individual es posible que un porcentaje de trabajadores experimenten algunas molestias ante ciertas sustancias con concentraciones iguales o por debajo del límite umbral, mientras un porcentaje menor puede resultar afectado más seriamente y pueda agravar una condición que ya existía previamente ocasionando la aparición de una EP (Enfermedad Profesional).

DBO Demanda biológica de oxígeno. Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

DQO Demanda Química de oxígeno. La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

Contaminantes emergentes. son compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo que pasan inadvertidos; comprenden una amplia gama de compuestos químicos, productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, agentes tensoactivos, plastificantes y aditivos industriales, que no están incluidos en el monitoreo actual de programas de tratamiento de aguas; también incluyen la síntesis de nuevos compuestos químicos o cambios en el uso y disposición de los productos químicos ya existentes. Ahora están siendo ampliamente detectados y tienen el potencial de acarrear un impacto ecológico, así como efectos adversos sobre la salud. La característica de estos grupos de contaminantes es que no necesitan estar constantemente en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente. Cuyos criterios de calidad ambiental aún no se han podido especificar y las plantas de

tratamiento convencionales de aguas residuales no están diseñadas para eliminarlos; motivo de preocupación científica y para las entidades ambientales reguladoras.

CONTENIDO

Pág.

| | |
|--|-----------|
| Introducción.. | 23 |
| Marco Teórico | 25 |
| 1. Elementos de contenido y alcance..... | 25 |
| <i>1.1. Enfoque Metodológico</i> | 25 |
| 1.1.1. Tipo de estudio. | 25 |
| 1.1.2. Tipo de estudio. | 26 |
| 1.1.3. Método de la investigación..... | 27 |
| 1.1.4. Estructura de desarrollo de la investigación..... | 29 |
| <i>1.2. Contexto de la investigación</i> | 31 |
| 1.2.1. Ámbito general. | 31 |
| 1.2.2. Línea de investigación..... | 35 |
| 1.2.3. La temática. | 36 |
| 1.2.4. Antecedentes. | 37 |
| 1.2.5. Justificación..... | 43 |
| 1.2.6. Identificación del problema..... | 47 |
| 1.2.7. Objetivos de la investigación. | 55 |
| 1.2.8. Herramientas utilizadas. | 55 |
| 1.2.9. Estructura metodológica del análisis..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| Componente de identificación..... | 59 |
| 1. Elementos de análisis | 59 |
| <i>1.1. Marco de referencia</i> | <i>59</i> |
| 1.1.1. Marco de aproximaciones conceptuales..... | 59 |
| 1.1.2. Marco teórico o conceptual. | 59 |
| 1.1.3. Marco espacial..... | 60 |
| 1.1.4. Marco legal o normativo. | 60 |
| <i>1.2. Marco de aproximaciones conceptuales</i> | <i>60</i> |
| 1.2.1. Vertimientos Hospitalarios (aguas residuales hospitalarias)..... | 60 |
| 1.2.2. Impactos ambientales. | 62 |
| 1.2.3. Impactos en salud pública. | 64 |
| 1.2.4. Enfermedades en el agua..... | 64 |
| 1.2.5. Enfermedades causadas por intermediarios. | 66 |
| 1.2.6. Principales enfermedades y su impacto en el mundo..... | 66 |
| <i>1.3. Plan Nacional de Salud Pública 2012-2020</i> | <i>67</i> |
| 1.3.1. Objetivos estratégicos. 6.3 Cero tolerancias con la morbilidad, la mortalidad y la discapacidad evitables..... | 68 |
| 1.3.2. Dimensiones prioritarias..... | 69 |
| 1.3.3. Estrategias. | 72 |
| 2. Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico..... | 73 |
| 3. Perfil epidemiológico de Bogotá..... | 75 |
| 3.1.1. Marco teórico o conceptual. | 82 |
| 3.1.2. Marco espacial..... | 83 |
| 3.1.3. Marco normativo. | 88 |

| | |
|---|-----------|
| Componente de desarrollo..... | 89 |
| 1. Seguimiento a normatividad colombiana que regula los vertimientos hospitalarios | 89 |
| 1.1. <i>Análisis de la calidad del agua y tratamiento de los vertimientos en Colombia</i> | 91 |
| 1.1.1. Prestación del servicio de acueducto en las cabeceras municipales..... | 98 |
| 1.1.2. Municipios que suministran agua cruda. | 98 |
| 1.1.3. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua no tratada. | 102 |
| 1.1.4. Municipios en riesgo inviable sanitariamente. | 103 |
| 1.1.5. Análisis de la calidad del agua tratada 2009-2010. | 104 |
| 1.1.6. Resultados georeferenciados del índice de riesgo de consumo de agua tratada. | 108 |
| 1.2. <i>Calidad de agua en Bogotá D.C. 2012</i> | 110 |
| 1.3. <i>Calidad de agua consumida en Bogotá, D.C.</i> | 111 |
| 1.4. <i>Sustancias de interés ambiental y sanitario</i> | 112 |
| 1.4.1. Aluminio (Al)..... | 112 |
| 1.4.2. Antimonio (Sb)..... | 113 |
| 1.4.3. Arsénico (As). | 114 |
| 1.4.4. Bario (Ba)..... | 115 |
| 1.4.5. Boro (B)..... | 116 |
| 1.4.6. Cadmio (Cd)..... | 117 |
| 1.4.7. Zinc (Zn)..... | 119 |
| 1.4.8. Cloruros (Cl)..... | 120 |
| 1.4.9. Cobre (Cu)..... | 120 |
| 1.4.10. Cobalto (Co)..... | 122 |
| 1.4.11. Cromo total..... | 123 |
| 1.4.12. Estaño (Sn). | 124 |

| | |
|---|------------|
| 1.4.13. Fenoles totales..... | 125 |
| 1.4.14. Fosforo total. | 126 |
| 1.4.15. Hidrocarburos totales del petróleo. | 126 |
| 1.4.16. Hierro..... | 127 |
| 1.4.17. Litio. | 128 |
| 1.4.18. Manganeseo (Mn). | 129 |
| 1.4.19. Mercurio. | 130 |
| 1.4.20. Molibdeno. | 131 |
| 1.4.21. Níquel. | 132 |
| 1.4.22. Nitrógeno total. (N)..... | 133 |
| 1.4.23. Plata (Ag). | 134 |
| 1.4.24. Plomo (Pb)..... | 134 |
| 1.4.25. Selenio (Se). | 135 |
| 1.4.26. Sulfatos (SO ₄). | 137 |
| 1.4.27. Sulfuros (S)..... | 138 |
| 1.4.28. Vanadio (V)..... | 138 |
| <i>1.5. Sustancias de interés ambiental</i> | <i>139</i> |
| 1.5.1. DBO Y DQO..... | 140 |
| 1.5.2. Solidos suspendidos y sedimentos. | 140 |
| 1.5.3. PH..... | 141 |
| 1.5.4. Grasas y Aceites. | 142 |
| 1.5.5. Tenso activos..... | 143 |
| 1.5.6. Temperatura..... | 143 |
| 1.5.7. Color verdadero..... | 144 |

| | |
|---|------------|
| 1.6. Sustancias prioritarias hospitalarias | 145 |
| 1.7. Parámetros de interés ambiental y sanitario en el sector salud | 147 |
| 1.8. Revisión bibliográfica científica..... | 148 |
| 1.9. Evidencia científica de fármacos en aguas residuales, vertimientos hospitalarios y sus impactos ambientales y sanitarios | 149 |
| 1.9.1. Eco-toxicidad de los productos farmacéuticos..... | 163 |
| 1.9.2. Biodegradabilidad de las aguas residuales de la industria farmacéutica y las instalaciones hospitalarias. | 166 |
| 1.9.3. Características de las aguas contaminadas con fármacos..... | 169 |
| 1.10. Comparación de la normatividad colombiana a nivel mundial..... | 176 |
| 1.10.1. Comparación de la Normatividad Colombiana con 7 países suramericanos. (Ecuador, Brasil, Perú, Venezuela, Argentina, Chile, Bolivia). | 176 |
| 1.11. Comparación de la normatividad colombiana con la normatividad de México, Estados Unidos y Canadá..... | 186 |
| 1.12. Comparación de la normatividad colombiana con la 7 países de Europa, Asia, Oceanía (Alemania, Francia, España, Rusia, Japón, Nueva Zelanda)..... | 193 |
| 1.13. Análisis de cumplimiento de la normatividad que regulan los vertimientos hospitalarios en Bogotá..... | 203 |
| Componente estratégico | 212 |
| 1. Valores máximo permitidos para el vertimiento en fuentes de agua..... | 212 |
| 2. Valores máximo permitidos para el vertimiento sistemas de alcantarillado. | 215 |
| 3. Comparación de las cargas contaminantes del sector salud comparada con otros sectores industriales.. | 219 |

| | |
|---|------------|
| 4. Participación y responsabilidad de carga contaminante del sector salud comparado con los sectores industriales | 223 |
| Discusión..... | 228 |
| Interrogantes..... | 262 |
| Conclusiones..... | 263 |
| Bibliografía.... | 272 |

LISTA DE TABLAS

Pág.

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 1. Conflictos y Bondades de la Cuenca del Rio Bogotá</i> | <i>35</i> |
| <i>Tabla 2. Contexto general de la tendencia poblacional en la ciudad región Cundinamarca-Bogotá...</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabla 3. Seguimiento a la normatividad de vertimientos hospitalarios</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 4. Departamento, Numero de Municipios y localidades que suministran agua cruda en Colombia</i> | <i>99</i> |
| <i>Tabla 5. Promedio del IRCA en la vigilancia de la calidad del agua sin tratamiento, año 2010.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Tabla 6. Número de Municipios por departamento y categoría del riesgo, en agua tratada</i> | <i>105</i> |
| <i>Tabla 7. Promedio del IRCA en la vigilancia de la calidad del agua con tratamiento, periodo 2009- 2010</i> | <i>107</i> |
| <i>Tabla 8. Parámetros hospitalarios regulados internacionalmente en la norma de vertimientos</i> | <i>147</i> |
| <i>Tabla 9. Concentraciones de fármacos detectadas en aguas residuales y efluentes de depuradoras .</i> | <i>153</i> |
| <i>Tabla 10. Presencia de productos farmacéuticos en lodos de diferentes plantas de tratamiento.....</i> | <i>168</i> |
| <i>Tabla 11. Comparación de la normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la normatividad de siete países suramericanos.....</i> | <i>181</i> |
| <i>Tabla 12. Comparación de la Normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la Normatividad de México, Estados Unidos y Canadá</i> | <i>189</i> |
| <i>Tabla 13. Comparación de la Normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la Normatividad de varios países de Europa, Asia, Oceanía</i> | <i>197</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Tabla 14. Comparación de la Normas de Vertimientos en cuerpos de agua y alcantarillado Colombia y Bogotá D.C. frente al rango Mundial.....</i> | <i>201</i> |
| <i>Tabla 15. Año apertura de investigación sancionatoria por incumplimiento de la normatividad que regula vertimientos Industriales 1996-2014.....</i> | <i>208</i> |
| <i>Tabla 16. Año apertura de investigación sancionatoria por incumplimiento de la normatividad que regula vertimientos Industriales y sector Institucional.</i> | <i>209</i> |
| <i>Tabla 17. Sector de Entidad y tipo de caracterización de aguas residuales realizada e incumplimiento de la normatividad de vertimientos.....</i> | <i>210</i> |
| <i>Tabla 18. Tipo de Servicio que presta la institución y violación de la normatividad de vertimientos industriales por el cual se inicia sanción ambiental.....</i> | <i>211</i> |
| <i>Tabla 19. Comparación de parámetros de vertimientos en cuerpos de agua y alcantarillado.....</i> | <i>217</i> |
| <i>Tabla 20. Extrapolación base de datos SDA</i> | <i>219</i> |
| <i>Tabla 21. Clasificación de las actividades Productivas en Colombia según la resolución No. 631 de 2015</i> | <i>235</i> |
| <i>Tabla 22. Número de parámetros controlados en la normatividad de vertimientos a nivel Mundial..</i> | <i>264</i> |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| <i>Figura 1. Proceso de la investigación</i> | 29 |
| <i>Figura 2. Proceso de análisis</i> | 30 |
| <i>Figura 3. Zona de estudio</i> | 31 |
| <i>Figura 4. Relación entre los elementos del problema</i> | 54 |
| <i>Figura 5. Estructura metodológica del análisis espacial y sus elementos</i> | 58 |
| <i>Figura 6. Tendencias de crecimiento porcentual de la población residente en Bogotá, discriminada por localidad 2000-2015</i> | 75 |
| <i>Figura 7. Pirámide poblacional de Bogotá, según Sexo, grupo de edad</i> | 76 |
| <i>Figura 8. Diez primeros eventos atendidos en la población vinculada en los servicios de consulta externa, Bogotá, 2005</i> | 79 |
| <i>Figura 9. Primeras causas de consulta ambulatoria en población pobre no asegurada en Bogotá, año 2008</i> | 80 |
| <i>Figura 10. Estadísticas balance número de casos muertes violentas 2004-2008</i> | 81 |
| <i>Figura 11. Tendencia de las primeras diez causas de mortalidad en Bogotá. 2004-2007</i> | 82 |
| <i>Figura 12. Estadísticas de crecimiento poblacional acelerado</i> | 85 |
| <i>Figura 13. Tendencia poblacional de la cuenca del Rio Bogotá 2014-2020</i> | 86 |
| <i>Figura 14. Amenazas por Remoción e Inundación en la Cuenca</i> | 87 |
| <i>Figura 15. Municipios con agua no apta según categoría</i> | 93 |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 16. Municipios por departamentos según cumplimiento con los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos</i> | <i>94</i> |
| <i>Figura 17. Calidad de agua en los departamentos según parámetros microbiológicos 2006.....</i> | <i>95</i> |
| <i>Figura 18. Parámetros fisicoquímicos incumplidos</i> | <i>96</i> |
| <i>Figura 19. Demanda por actividades socioeconómicas.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Figura 20. Municipios por categoría IRCA agua cruda</i> | <i>100</i> |
| <i>Figura 21. Resultados de las muestras por parámetro, periodo 2009-2010.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Figura 22. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua (IRCA) por departamentos, periodo 2009-2010, Colombia</i> | <i>103</i> |
| <i>Figura 23. Categoría del riesgo por número de municipios en agua tratada, Colombia, 2009-2010.</i> | <i>104</i> |
| <i>Figura 24. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua (IRCA) por departamentos, periodo 2009-2010, Colombia</i> | <i>109</i> |
| <i>Figura 25. Tendencia del IRCA consolidado en Bogotá. D.C. 2007-2012.</i> | <i>110</i> |
| <i>Figura 26. Distribución del porcentaje de muestras según nivel de riesgo en Bogotá D.C. 2012</i> | <i>111</i> |
| <i>Figura 27. Origen de los residuos farmacológicos en el ambiente</i> | <i>163</i> |
| <i>Figura 28. Productos Farmacológicos más frecuentemente encontrados en el ambiente.....</i> | <i>166</i> |
| <i>Figura 29. Número de sanciones administrativas discriminado por autoridad ambiental, impuestas durante los años 2003.2005.....</i> | <i>204</i> |
| <i>Figura 30. Tipos de sanciones administrativas de carácter ambiental impuestas durante el periodo 2003-2005.....</i> | <i>205</i> |
| <i>Figura 31. Instituciones (Hospitales, Clínicas, laboratorios clínicos y Servicios Fúnebres) con procesos administrativos ordenados por la Secretaría Distrital del Medio Ambiente. Bogotá, 2014</i> | <i>207</i> |
| <i>Figura 32. Carga contaminante de SO4 aportada por el sector salud según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>220</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 33. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>221</i> |
| <i>Figura 34. Carga contaminante de Sulfuros aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>221</i> |
| <i>Figura 35. Carga contaminante de grasas y aceites aportados por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>222</i> |
| <i>Figura 36. Carga contaminante de DQO5 y DBO5 aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>222</i> |
| <i>Figura 37. Carga contaminante de Fenoles y Mercurio aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)</i> | <i>223</i> |
| <i>Figura 38. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>224</i> |
| <i>Figura 39. Carga contaminante de DBO5 aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>224</i> |
| <i>Figura 40. Carga contaminante de DBO5 aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>225</i> |
| <i>Figura 41. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>225</i> |
| <i>Figura 42. Carga contaminante de Fenoles aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>226</i> |
| <i>Figura 43. Carga contaminante de Plomo aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>226</i> |
| <i>Figura 44. Carga contaminante de Plomo aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d).....</i> | <i>227</i> |

Tipo de Investigación: Descriptiva, la cual establece una serie de proposiciones coherentes mediante el análisis de variables relacionadas, efectuando cruce de variables que direccionan a la identificación de impactos en la salud pública y ambiental.

Tema: Análisis de la normatividad de vertimientos en Colombia y relación con los vertimientos hospitalarios, y los impactos asociados en la salud pública y en el ambiente.

El problema: Los impactos en la salud pública y en el ambiente producidos por la inadecuada gestión sanitaria y ausencia de normatividad sanitaria y ambiental.

Objetivo: Realizar una revisión crítica de la normatividad vigente Colombiana que regula la gestión de los vertimientos hospitalarios con el fin de evaluar su impacto ambiental y en la salud pública.

Línea de Investigación: Agua, salud y ambiente.

Área de Estudio: Áreas de descarga de los vertimientos hospitalarios en los efluentes.

Alcances y resultados: Metodología de comparación de la normatividad Internacional y nacional para los vertimientos Hospitalarios. Revisión Bibliográfica de los artículos científicos relacionados con vertimientos hospitalarios y su impacto en salud pública y ambiental. Análisis del cumplimiento de la normatividad ambiental y sanitaria que regula los vertimientos en Hospitales de la Ciudad de Bogotá.

Análisis crítico de la Normatividad Colombiana relacionada con vertimientos hospitalarios.

Palabras Clave:

Introducción

Este trabajo pretende ser una referencia para orientar en la elaboración de normatividad sanitaria y ambiental para la correcta disposición de los vertimientos hospitalarios. Se espera despertar el interés académico e institucional en investigación y búsqueda de evidencia sobre los riesgos, impactos de los vertimientos hospitalarios, en la evaluación y el fortalecimiento de sus propias estrategias para proteger la salud humana de los efectos adversos de la exposición a desechos peligrosos y en la prevención de los impactos negativos ambientales y formular recomendaciones frente a las evidencias encontradas.

El presente trabajo de investigación, se desarrolla a partir de cuatro etapas que explican tanto su metodología y desarrollo como los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los conceptos claves para su comprensión: normatividad nacional, normatividad internacional, parámetros ambientales, parámetros de salud pública, Genotoxicidad, impacto en salud pública, impactos negativos ambientales y que hacen parte de uno de los componentes que se describen a continuación:

Primera Parte: Componente teórico. Presenta los Elementos de contenido y alcance, expone el ámbito general de la investigación, estableciendo aspecto como la temática, la justificación, identificación del problema y sus elementos, los objetivos y el alcance de la investigación, así como la estructura metodológica sobre la que se desarrolló en la investigación.

Segunda Parte: Componente de Identificación. Está conformado por los elementos de apoyo metodológico y análisis, referidos fundamentalmente al Marco de referencia consultando y desplegado para el avance y apoyo conceptual de la investigación, estableciendo igualmente en esta etapa el direccionamiento y aproximación al área de estudio y estudio de los vertimientos hospitalarios, desarrollados en la tercera parte.

Tercera parte Componente de desarrollo: Este componente primordialmente expone el análisis comparativo entre la normatividad nacional frente a la normatividad internacional de los vertimientos hospitalarios. Determina los indicadores pertinentes y convirtiéndose en los componentes que estructuran y direccionan la estrategia.

Cuarta parte: Componente estratégico: Mediante una revisión bibliográfica de los artículos científicos relacionados con los impactos ambientales y de salud pública, generados por los vertimientos hospitalarios, se pretende evidenciar científicamente dicha problemática, identificar las alternativas de prevención, control, mitigación, siendo estas las que determinan el tipo de intervenciones requeridas para el abordaje de la problemática de los vertimientos hospitalarios.

Justifica la evaluación objetiva de los riesgos reales asociados a los vertimientos hospitalarios para la población, y a la adopción de medidas de protección efectivas en los casos en los que la evidencia científica y epidemiológica lo sugiera.

La investigación se centra fundamentalmente en promover una modificación y actualización de la normatividad Colombiana frente a los vertimientos hospitalarios de tal forma que se controle cuali y cuantitativamente las sustancias que se generan como desarrollo de la actividad hospitalaria y no como una actividad industrial.

Marco Teórico

1. Elementos de contenido y alcance

El componente teórico tiene como prioridad exponer los elementos de contenido de trabajo, los cuales permiten conocer la base de la formulación y su alcance, siendo significativos en la pertinencia del desarrollo del proyecto.

1.1. Enfoque Metodológico

1.1.1. Tipo de estudio.

- **Tipo de investigación**

El proceso de la Investigación Científica, Octava Edición, Clasifica las investigaciones en once tipos: Investigación Histórica, Investigación descriptiva, Investigación Experimental, Investigación Correlacionar, Estudio de caso, Investigación comparada, Investigación evaluativa, Investigación cualitativa, Investigación de mercados, Investigación de acción participativa, Investigación etnográfica (Tamayo y Tamayo, 2007).

En la presente trabajo se emplea la investigación descriptiva, la cual responde a las preguntas: Cómo son? donde? cuánto; quienes, etc.; es decir nos dice y refiere sobre las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y fenómenos de la realidad, en un momento histórico y tiempo histórico, concreto y determinado.

En relación con la investigación nos permite saber cuáles son las leyes, de qué país, qué rige y controla, cuanto es el valor máximo permitido, quien las emitió, quien las supervisa y vigila.

Estas respuestas nos permiten describir y comparar las diferentes normatividades nacionales e internacionales que rigen los vertimientos hospitalarios. De igual manera este tipo de investigación nos permite conocer las características cuali y cuantitativa de los vertimientos hospitalarios.

El tipo de investigación señala, el nivel de profundidad con el cual el investigador aborda el fenómeno u objeto de estudio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2006) señalan que una investigación descriptiva consiste en presentar la información tal cual es, indicando cual es la situación en el momento de la investigación analizando, interpretando, imprimiendo y evaluando lo que se desea poner en manifiesto.

Así mismo Bavaresco (2001) indica que las investigaciones descriptivas van hacia la búsqueda, de aquellos aspectos que se desean conocer y de los que se pretenden obtener respuestas, describiendo y analizando sistemáticamente sus características. A este respecto, Chávez (2007) indica que los estudios descriptivos se dirigen a describir las características del fenómeno de estudio, estableciendo las propiedades de su estado real, sin anunciar las hipótesis a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de la situación.

1.1.2. Tipo de estudio.

Estudio descriptivo: Para Tamayo, Tamayo Mario 2010, los estudios descriptivos comprenden la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos. Para Hernández Sampiere Robert et al. (2006), en los estudios descriptivos el investigador pretende describir situaciones y eventos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Los estudios descriptivos miden de manera más bien independientes los conceptos (Danhke, 1989).

Consideramos como el primer acercamiento científico en Colombia, ya que este aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes.

A través de tablas de análisis pretendemos buscar la correlación entre las diferentes variables cuali y cuantitativas con el fin de demostrar su importancia, grado de relación, correlación, asociación, etc.

1.1.3. Método de la investigación.

Palella y Martins (2006) expresan que el diseño de la investigación “se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio”. De acuerdo a esto, esta investigación se basó en un diseño no experimental, ya que trabaja sobre las realidades del hecho, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta.

Para facilitar la comprensión del documento que identificara los elementos que aportan al análisis crítico de normatividad Colombiana frente a los vertimientos hospitalarios y en consecuencia a los impactos ambientales y sanitarios, encaminando el contexto de análisis desde las cuencas hasta la determinación del ámbito espacial de análisis de estudio, Cundinamarca-Bogotá, en esta medida se esboza a continuación el componente propositivo de desarrollo:

Primera parte: Componente teórico: Agrupa los **elementos de contenido y alcance**, el cual se encuentra dividido por el enfoque metodológico y el contexto de investigación.

El enfoque metodológico expone el tipo de estudio y la estructura de desarrollo de la investigación los esquemas del proceso de la investigación y de análisis y el contexto de la investigación reúne el ámbito general de formulación de la investigación, estableciendo aspectos como la temática, la justificación, la identificación del problema y sus elementos, los objetivos y el alcance de la investigación, proporcionando un seguimiento claro en la lectura del documento.

Segunda parte: Componente de identificación En este componente se encuentran los **elementos de apoyo metodológico y análisis** contenido por el marco de referencia bajo tres secciones: el marco de aproximaciones conceptuales (definiciones), el marco teórico o conceptual (posiciones) y el marco espacial en el cual se expone el análisis desde el contexto regional hasta el contexto del área de estudio

“Cundinamarca” y en los que se realiza la comparación normativa de los vertimientos hospitalarios, su caracterización cuali y cuantitativa y sus aportes los respectivos aportes de vertimientos hospitalarios a la cuenca hidrológica, así como correlacionar los impactos en la salud pública y al ambiente.

Tercera parte Componente de desarrollo: Este componente primordialmente expone el análisis comparativo entre la normatividad nacional frente a la normatividad internacional de los vertimientos hospitalarios. Determina los indicadores pertinentes y convirtiéndose en los componentes que estructuran y direccionan la estrategia.

Cuarta parte: Componente estratégico: Mediante una revisión bibliográfica de los artículos científicos relacionados con los impactos ambientales y de salud pública, generados por los vertimientos hospitalarios, se pretende evidenciar científicamente dicha problemática, identificar las alternativas de prevención, control, mitigación, siendo estas las que determinan el tipo de intervenciones requeridas para el abordaje de la problemática de los vertimientos hospitalarios.

Justifica la evaluación objetiva de los riesgos reales asociados a los vertimientos hospitalarios para la población, y a la adopción de medidas de protección efectivas en los casos en los que la evidencia científica y epidemiológica lo sugiera.

La investigación se centra fundamentalmente en promover una modificación y actualización de la normatividad Colombiana frente a los vertimientos hospitalarios de tal forma que se controle cuali y cuantitativamente las sustancias que se generan como desarrollo de la actividad hospitalaria y no como una actividad industrial.

1.1.4. Estructura de desarrollo de la investigación.

Figura 1. Proceso de la investigación

| CONTEXTUALIZACION GENERAL ELECCION DEL TEMA A INVESTIGAR | FORMULACION DEL PROYECTO | | DESARROLLO METODOLOGICO | |
|--|--|---|---|--|
| ETAPA 1 | ETAPA 2 | ETAPA 3 | ETAPA 4 | |
| FORMULACION GENERAL | COMPONENTE TEORICO Elementos de Contenido y Alcance | COMPONENTE DE IDENTIFICACION Elementos de Analisis | COMPONENTE DE DESARROLLO Analisis Espacial y Normativo | COMPONENTE ESTRATEGICO Resultados |
| 1. DIAGNOSTICO 2. PROYECCION 3. CONFLICTOS Y 4. POTENCIALIDADES | ESTRUCTURA METODOLOGICA 1. Tipo de Estudio 2. Formulacion tematica 3. Justificacion 4. Planteamiento del Problema 5. Elementos del Problema 6. Objetivo General 7. Objetivos especificos 8. Alcance 9. Analisis y discusion 10. Conclusiones | Marco de Referencia: 1. Marco legal. 2. Marco teorico 2.1. antecedentes. 2.2. definiciones] 3. Marco metodologico. 4. Contexto Espacial: Bogotá | 1. Analisis espacial: Bogota. 2. Comparacion normativa vertimientos. 2.1 Comparacion de la norma Colombiana vs. Siete paises Suramericanos. 2.2 Comparacion de la Norma Colombiana vs. tres paises de Centro y Norte America 2.3 Comparacion de la normatividad Colombiana vs siete paises de Europa, asia y Oceania. 3. Determinacion de Variables. 4. Indicadores y Componentes | 1. Analisis comparativo de la Normatividad Nacional e Internacional. 2. Analisis de la Revision evidencia Cientifica. 3. Analisis del cumplimiento de la normatividad en Bogotá. 4. Analisis critico de la situacion de la normatividad de vertimientos en Bogotá. 5. Discusion 6. Conclusiones |

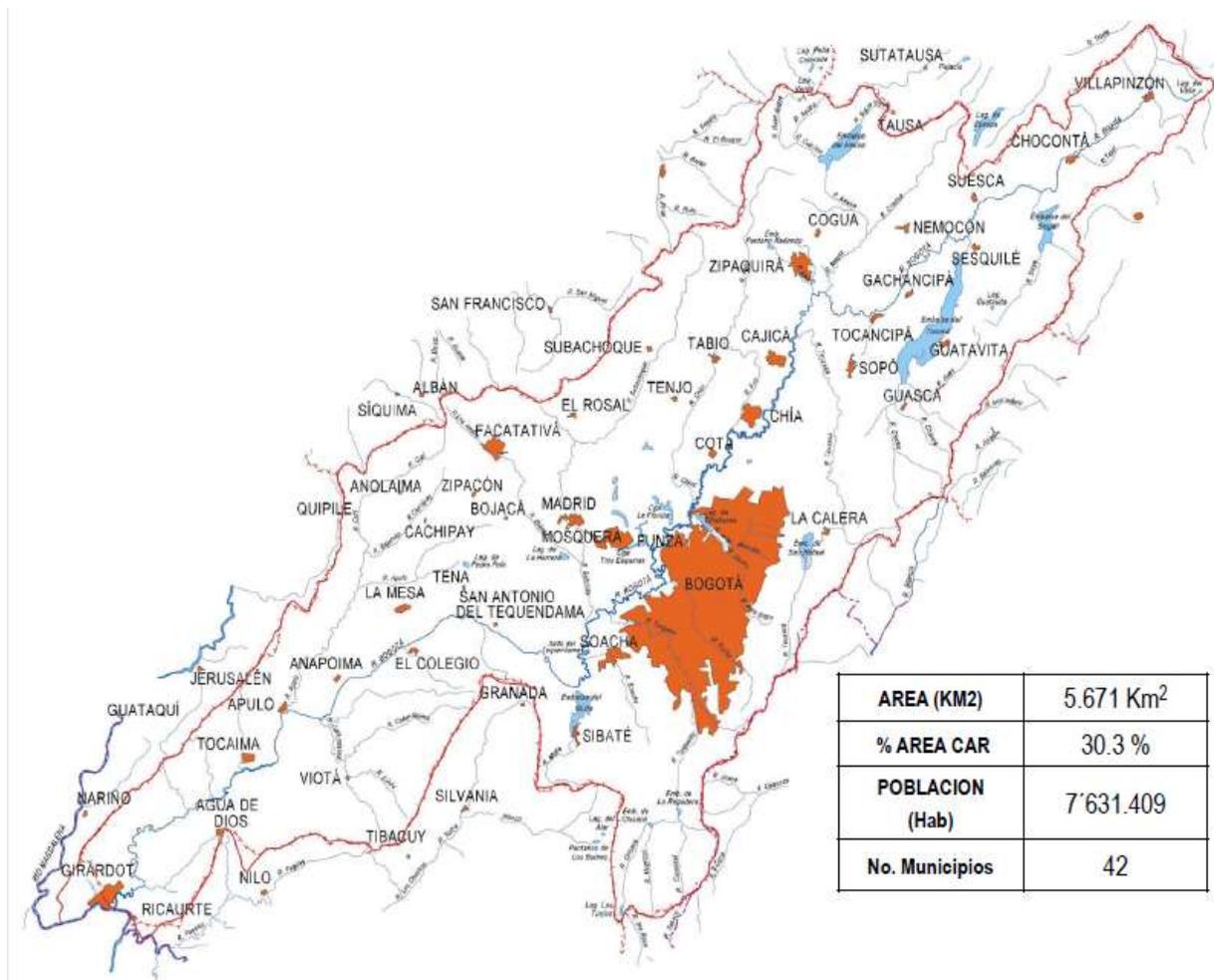
Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Proceso de análisis

| | | |
|-------------------------------------|--|---|
| COMPONENTE TEORICO | TEMA | |
| | PROBLEMÁTICA | |
| | OBJETIVOS | |
| | ANTECEDENTES-JUSTIFICACION | |
| COMPONENTE DE IDENTIFICACION | IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA | ENTORNO NACIONAL ENTORNO REGIONAL |
| | MARCO DE REFERENCIA | TEORICO METODOLOGICO |
| | ANALISIS ESPACIAL | BOGOTA |
| COMPONENTE DE DESARROLLO | COMPARACION DE LA NORMATIVIDAD DE VERTIMIENTOS EN COLOMBIA | AMERICA EUROPA, ASIA Y OCEANIA |
| | IDENTIFICACION DE LA EVIDENCIA CIENTIFICA DE LOS IMPACTOS OCASIONADOS POR VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS | IMPACTOS EN SALUD PUBLICA E IMPACTOS AMBIENTALES |
| | IDENTIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN BOGOTA RELACIONADA CON VERTIMIENTOS INDUSTRIALES (HOSPITALARIOS | AMBIENTALES Y SANITARIOS |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

1.2. Contexto de la investigación

1.2.1. *Ámbito general.*

El ámbito de trabajo principal responde al enfoque Ciudad-Región en donde se pueda conformar áreas integradas que contengan los atributos necesarios para hacer frente a las condiciones complemente las acciones e iniciativas de otros territorios que conforman, igualmente la nación.

Para Rivera Sandra (2009) la gestión y planeamiento territorial exige aumentar la funcionalidad de las ciudades como nodo del sistema económico, y enfrentar la superación de la pobreza. El estado Colombiano se encuentra en una situación muy delicada al respecto, por una parte la Constitución de 1991 dejó sentadas las bases para enfrentar la reconfiguración territorial del país, pero dentro de una confusión ideológica profunda que se manifiesta en su artículo 1º: *Colombia es un estado social de derecho organizado de forma de República Unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales” confusión que es transformada en la estructuración de un estado en donde el poder central es cada vez más avasallante y en contra de cualquier vestigio de verdadera autonomía regional* (República de Colombia, 1991).

El concepto de región es quizá uno de los más controvertidos en ciencias sociales, concepto en su relación con el fenómeno urbano y el desarrollo de las ciencias contemporáneas en el sistema mundial. La regionalización se puede definir como la formación de redes en tiempo y espacio a una escala nacional. La regionalización se evidencia cuando se dan transformación regional y local a una expansión nacional y en virtud de una conexión nacional (acción a distancia) a medida que se involucre actores o procesos en territorios nacionales (del Cerro Santamaría, 2004). La regionalización es un distanciamiento temporo espacial desplegado a nivel nacional (Giddens, 2000, citado por República de Colombia, 1991).

Región implica territorialidad en relación con otras, lo que origina tantas regiones como tipos de relaciones se puedan establecer. Región y territorio son entidades que se construyen individual y colectivamente de forma histórica, no se encuentran predefinidas ni son estáticas en el tiempo, mutan y se transforman en la medida que son atravesadas por encuentros y desencuentros de diverso tipo y escala. Para Fernand Braudel, el territorio y la territorialidad pertenecen a una temporalidad de largo plazo mientras que la región tiene un carácter de tipo coyuntural, las dos nociones conforman un conjunto indisoluble que participa activamente en el moldeado sobre el cual se hace posible el ejercicio del proyecto y del diseño territorial. La construcción de región, sus relaciones e intermediaciones, se soportan más en

dinámicas económicas y de flujos, mientras que las territorialidades se estructuran como una expresión política a partir de las condiciones eco geográfico y sociocultural (Giddens, 2000).

Para Scott y Storper (2003) y Soja (2005) la formación de una ciudad región, entraña tres procesos intrínsecamente unidos (Caicedo Asprilla, 2011):

Proximidad e interacción espacial derivado del principio de proximidad, la cual comprende tres procesos: cercanía, interacción espacial y conectividad o accesibilidad (Caicedo Asprilla, 2011).

Competitividad y sostenibilidad. Este par de procesos están en la base económica de un territorio y comprende el comercio interregional e internacional, la competitividad o lugar que ocupa la ciudad en concierto mundial de regiones y sostenibilidad ambiental de los territorios (Caicedo Asprilla, 2011).

En Colombia la ley 388 de 1997 de Ordenamiento territorial realiza una visión implícita de limite referida a divisiones municipales y a la división entre lo rural y lo urbano; esta misma ley establece que el Municipio como entidad territorial administrativa, el que tiene el poder interior de sus fronteras de determinar la clasificación y sus del suelo y todos los otros aspectos referidos a la planeación física, excepción hecha de los elementos ambientales, único aspecto sobre el cual deben adecuarse a lineamientos de superior jerarquía (Congreso de Colombia, 1997).

Hoy en día, ya no existen límites o diferenciación entre campo y ciudad, sino que el espacio geográfico se presenta como un continuum territorial que se debe leer es a través de los flujos y las relaciones que implican estos flujos. Esta visión ha impedido elaborar un planeamiento integral y con visión regional como lo requiere la práctica del planeamiento (Congreso de Colombia, 1997).

La insuficiente cobertura y mala calidad de los servicios de agua potable y saneamiento no solo dañan la salud de la población y contribuyen al recrudecimiento de la pobreza sino que, además afecta el ambiente, el desarrollo socioeconómico, la inserción de los países en una economía globalizada, la estabilidad política, la cohesión social y disponibilidad de agua para diversos usos, tanto relacionados con el desarrollo productivo como en los intereses sociales y ambientales. La pobreza sin acceso a los

servicios de agua potable y saneamiento, se convierte en un estado difícil de superar por cuanto se asocia el hambre y las enfermedades, impide el empleo estable y afecta negativamente la asistencia escolar. Por esta razón la provisión de servicios de agua potable y saneamiento seguro y de buena calidad para toda la población, debiera representar un objetivo de máxima prioridad para los gobiernos de los países de América latina (Jouravlev, Lentini, & et al., 2009).

Son Pocos los países que abordan la cuestión del agua y el saneamiento como una prioridad política, tal como lo evidencian las limitadas asignaciones presupuestarias.

La comunidad internacional no ha logrado que la cuestión del agua y el saneamiento sea una prioridad de las asociaciones para el desarrollo que han ido formándose en torno a los objetivos de Desarrollo del milenio (Jouravlev, Lentini, & et al., 2009).

Los marcos regulatorios de muchos países han sobrestimado las posibilidades de la introducción de la competencia y subestimado las necesidades regulatorias tradicionales (Naciones Unidas, 2006).

La gestión del recurso hídrico es muy difícil, y su gobernabilidad deviene en ser casi imposible, pues lograr consenso con esta cantidad de leyes, instituciones e intereses, es una tarea no lograda; además que los operadores de los principales usuarios de agua son operadores y a la vez rectores de sus respectivos sectores, lo cual los convierte en juez y parte (Jouravlev, Lentini, & et al., 2009).

Tabla 1. Conflictos y Bondades de la Cuenca del Rio Bogotá

| VARIABLE | POBLACION | ACTIVIDAD PRODUCTIVA RURAL | ACTIVIDAD PRODUCTIVA URBANA | VIVIENDA | EQUIPAMIENTO | AMBIENTE | SERVICIOS PUBLICOS | INFRAESTRUCTURA /MOVILIDAD | INSTITUCIONALIDAD | GOBERNABILIDAD |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|--|---|--|--|---|
| POBLACION | | | Baja Demanda poblacional | | Subutilizacion institucional por despoblamiento | Riesgos por concentracion de poblacion | | | Crecimiento acelerado de zonas urbanas poblacional | |
| ACTIVIDAD PRODUCTIVA RURAL | Localizacion zonas productivas | | | | | Alta pendiente, de baja productividad | Las zonas productivas no cuentan con optimo | Tendencia crecimiento urbano | Sobreoferta de zonas urbanas de poca poblacion | Falta de incentivos produccion agricola |
| ACTIVIDAD PRODUCTIVA URBANA | | | | | | | | Tendencia abandono rural | Deficit de actividades economicas | Desempleo |
| VIVIENDA | Localizacion zonas productivas | Uso agricola vs. Vivienda extensiva | | | | Riesgo por localizacion de vivienda | Agua potable | Falta de vias de comunicacion. Las existentes en pesimo estado | | Falta promocion de vivienda de interes social |
| EQUIPAMIENTO | | Deficit equipamiento | Equipamiento desigual estratos | | | | | | | Deficit Instituciones Educativas, salud |
| AMBIENTE | | | | Ubicación de vivienda en zonas | | Reuso de aguas residuales | Frecuencia, calidad, cantidad limitada del | | | Falta de gobernabilidad recursos hidrico, aire, suelo |
| SERVICIOS PUBLICOS | | | Deficiencia del servicio | Vivienda sin servicios | | | | | | Falta de gobernabilidad recursos hidrico, energia |
| INFRAESTRUCTURA/MOVILIDAD | | | Subutilizacion de la red via secundaria | | | | | | | Falta de Gobernabilidad |
| INSTITUCIONALIDAD | | | | | | Dificultad topografica | | | | No hay articulacion Gobernabilidad Institucionalidad |
| GOBERNABILIDAD | | | | | | | | | | No hay articulacion Gobernabilidad |
| CONFLICTO USO DEL SUELO | Mayor conflicto | | | Inadecuado uso del suelo | | | | Falta de vias de comunicacion. Las existentes en pesimo estado | | Ausencia de Gobernabilidad |
| CONFLICTO ARMADO | Mayor conflicto | | | Ausencia de vivienda | | | | Falta de vias de comunicacion. Las existentes en pesimo estado | Falta Institucionalidad | Ausencia de Gobernabilidad |

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2. Línea de investigación.

El presente trabajo se inscribe en el Ámbito de investigación: **Agua, salud y ambiente** en donde se describen tres líneas de investigación: **1. Gestión ambiental:** Contempla áreas temáticas como la

producción más limpia, la bioremediación, el riesgo y los desastres, las políticas públicas, los residuos sólidos, los vertimientos y emisiones, los servicios públicos, entre otras. **2. Desarrollo urbano y Rural Sostenible:** Incluye entre otras temáticas la planificación y ordenamiento del territorio, las dinámicas de poblamiento y usos del suelo, los asentamientos urbanos y rurales, la agricultura de conservación, la seguridad alimentaria, la huella hídrica, la agricultura urbana, las prácticas agrícolas y las energías alternativas. **3. Manejo integrado del recurso hídrico:** Comprende temáticas como el manejo, la conservación, la restauración de cuencas hidrográficas y humedales, la calidad del recurso hídrico, los sistemas de tratamiento y la disposición de aguas servidas, entre otras.

El tema de la presente investigación se estructura en función de avanzar en las formas, métodos y reflexiones acerca de las normatividades que controlan los vertimientos hospitalarios en Colombia, identificados como factores generadores de impactos en la salud pública e impactos ambientales negativos, con miras a establecer prioridades para una reforma en la normatividad ambiental y sanitaria y proponer alternativas de gestión ambiental con el fin de prevenir, controlar y mitigar dichos impactos.

En esta medida la delimitación puntual del tema de investigación, se enfoca al análisis crítico de la normatividad Colombiana frente a los vertimientos hospitalarios y su situación frente a la normatividad Internacional, sustentada en una revisión científica pretendemos correlacionar los impactos en la salud pública y en el ambiente.

1.2.3. La temática.

Una visión crítica de la normatividad colombiana que regula los vertimientos hospitalarios en Colombia.

- **Aproximación temática**

El tema de la presente investigación se estructura en función de avanzar en las formas, métodos y reflexiones en un análisis crítico de la normatividad colombiana que regula los vertimientos hospitalarios

e industriales y su relación con los impactos ambientales y sanitarios como un fenómeno no estudiado, que deben analizarse con miras a modificar y actualizar la normatividad Colombiana.

1.2.4. Antecedentes.

El presente documento se refiere explícitamente al problema sanitario y ambiental que plantea el manejo deficiente de los vertimientos hospitalarios. El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública; en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades y prevención de impactos ambientales relacionados.

El control de la contaminación en Colombia se remonta a 1973 cuando el Congreso de la República empieza a notar los alarmantes efectos de la contaminación en todo el país, pero especialmente en los principales ríos de sus ciudades más importantes. Un año después, surge el primer Código de los recursos naturales de Colombia (Ley 2811 de 1974), que se convirtió en la base jurídica para la administración ambiental en el país. A partir de éste se desarrolló un completo marco normativo con una serie de decretos especiales para agua, suelo, flora, minería, aire y otros (República de Colombia, 1974).

La creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en el 1993 fortaleció el marco normativo ambiental.

En 1984 se aprueba el Decreto 1594, que reglamenta el Código de los recursos naturales en lo referente a la administración de los vertimientos líquidos en Colombia. Dicho decreto fija las normas para administrar la calidad de vertimientos puntuales a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado; establece las cargas máximas permisibles por fuente, los tipos de sustancias y sus concentraciones permitidas; el ordenamiento y la reglamentación de las cuencas, entre otros. En consecuencia, el Decreto se convirtió

en el único marco de control de la contaminación por vertimientos puntuales disponible para las autoridades ambientales (República de Colombia, 1084).

El sistema impuso la construcción de plantas de tratamiento y sistemas al final del tubo, definió los parámetros y condiciones de su funcionamiento, basado en estudios de caracterización de vertimientos puntuales, y determinó las sustancias, concentraciones y cargas máximas permisibles con las cuales se debe condicionar el tratamiento de los vertidos de un establecimiento industrial. El Decreto define límites permisibles de acuerdo con la temporalidad de la existencia de la industria: aquellas que existían antes de junio de 1984 se clasificaron como existentes y se les fijó límites permisibles más amplios en relación con aquellas que se instalaron después de esa fecha, denominadas usuarios nuevos. Las fuentes existentes tenían la obligación de construir plantas de tratamiento con remoción del 50% de SST y DBO, y tenían un plazo de dos años para aumentar la remoción al 80% (República de Colombia, 1084).

Por más de 25 años y de acuerdo con este marco normativo, se dirigió el control de la contaminación hídrica en Colombia. Éste se apoyó en el respectivo régimen sancionatorio, y dependió en gran parte de otras variables como la capacidad institucional, la voluntad política, la iniciativa y creatividad de las administraciones de turno, la continuidad de las políticas y demás. Sin embargo, se obtuvieron pobres resultados en el control de las descargas contaminantes; según los datos del IDEAM, la contaminación hídrica ha aumentado en forma paralela con el crecimiento de la población y la economía durante la época de la posguerra.

En 1991 se adopta una nueva Constitución Nacional, de la cual se destacan varios elementos clave que marcan teóricamente la diferencia con la Constitución anterior: su perfil ampliamente ambientalista, la descentralización y autonomía de las autoridades ambientales y la participación ciudadana reglamentada a través de mecanismos mucho más expeditos.

En 1993, la Ley 99 disuelve el INDERENA y crea el Sistema Nacional Ambiental y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA). La Ley descentraliza el sistema y fortalece la institucionalidad y la autonomía

regional, al crear más de quince nuevas autoridades ambientales regionales y al transferirles responsabilidades y recursos más efectivos para establecer programas de control de la contaminación (República de Colombia, 1993).

Para Colombia es clara la necesidad de desarrollar políticas de control de la contaminación que sean más flexibles, menos costosas y más compatibles con las necesidades de crecimiento económico y competitividad internacional que enfrenta el país; si se pretende reducir los impactos sociales de la contaminación y obtener la calidad ambiental deseada por los asentamientos humanos, la introducción de la tasa retributiva ofrece una alternativa de atender estos retos, dado su potencial de lograr los objetivos ambientales a una fracción de los costos de cumplimiento relacionados con el esquema de comando y control.

La Superintendencia de Servicios públicos (2008-2011), denuncia la permanente la situación de Colombia, con respecto al tratamiento de aguas residuales:

En Colombia solamente se contabiliza un total de 562 Sistemas de tratamientos de aguas residuales (STARS) distribuidos en 480 municipios; es decir que del total de los municipios solo en 47% cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales, situación que se presentan porque en varios cascos urbanos existe más de un sistema de tratamiento. Aunque la existencia de un sistema en la zona urbana no implica que el total del agua residual generada se esté tratando; son pocos los casos en donde la cobertura es del 100%. La falta de seguimiento y control a los prestadores a los sistemas genera un desconocimiento de las magnitudes de los datos reales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

En los 562 sistemas existentes, 89 no se encontraban en funcionamiento (16%), estos están ubicados en 78 municipios colombianos, es decir que en Colombia solamente un 33% de los municipios realizan tratamiento de aguas residuales. También se evidencia que se encuentran sistemas de tratamiento de aguas residuales en construcción, o que nunca se pusieron en marcha por problemas técnicos o

económicos y que otros sistemas salieron de uso por el alto costo en su operación (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

El 16% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia están diseñados para realizar procesos preliminares y primarios (remueve una porción de sólidos suspendidos y de materia orgánica del agua residual, su efluente tiene alto contenido de materia orgánica y un alto DBO); el 84% de los sistemas existentes están diseñados para realizar un tratamiento secundario (remueve directamente materia orgánica y sólidos suspendidos) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

La presencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales tipo primario y Secundario, no responden a la normatividad establecida. Lo que permite identificar una falta de control y seguimiento a los procesos y a la carencia de mantenimiento en los sistemas hace que las remociones se realicen por debajo de los estándares (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

De otra parte se identifican otros problemas en el funcionamiento de los STARS presentes: ausencia de conocimiento, manuales, protocolos de operación y mantenimiento, no seguimiento en los procesos, ni medición de aforos, ni mediciones de caudales, ni se documentan los procesos técnicos y operativos, manejo empírico de los sistemas, ausencia de programa de control de vectores y manejo de lodos; no se da cumplimiento ni seguimiento a los permisos de vertimientos, planes de saneamiento, manejo de vertimientos (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

En la normatividad Colombiana los vertimientos están regulados por el Decreto 3930 de 2010, en donde determina los parámetros de interés sanitario y ambiental para vertimientos industriales y domiciliarios, pero no existe una normatividad explícita en donde determine los parámetros a vigilar y controlar de acuerdo a la naturaleza de las actividades de los hospitales, considerados éstos como una industria. Situación que debe realizarse puesto que los contaminantes generados allí presentan una caracterización cuali y cuantitativamente diferentes a los demás procesos industriales (República de Colombia, 2010).

Los hospitales consumen un volumen importante de agua al día, varía de 400 a 1200 litros/día/cama, las necesidades medias de agua de un centro hospitalario universitario estima en 750 litros / cama / día. Este consumo importante de agua genera un volumen de aguas residuales cargadas con microorganismos, metales pesados, productos, antibióticos, antisépticos, solventes, detergentes, químicos tóxicos, y los elementos radiactivos lo que se traduce en un impacto para la salud pública y generar impactos negativos para el ambiente (Paz, y otros, 2004).

Está demostrada la presencia de restos de productos farmacológicamente activos en las aguas residuales, así como su baja eliminación en los procesos de depuración convencionales. En aguas subterráneas y superficiales se han detectado estos compuestos y sus efectos acumulativos y tóxicos en peces. Además se cree que a medio o largo plazo podrían llegar a producir efectos perjudiciales sobre la fauna acuática y sobre la salud humana.

La magnitud de este impacto ha comenzado a evaluarse en los ámbitos científicos y gubernamentales. La composición cuali y cuantitativa de los vertimientos hospitalarios varía por la gran diversidad de compuestos químicos y a la naturaleza del hospital. Es importante realizar investigaciones de los riesgos que pueden producir estos contaminantes presentes en las aguas residuales sobre los ecosistemas. Entre los contaminantes ambientales se encuentran sustancias que poseen la capacidad de inducir mutaciones y cambios genéticos en los ecosistemas acuáticos con efectos genotóxico.

Ambientalmente los contaminantes químicos hospitalarios presentan una serie de características que les hace diferentes a los contaminantes químicos industriales convencionales:

- a. Son fármacos de moléculas grandes y químicamente complejas, diferentes en peso molecular, estructura, funcionalidad, forma, moléculas polares y tienen más de un grupo ionizable que depende del pH de la solución.

- b. Los antibióticos persisten en el medio ambiente por más de un año (eritromicina, ciclofosfamida, naproxeno, sulfametoxazol) por lo que pueden acumularse alcanzando niveles biológicamente activos.
- c. El medicamento llega al medio ambiente en forma metabolitos a través de la excreción sin ningún cambio y/o metabolismo.
- d. Los fármacos están diseñados para ser muy activos e interaccionar con receptores específicos en el hombre y animales, o bien para resultar tóxicos para organismos infecciosos como las bacterias, hongos, parásitos, etc.
- e. En tres tipos de peces se han encontrado alteraciones morfo fisiológicas asociado a la presencia en las aguas superficiales de medicamentos antidepresivos que son acumulados en el cerebro, el hígado y los músculos.
- f. Alteraciones en el comportamiento y fisiología de los insectos, inhibición o estimulación del crecimiento en plantas acuáticas y algas, y desarrollo de bacterias resistentes, etc.
- g. Proliferación de microorganismos resistentes a los antibióticos.

De otra parte la tendencia demográfica, estableciendo la distribución en la ciudad región (Cundinamarca-Bogotá), teniendo en cuenta los problemas y los riesgos que traería consigo la continuación de una tendencia concentrada, que según datos de la Mesa de Planificación Regional Bogotá tendrá un incremento poblacional del 2000-2020 de 3.247.386 habitantes pasando de 6.539.000 a 9.747.386 Habitantes (Tabla No. 2), con un incremento en su densidad de 8.982 a 13.469 Habitantes / Km² poniendo en riesgo la capacidad y calidad de las diversas variables (ambientales, sociales, económicas, educativas, productivas y de salud), lo que sugiere tener presente en gran medida, la capacidad y características ambientales y urbanas que deberá tener la ciudad para tal incremento.

Tabla 2. Contexto general de la tendencia poblacional en la ciudad región Cundinamarca-Bogotá

| TABLA NO. CONTEXTO GENERAL DE LA TENDENCIA POBLACIONAL EN LA CIUDAD REGION CUNDINAMARCA-BOGOTÁ | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------|---------------|---------|---------------|-----------|----------------|------------|----------------|------------|
| Conte | AREA | | POBLACION 199 | | POBLACION 200 | | POBLACION 2010 | | POBLACION 2020 | |
| | TOTAL (H | URB | TOTAL | URBANA | TOTAL | URBANA | TOTAL | URBANA | TOTAL | URBANA |
| Cuenca | 864.300 | | 1.314.571 | 879.672 | 1.478.673 | 1.020.709 | 1.318.755 | 1.318.755 | 2.133.678 | 1.620.286 |
| Bogota | 42.000 | 7.400 | 5.724.156 | | 6.539.000 | | | | 9.747.386 | |
| C/marca | | | 7.578.580 | | | 8.578.984 | | 10.646.000 | | 12.508.801 |

Fuente: (Mesa de planificación de Cundinamarca).

1.2.5. Justificación.

La Constitución Política de Colombia artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (República de Colombia, 1991).

Al Estado, le corresponde garantizar la calidad del agua para consumo humano y, en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Así mismo, regular entre otros aspectos, la clasificación de las aguas, señalar las que deben ser objeto de protección y control especial, fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento, estableciendo la calidad de las mismas y ejerciendo control sobre los vertimientos que se introduzcan en las aguas superficiales o subterráneas, interiores o marinas (República de Colombia, 1991).

En Colombia, los entes territoriales deben garantizar el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, articulando los instrumentos de políticas sectoriales de agua potable, saneamiento básico y del medio ambiente a la formulación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, que promueva la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua, teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas de los municipios y de los usuarios de los servicios públicos.

En la normatividad Nacional sobre vertimientos de aguas residuales, NO EXISTE una reglamentación y/o normalización específica para vertimientos Hospitalarios y similares; teóricamente estos sectores deben cumplir con unos parámetros que son aplicables única y exclusivamente para el sector industrial, pero se desconocen otros factores que tienen impactos negativos mayores para el ambiente y la salud pública.

- **Impacto en el Ambiente:** Prevenir controlar y mitigar los posibles impactos negativos ambientales.
- **Salud Pública:** Prevenir y controlar las posibles enfermedades relacionadas con vertimientos hospitalarios
- **Económico:** Reducción de costos para el tratamiento de aguas residuales y potabilización del recurso hídrico.
- **Equidad social:** Agua potable para todos en razón de cantidad, calidad y frecuencia.
- **Desarrollo Sostenible:** Racionalización, del recurso Hídrico para las futuras Generaciones.

El Objetivo del Milenio No. 7. “Garantizar la Sostenibilidad Ambiental”, tiene tres metas y siete indicadores, relacionados con principios, programas y políticas de desarrollo sostenible; acceso al agua potable y al saneamiento; y mejoramiento de tugurios. En la ilustración No. 2 pueden observarse las relaciones que existen entre agua, saneamiento y la pobreza. “Para los pobres, un servicio inadecuado de agua y saneamiento aumenta sus costos de subsistencia, disminuye su potencial de ingresos, afecta su

bienestar y hacen más riesgosa su vida”. La primera relación obvia de agua y saneamiento es con la salud, referida directamente en tres de los ODM: Objetivo No. 4 – Reducir la Mortalidad Infantil, Objetivo No. 5 – Mejorar la Salud Materna y Objetivo No. 6 – Combatir el VIH/SIDA, El Paludismo y otras enfermedades (Naciones Unidas, 2000).

Fundamentalmente existen dos canales a través de los cuales nos contagiamos de las enfermedades transmitidas por el agua:

Inadecuada higiene personal ilustrada en el ciclo heces – mano – boca, que se denomina ciclo corto. Para revertirlo se necesita un cambio de actitud de las personas, lo que implica un proceso largo de sensibilización y concientización.

1. Contaminación hídrica, calificada como ciclo largo, es técnicamente reversible a través de procedimientos técnicos e inversiones en infraestructura.

El agua, el saneamiento y la higiene personal, están íntimamente relacionados con las enfermedades diarreicas, las que a su vez, tienen graves repercusiones sobre la nutrición de los niños y las niñas, y por lo tanto, en su desarrollo normal. Las aguas estancadas son foco de contagio de otras enfermedades, transmitidas por los mosquitos, como el paludismo (Naciones Unidas, 2000).

La relación entre agua, saneamiento y educación (ODM No. 2 – Lograr la Educación Primaria Universal): La carencia de agua o saneamiento adecuado en los establecimientos educativos, es una causa muy importante de inasistencia o abandono escolar, especialmente de las niñas. Las necesidades de higiene y privacidad son más arraigadas en ellas, especialmente después de la pubertad. El encontrarse enfermos, muchas veces por enfermedades transmitidas por el agua, contribuye a la no asistencia a las escuelas. El no contar con agua en las viviendas, obliga a que esta sea acarreada, a veces por varios kilómetros, tarea que es encomendada regularmente a los niños y especialmente a las niñas. Este es otro factor por el que los menores ven reducido su tiempo para ir a la escuela o para jugar (Naciones Unidas, 2000).

Objetivo del Milenio No. 3 – Perspectiva de género. Promover la Igualdad entre los Sexos y la Autonomía de la Mujer) en el sector de agua y saneamiento, debe ser entendida como la necesidad de que hombres y mujeres tengan igual acceso, control y beneficios sobre los servicios agua potable y saneamiento, fundamentalmente en dos dimensiones: satisfacción de necesidades básicas (agua, higiene y saneamiento) y oportunidades para desarrollar necesidades estratégicas (influencia social y política).

Los grupos más pobres de la población son también los más vulnerables a la falta de los servicios de agua y saneamiento. Son los menos escuchados cuando se toman decisiones sobre la prestación de los servicios y generalmente están ubicados en los cinturones de miseria de las ciudades, que se localizan en áreas de alto riesgo por inundación o deslizamiento, o dispersos en zonas remotas rurales, que los excluyen del proceso de instalación de los servicios (Naciones Unidas, 2000).

Los pobres de las zonas urbanas y rurales no solamente tienen ingresos más bajos que las familias más pudientes, sino enfrentan costos más altos para suplirse de agua, por tratarse de un bien que no tiene sustituto. En las áreas rurales gastan mucho tiempo productivo en suplirse de fuentes públicas y en las urbes se ven obligados a abastecerse de distribuidores privados, generalmente a través de carro tanques, que les cobran hasta 100 veces más de lo que cobran los sistemas de acueducto. Esto significa no solamente que el agua unitariamente les cuesta más, sino también, que la proporción gastada en agua de su reducido ingreso, es mayor que la de grupos con mejores condiciones económicas.

Por lo anterior un desafío importante radica en la necesidad de realizar una revisión a las normatividades Internacionales relacionada con los vertimientos, compararla frente a la normatividades Colombiana, identificar las sustancias de interés sanitario y ambiental que puedan encontrarse en los vertimientos hospitalarios y proponer desde la evidencia científica analizada, el control, monitoreo y seguimiento a nuevos parámetros de interés ambiental y sanitario, con el fin de prevenir, controlar y mitigar los posibles impactos en la salud pública y en el ambiente (Naciones Unidas, 2000).

1.2.6. Identificación del problema.

- **Identificación del problema**

Ley 99 de 1993, exige el cumplimiento de los valores límite máximos permisibles de los parámetros definidos para los generadores que desarrollan las diferentes actividades productivas, aplicando lo contemplado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas en su Revisión 4 adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.) de enero de 2012; en dichas actividades económicas se encuentran las actividades relacionadas con la salud, las cuales generan vertimientos hospitalarios, regulados mediante los decreto 3930 de 2010, y Decreto 4728 de 2010 y clasificados dentro del grupo de vertimientos Industriales (República de Colombia, 2010). **El Decreto 3930 de 2010**, determina los parámetros de interés sanitario y ambiental para vertimientos industriales y domiciliarios, pero no existe una normatividad explícita en donde determine los parámetros a vigilar y controlar de acuerdo a la naturaleza de las actividades de los hospitales, considerados éstos como una industria. Situación que debe realizarse puesto que los contaminantes generados allí presentan una caracterización cuali y cuantitativamente diferentes a los demás procesos industriales (República de Colombia, 2010).

Los hospitales consumen un volumen importante de agua al día, varía de 400 a 1200 litros/día/cama, las necesidades medias de agua de un centro hospitalario universitario estima en 750 litros / cama / día. Este consumo importante de agua genera un volumen de aguas residuales cargadas con microorganismos, metales pesados, productos, antibióticos, antisépticos, solventes, detergentes, químicos tóxicos, y los elementos radiactivos lo que se traduce en un impacto para la salud pública y generar impactos negativos para el ambiente (Paz, y otros, 2004).

Está demostrada la presencia de restos de productos farmacológicamente activos en las aguas residuales, así como su baja eliminación en los procesos de depuración convencionales (Cortacans T, Hernández L, & et al.). En aguas subterráneas y superficiales se han detectado estos compuestos y sus efectos acumulativos y tóxicos en peces. Además, se cree que a medio o largo plazo podrían llegar a

producir efectos perjudiciales sobre la fauna acuática y sobre la salud humana (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez).

La magnitud de este impacto ha comenzado a evaluarse en los ámbitos científicos y gubernamentales. La composición cuali y cuantitativa de los vertimientos hospitalarios varía por la gran diversidad de compuestos químicos y a la naturaleza del hospital. Es importante realizar investigaciones de los riesgos que pueden producir estos contaminantes presentes en las aguas residuales sobre los ecosistemas. Entre los contaminantes ambientales se encuentran sustancias que poseen la capacidad de inducir mutaciones y cambios genéticos en los ecosistemas acuáticos con efectos genotóxicos.

En Colombia el control de la contaminación se fundamentaba bajo el concepto de comando y control, en el cual se fundamentaba en la imposición de límites permisibles y plantas de tratamiento en cada fuente de vertimiento. Después de más de treinta años de utilizar las políticas de comando y control, las aguas de Colombia estaban gravemente contaminadas y con la mayoría de las fuentes fuera de cumplimiento (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

El 95% de las aguas negras municipales, 70% y 90% de las aguas residuales industriales y agroindustriales, respectivamente, fluían a las cuencas colombianas sin tratamiento alguno. Esto llevo a que las actividades económicas rio abajo, los ecosistemas tropicales sensibles y el bienestar social sufrieran costos externos altos y crecientes, producto de la contaminación (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

El comando y control no funciono para el control ambiental de los vertimientos por:

- 1) Primero, la visión, política y administración centralizada constituían una barrera para el control efectivo de la contaminación hídrica en regiones y cuencas lejanas.

- 2) Adicionalmente, muchas firmas se negaban a cumplir con las normas impuestas por los altos costos incurridos en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales al final del tubo.
- 3) Tercero, el sistema no proporcionaba ningún incentivo para buscar opciones de mitigación en el proceso de producción, basadas en mayor productividad y tecnologías más limpias.
- 4) Las autoridades ambientales sufrían continuos recortes presupuestales, especialmente en épocas de recesión y crisis fiscal.
- 5) La comunidad local afectada por la contaminación no participaba en el proceso de protección ambiental, lo cual resultaba en escaso apoyo político a las autoridades ambientales.

Ante lo anterior, en el segundo semestre de 1997, el Ministerio de Medio Ambiente diseñó entonces la tasa retributiva por vertimientos puntuales con el objetivo principal de reducir, a un menor costo, las descargas totales de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST), hasta lograr las metas de reducción preestablecidas para cada cuenca. El objetivo secundario fue generar fuentes de ingreso complementarias para financiar inversiones y actividades relacionadas con el control de la contaminación hídrica.

Al implementar la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica, **se partió de dos casos generales de cumplimiento.** En el primero, la comunidad regulada se encontraba en cumplimiento con las normas impuestas por el sistema de regulación tradicional. Desde dicha situación, el sector regulado había invertido cuantiosas sumas de dinero en plantas de tratamiento y, por lo tanto, sus costos marginales de descontaminación eran extremadamente altos. En el segundo caso se apreciaba una comunidad regulada, pero en bajos niveles de cumplimiento: vertía mucho y pocas plantas tenían habían hecho inversiones en plantas de tratamiento. Ésta fue la situación de partida en el sector industrial en jurisdicción del DADIMA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

En el primer caso, la imposición de la tasa retributiva logró reducciones significativas incrementales a la inversión masiva existente en plantas de tratamiento. En el segundo caso logró una importante reducción en los vertimientos industriales, a diferencia de los años anteriores. En ambos casos la Tasa induce a mayor control en el margen, y logra una reducción de vertimientos cuantiosa y rápida. Como indica el siguiente gráfico, el cobro por contaminación sirve para descontaminar mucho más allá de los niveles logrados con los programas tradicionales basados en plantas de tratamiento (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

A fin de evaluar el costo de cumplimiento en las empresas reguladas, se realizaron estudios de caso que demostraron tres resultados de importancia. En primer lugar, la carga contaminante se redujo en un porcentaje mayor al límite establecido por el sistema de comando y control. Lo anterior pese a la existencia, en algunos casos, de plantas de tratamiento de aguas residuales en pleno funcionamiento en el momento de implementarse la tasa. En segundo lugar, el incentivo presentado por las tasas retributivas hizo que las empresas implementaran soluciones de producción más limpia. Tercero, al buscar mayor eficiencia en el proceso productivo, las empresas no sólo lograron reducir sus vertimientos, sino que a su vez, en algunos casos, aumentaron su productividad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

Limitaciones y dificultades en la implementación del programa de tasas retributivas

- 1. Manejo de límites permisibles y el cobro:** En Colombia cobran la tasa retributiva por toda la carga vertida, algunas solo cobran sobre la contaminación vertida dentro de los límites permisibles, aunque no se estén cumpliendo. Como medida de armonización, el Ministerio han adoptado la herramienta de los planes de cumplimiento para darle tiempo a la empresa de identificar soluciones de reducción más costo-efectivas, dándole campo a la producción más limpia, siempre que paguen la tasa por el total de sus vertidos. El no cobrar por toda la

contaminación limita el efecto incitativo de la tasa para cambiar el comportamiento de los contaminadores.

2. **Falta de permisos de vertimiento:** la reglamentación actual en Colombia exige un permiso de vertimiento a todo usuario del recurso hídrico que arroje efluentes a los cuerpos de agua. Al implementar la tasa, se descubrió que miles de fuentes en todas las jurisdicciones del país habían podido evadir la formalización y estaban funcionando sin permisos de vertimiento. La formalización y establecimiento de los permisos ha sido tarea ardua y ha demorado el cobro de la tasa en algunas zonas.
3. **Resistencia de los municipios y empresas de servicios públicos:** el mayor violador de la reglamentación de vertimientos en Colombia, como en el la mayoría de países en desarrollo, ha sido el sector municipal y sus empresas de servicios públicos. Éste fue el caso histórico para comando y control, y sigue siendo el caso para la tasa retributiva. Para un 65% de autoridades ambientales, las empresas de servicios públicos dilatan o niegan el pago de la tasa; citando otras prioridades para su presupuesto, regularmente no invierten en descontaminación ni pagan por sus vertimientos. En el 35% restante, se han establecido fondos regionales de inversión ambiental con planes de inversión donde las autoridades ambientales cofinancian la inversión en plantas de tratamiento. En aquellas regiones, donde se definieron metas conjuntas para el sector industrial y el sector doméstico, el incumplimiento y no pago por contaminación está ejerciendo una presión innecesaria sobre el sector industrial. Voceros del sector han abierto la discusión sobre la inequidad presentada al invertir en descontaminación y pagar por sus vertimientos residuales, mientras el sector más contaminador de todos se niega a pagar (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

- 4. Resistencia al manejo de las metas de vertimientos totales por cuenca:** en algunas esferas de las autoridades ambientales, donde los sectores productivos son muy fuertes, se negociaron metas de descontaminación que tenían en cuenta principalmente el esfuerzo individual que cada sector podía realizar y no el esfuerzo general que podía efectuarse en la cuenca. En este caso, los sectores que reducen sus vertimientos presentan resistencia cuando el factor regional se ajusta; dicen que la meta de la cuenca no se alcanzó porque el sector municipal no ha empezado a descontaminar. Por un lado, esto responde a un índice tan bajo de tasa mínima al inicio; la tasa debe subir a niveles significativos antes de que todas las empresas sienten la presión a descontaminar. Se requiere un mayor índice de tasa para causar cambios de comportamiento en forma general, pero las empresas buscan que la tasa se ajuste por encima de la tasa mínima. Por otro, muchas empresas no entienden todavía la importancia económica de que todas las fuentes de la cuenca paguen el mismo nivel de tasa por Kg., lo cual es la única forma de igualar de los costos marginales de reducción de vertimientos y minimizar el costo total de cumplimiento en la cuenca (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).
- 5. Cambio de paradigma e ineficiencias de algunas autoridades ambientales:** otras limitaciones para implementar el sistema de cargos en Colombia están relacionados al cambio de paradigma que representa el sistema de tasas. Después de haber obrado por décadas bajo otro sistema, basado en la imposición de plantas de tratamiento, la adaptación a un sistema basado en cobros por contaminación ha sido institucionalmente difícil para algunas autoridades. Otros problemas están relacionados directamente con la ineficiencia en la administración y gestión en algunas autoridades ambientales. Sin embargo, la tasa ha generado suficiente interés en la comunidad para que las autoridades mejoren las condiciones del grupo profesional, los sistemas de información y manejo de datos, así como los procedimientos relacionados con el control y vigilancia del recurso

hídrico (Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2001).

- **Elementos del problema**

Los elementos del problema son parte fundamental en el proceso de comprensión y argumentación del problema, y como prioridad dentro del estudio; el siguiente esquema expone de forma sencilla la relación entre los elementos del problema desde su causa, hasta su efecto. Gestión Integral ambiental de vertimientos, Parámetros de interés en salud pública, parámetros de interés ambiental. Contaminación ambiental, Salud Pública, Vertimientos Hospitalarios, Vertimientos Industriales, Genotoxicidad.

- **Formulación del problema**

Cuál es la normatividad existente a nivel mundial y en Colombia en relación con los vertimientos Hospitalarios.

¿Con qué criterio técnico y científico la normatividad Colombiana considera que los vertimientos hospitalarios se asemejan a los vertimientos industriales?

¿En qué medida la normatividad ambiental vigente en Colombia que regula los vertimientos Industriales, nos permite acercarnos a controlar, prevenir y mitigar los impactos ambientales y sanitarios generados por los vertimientos hospitalarios?

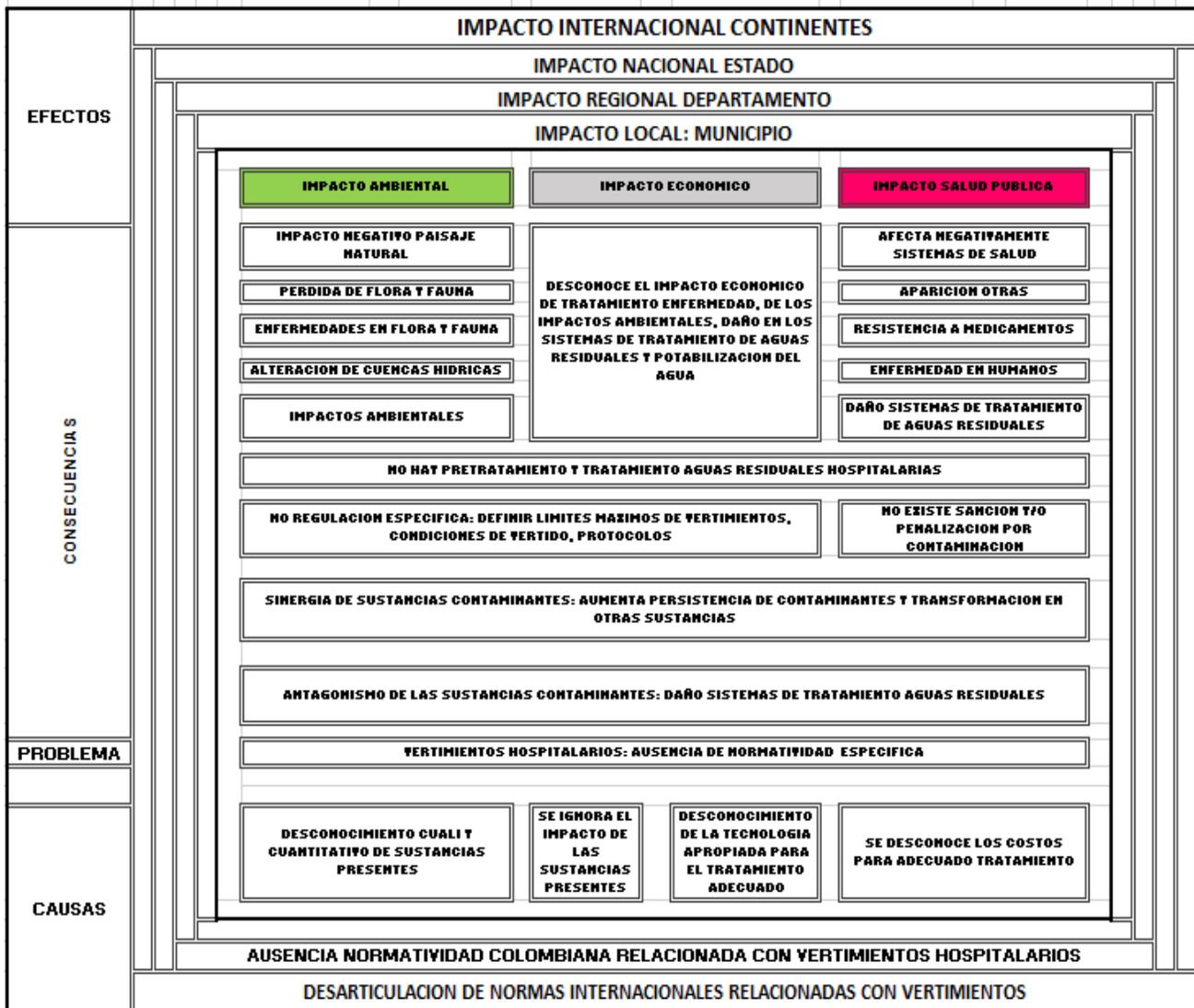
Qué estudios técnicos y científicos se han realizado en Colombia y en mundo para determinar las características físicas y químicas de los vertimientos Industriales.

¿La normatividad internacional (América Europa y Oceanía) define normas de regulación específica para los vertimientos hospitalarios y en qué criterios técnicos y científicos lo sustenta?

¿Qué características cuali y cuantitativas comunes presentan los vertimientos hospitalarios en relación con los vertimientos Industriales?

¿Cuáles son los impactos en la salud pública y ambiental de estos vertimientos?

Figura 4. Relación entre los elementos del problema



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento del ser humano en desarrollo de sus actividades comerciales industriales o sanitarias producen vertimientos en los que se descargan innumerables sustancias químicas y medicamentos que se conjugan entre si y generan sustancias de una complejidad mayor, los cuales se acumulan en los tejidos de los organismos y alteran sus mecanismos bioquímicos y fisiológicos (Genotoxicidad), malformaciones (teratogenicidad), resistencia a los antibióticos y letalidad.

1.2.7. *Objetivos de la investigación.*

- **Objetivo General**

Realizar una revisión de la normatividad vigente Colombiana que regula la gestión de los vertimientos hospitalarios con el fin de evaluar las normas que regulan los vertimientos hospitalarios y determinar su impacto en la salud pública y ambiental.

- **Objetivos Específicos**

- ✓ Comparar la normatividad Colombiana con la normatividad de siete países suramericanos, siete países de Europa, Asia y Oceanía, y tres países de Centro y Norte América.
- ✓ Revisar los parámetros ambientales en la normatividad vigente sobre vertimientos en Colombia.
- ✓ Revisar los parámetros de salud Pública en la normatividad vigente Colombiana sobre vertimientos.
- ✓ Analizar las evidencias científicas encontradas en relación con vertimientos hospitalarios y su impacto ambiental y sanitario.
- ✓ Hacer un análisis crítico desde la Salud pública de la normatividad Colombia que regula los vertimientos hospitalarios.
- ✓ Proponer técnicas modernas de investigación para determinar la caracterización de parámetros ambientales y sanitarios en aguas residuales.

1.2.8. *Herramientas utilizadas.*

Comparación de la normatividad. Para efectos del estudio se realiza la identificación de la normatividad Internacional y colombiana relacionada con los vertimientos Industriales en donde determinaremos los parámetros de interés ambiental y sanitario que se evalúan, así como los límites

permitidos a verter en las fuentes de agua y alcantarillado, para su análisis se recurre a diferentes matrices de análisis; de otra parte, a través de estas matrices se hará un análisis comparativo de las normas Nacionales e Internacionales. Utilizaremos los resultados de caracterización de aguas residuales hospitalarias de primer, segundo y tercer nivel de atención en la ciudad de Bogotá. Las diferentes revisiones científicas relacionadas con estudios de genotoxicidad y estudios de impacto ambiental y sanitario.

Para el análisis de la información se recurre al Excel a través de las tablas dinámicas.

Búsqueda y análisis de evidencia científica: A través de artículos científicos publicados estableceremos posibles relaciones de los vertimientos hospitalarios con impactos ambientales y de salud pública.

Análisis de cumplimiento de la norma que regula los vertimientos en Bogotá, D.C. Mediante el análisis de los expedientes de apertura de procesos por incumplimiento de la norma de la Secretaria Distrital del Medio Ambiente y la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (Decreto 1575 de 2007) en Bogotá se identificara: Motivo de apertura de proceso sancionatorio, cuales es el nivel de cumplimiento frente a los parámetros máximos permitidos; existencia de sistemas de pre tratamiento de aguas residuales; reporte periódico de caracterizaciones de aguas residuales.

1.2.9. Estructura metodológica del análisis.

La estructura metodológica permite comprender tanto el desarrollo del análisis, como la relación entre sus componentes, en esta medida se presenta en dos etapas el análisis espacial:

1. **Etapa: El marco espacial determinación del área de estudio** el cual contiene los contextos; regional Cundinamarca-Bogotá, teniendo en cuenta para su análisis, las descargas de los vertimientos hospitalarios de primer, segundo y tercer nivel de atención localizados en Bogotá,

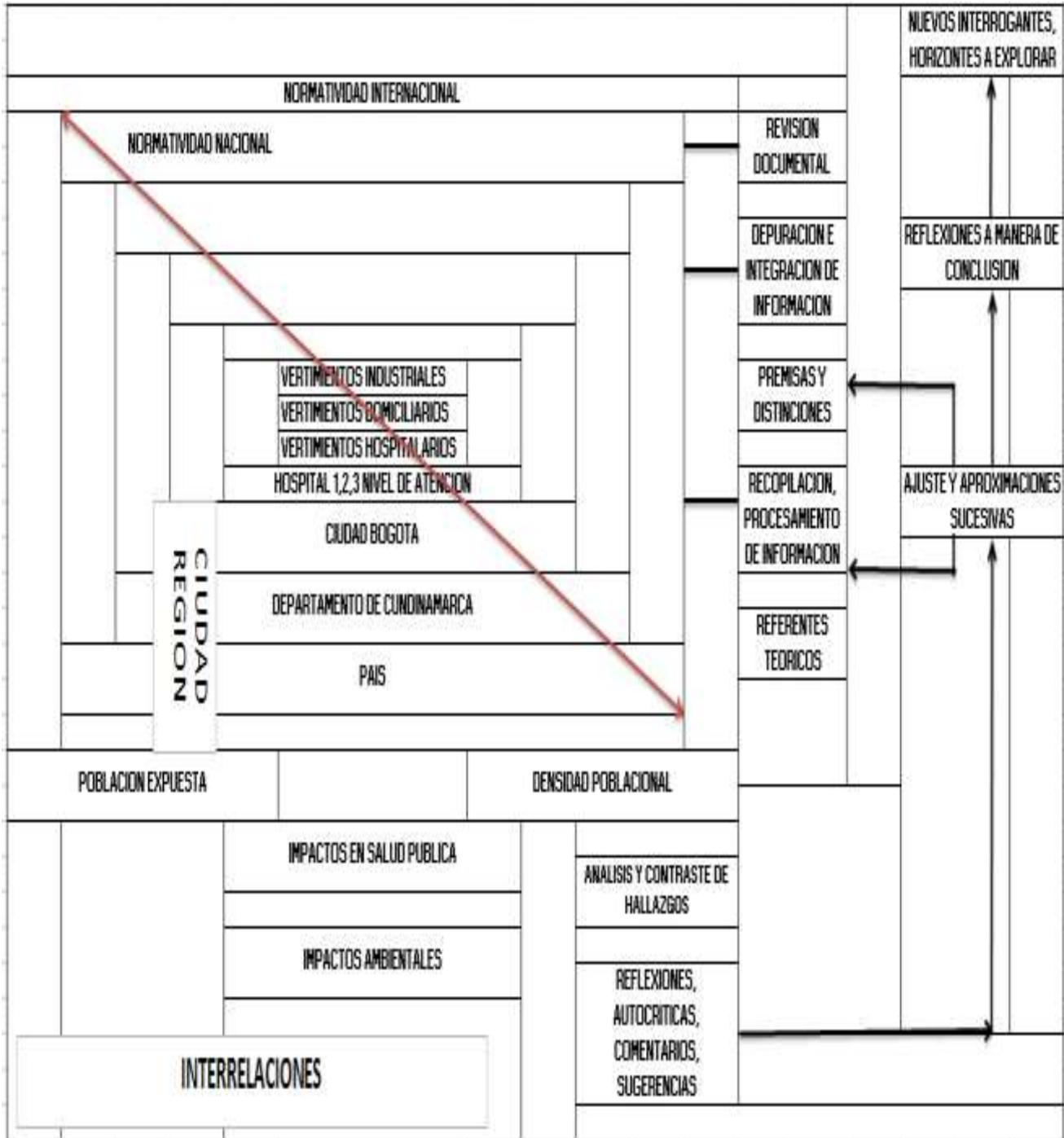
lo que permite establecer la carga contaminante en los diferentes efluentes receptores (Río Bogotá).

2. **Etapa: Elementos de análisis espacial en el área de estudio:** Teniendo identificada el área de estudio se inicia el desarrollo del análisis en el que se tiene en cuenta la revisión normativa que rige la descarga de vertimientos hospitalarios en el País, la región de estudio (Cundinamarca y Bogotá) de acuerdo a los límites permitidos por la

3. **Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y la Secretaria Distrital de Salud.**

La normatividad colombiana se comparara frente a la normatividad Internacional con el fin de determinar los puntos en común y divergencia y así mismo identificar las debilidades de las normas colombianas. Mediante una revisión sistemática de las evidencias científicas fundamentaremos y confrontaremos la información obtenida anteriormente, con el propósito de proponer ajustes, modificaciones y actualización de la norma.

Figura 5. Estructura metodológica del análisis espacial y sus elementos



Fuente: Elaboración propia.

Componente de identificación

1. Elementos de análisis

Como parte principal del componente de identificación se encuentran los elementos de análisis que permitirán dar los resultados respectivos básicos en la sustentación de la investigación, los cuales son primordiales para enfocar la formulación y el planteamiento del problema.

1.1. Marco de referencia

El marco de referencia se divide en marco de aproximaciones conceptuales, Marco teórico o conceptual y marco espacial.

1.1.1. Marco de aproximaciones conceptuales.

Contiene conceptos con los cuales se identifican e involucra el desarrollo de la investigación, teniendo previo apoyo en mirada de expertos, siendo útiles e importantes en la contextualización general y pertinentes en el ámbito de la presente investigación.

1.1.2. Marco teórico o conceptual.

Contiene la posición de diversas investigaciones con relación al tema de investigación, exponiendo su aplicación al presente trabajo.

1.1.3. Marco espacial.

En el que se exponen los elementos físicos y sociales involucrados en el análisis espacial, direccionando desde el contexto regional hasta la delimitación del área de estudio.

1.1.4. Marco legal o normativo.

Permite realizar una recopilación de las normas legales relacionadas con el tema principal de la investigación (leyes, decretos y resoluciones). En general cuando se hace una recopilación de este marco debe ser en orden cronológico y al incluir la norma colocar su título, su objetivo y que organismo lo expide.

1.2. Marco de aproximaciones conceptuales

En el presente trabajo se describen las aproximaciones conceptuales con los que se identifica y apoya la formulación de investigación.

1.2.1. Vertimientos Hospitalarios (aguas residuales hospitalarias).

Es la combinación de los residuos líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes tanto de actividades administrativas como de origen de las diversas actividades intrahospitalarias (tratamiento, consulta, cirugía, análisis de laboratorio y farmacología).

Las características especiales identificadas en las aguas hospitalarias radican en la alta concentraciones de fármacos, medicamentos.

Genotoxicidad: es la capacidad relativa de un agente de ocasionar daño en el material genético, originando efectos biológicos adversos. El daño inducido en el “material genético” incluye no sólo al ADN, sino también a todos aquellos componentes celulares que se encuentran relacionados con la

funcionalidad y comportamiento de los cromosomas dentro de la célula. Ejemplos de esto último son las proteínas que intervienen en la reparación, condensación y des condensación del ADN en los cromosomas, u otras estructuras como el huso mitótico, responsable de la distribución de los cromosomas durante la división celular (Repetto & Repetto K, 2009).

Los agentes capaces de ocasionar toxicidad genética son llamados genotóxicos o xenobióticos y se clasifican en tres categorías de acuerdo a su origen: **químicos, físicos y biológicos**. La primera categoría está constituida por los compuestos químicos, la segunda incluye las radiaciones en todo su espectro y la última algunos parásitos, bacterias, hongos, vegetales o incluso virus (aunque estos últimos no son considerados seres vivos, por lo que muchas veces aparecen clasificados en una categoría aparte). La acción o capacidad de inducir daño de estos xenobióticos está influida por la dosis recibida y el tiempo o vía de exposición, junto a la constitución genética del individuo que puede definir una susceptibilidad propia o particular.

A su vez, los xenobióticos también pueden clasificarse de acuerdo a su modo de acción o efectos en mutágenos, carcinógenos o teratógenos, dando lugar a tres tipos de procesos: **mutagénesis, carcinogénesis y teratogénesis**. La mutagénesis abarca los distintos tipos de alteraciones genéticas. Dichas alteraciones (mutaciones) pueden producirse a nivel de una unidad mínima de información (como por ejemplo un gen) o a nivel de unidades mayores como grupos estructurales (cromosomas) correspondiendo a lo que se denomina micromutación o macro mutación respectivamente. En el caso de las macromutaciones, se definen como agentes clastógenos a aquellos capaces de inducir rupturas cromosómicas y agentes aneunógenos, a aquellos que producen la pérdida de cromosomas enteros o grupos de cromosomas. Las mutaciones pueden producirse sobre las células somáticas y/o germinales, siendo en este último caso heredable si son transmitidas a la progenie. La carcinogénesis es un proceso que involucra cambios (transformación celular) de tipo irreversible, a través de una serie de estadios (iniciación, promoción y progresión). Se ha observado que la mayoría de los carcinomas están asociados

entre un 90-95% de los casos a agentes químicos, entre un 1-5% a agentes físicos (radiaciones) y entre un 1-2% a agentes de tipo biológico o virus. Por otra parte, la teratogénesis, implica el daño inducido sobre el organismo en desarrollo, es decir, en alguno de los distintos períodos de gestación o a lo largo de la misma como proceso (Repetto & Repetto K, 2009).

Dentro de los genotóxicos de origen químico encontramos una amplia gama de compuestos con efectos múltiples. Es de conocimiento público el incidente de la Talidomida en los años 60, una droga suministrada como sedante e indicada para estados nauseosos. Debido a esta segunda propiedad fue ingerida por mujeres que atravesaban el primer trimestre del embarazo, acarreando consecuencias fatales. Este compuesto, del cual se desconocía su efecto teratogénico, indujo malformaciones fetales, produciendo el nacimiento de niños con ausencia de miembros o que presentaban afecciones neurológicas. Encontramos también numerosos contaminantes ambientales en esta categoría: metales pesados, hidrocarburos aromáticos y pesticidas representan un breve ejemplo de ello. La exposición ocupacional también constituye un factor determinante en el desarrollo de patologías neoplásicas. Se ha mostrado que la inhalación de partículas de asbestos desencadena en el desarrollo de cáncer de pulmón., así como otros xenobióticos químicos que son introducidos por lo que se conoce como “estilos de vida”, dentro de los que podemos encontrar el hábito de fumar o el alcoholismo (Repetto & Repetto K, 2009).

1.2.2. Impactos ambientales.

El **impacto ambiental** es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en términos simples el **impacto ambiental** es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. Tipos de impacto ambiental (Conesa F, 2006). Existen diversos tipos de **impactos ambientales**, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo a su origen:

- **Impacto ambiental provocado por el aprovechamiento de recursos naturales** ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.
- **Impacto ambiental provocado por la contaminación.** Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- **Impacto ambiental provocado por la ocupación del territorio.** Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como tala rasa, compactación del suelo y otras. Asimismo, existen diversas clasificaciones de impactos ambientales de acuerdo a sus atributos:
- **Impacto Ambiental Positivo o Negativo:** El impacto ambiental se mide en términos del efecto resultante en el ambiente.
- **Impacto Ambiental Directo o Indirecto:** Si el impacto ambiental es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.
- **Impacto Ambiental Acumulativo:** Si el impacto ambiental es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- **Impacto Ambiental Sinérgico:** Si el impacto ambiental se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
- **Impacto Ambiental Residual:** Si el impacto ambiental persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
- **Impacto Ambiental Temporal o Permanente:** El impacto ambiental es por un período determinado o es definitivo.
- **Impacto Ambiental Reversible o Irreversible:** Impacto ambiental que depende de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.

- **Impacto Ambiental** Continuo o Periódico: Impacto ambiental que depende del período en que se manifieste.

1.2.3. Impactos en salud pública.

Enfermedades generadas por el recurso Hídrico: Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contiene microorganismos patogénicos. El estudio de la relación agua/ salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia. Sin embargo, la visión general de las enfermedades transmitidas por el agua es complicada por un gran número de razones.

Existe información disponible para ciertas aguas, saneamiento y enfermedades relacionadas con la higiene (incluyendo salmonelosis, cólera, shigelosis), pero otras como la malaria, esquistosomiasis u otras infecciones más recientes como legionelosis necesitan de un mayor análisis e investigación. El problema que acarrear muchos grupos de enfermedades en algunas ocasiones se puede atribuir al agua. El agua es un importante trasmisor de enfermedades, sin embargo es difícil determinar la importancia relativa de componentes acuáticos en ecosistemas locales. Este punto, reúne parte de recientes planteamientos consultados en materia de exploración en el tema y problema de esta investigación, presentándolos a continuación como marco de referencia que enmarca y permite establecer el panorama sobre el cual se están interviniendo y/o regulando los vertimientos en Colombia, identificando en cada uno, la aplicación en relación al presente trabajo.

1.2.4. Enfermedades en el agua.

Los agentes de las enfermedades transmitidas por el agua son biológicos más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Estos patógenos son microorganismos que se transmiten por

la materia fecal de individuos o animales infectados, y se adquieren al ingerirlos en el agua o en los alimentos contaminados.

Estos patógenos pueden ser bacterias, virus, protozoos y en ocasiones helmintos, mejor conocidos como lombrices.

Debido a que el agua se ingiere en grandes cantidades, aunque contenga un número pequeño de organismos nocivos, puede ser infecciosa.

Bacterias:

- *Shigellae dysenteriae*, causa la disentería o diarrea sangrante.
- *Salmonella typhi*, causa la fiebre tifoidea.
- *Salmonella spp.*, agente de salmonelosis, más frecuente que la fiebre tifoidea, pero menos grave.
- Los patógenos *Escherichia coli* o *E. coli*, son los causantes de diversas enfermedades gastrointestinales, principalmente la diarrea.
- *Vibrio cholerae*, provoca diarrea y deshidratación.

Virus: Entre ellos se encuentran los virus de la hepatitis A y E, cuyos síntomas clínicos son diarrea, vómito, debilidad muscular, pérdida del apetito y algunos síntomas parecidos a la gripe como dolor de cabeza y fiebre. El síntoma más llamativo de esta enfermedad es el cambio que se produce en el tono de la piel hacia uno amarillo. Otros virus son los enterovirus, los astrovirus y los rotavirus, siendo estos últimos la principal causa de la gastroenteritis infantil.

Protozoos: El parásito *Giardia lamblia*, que ocasiona la giardiasis, es una forma de gastroenteritis que puede no presentar síntomas, y el parásito *Cryptosporidium*, agente de la cryptosporidiosis, es más grave pues ocasiona fuertes diarreas. Otros parásitos son: *Entamoeba histolytica* o amebiasis, *Cyclospora cayentanensis*, *Balantidium coli* y *Dracunculus medinensis*.

Helmintos: Estos parásitos pasan parte de su ciclo biológico en el agua y toman forma de gusanos o lombrices, se valen de otros animales para prosperar infectan al hombre al penetrar en la piel o al ser

ingeridos. Algunas enfermedades que ocasionan son la ascariasis, paraginimiasis, dracunculosis, clonorquiasis y esquistosomiasis, de los cuales sólo los primeros dos se propagan en América Latina.

1.2.5. Enfermedades causadas por intermediarios.

Millones de personas sufren de enfermedades transmitidas por insectos u otros animales que actúan como intermediarios de infecciones, como mosquitos o moscas. A estos intermediarios se les llama vectores y pueden infectar al hombre con paludismo, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. La enfermedad que más casos ocasiona es el paludismo, con hasta 500 millones de casos y 2 millones de defunciones por año.

1.2.6. Principales enfermedades y su impacto en el mundo.

Las enfermedades diarreicas, incluyendo la disentería amebiana y bacilar, se extienden por todo el mundo, ocasionando 4 mil millones de casos al año y de 3 a 4 millones de muertes.

El cólera se presenta principalmente en Sudamérica, África y Asia, ocasionando 384 mil casos por año y 20 mil muertes.

La hepatitis A se propaga por todo el mundo con 600 mil casos por año y hasta 12 mil muertes por año.

La fiebre paratifoidea y tifoidea se propaga principalmente en Asia, así como en América Latina y África. Suma 16 millones de casos y 600 mil muertes del año.

La Poliomielitis es un virus con mayor incidencia en India, Cercano Oriente, Asia y África. Ocasiona 82 mil casos al año y 9 mil muertes.

1.3. Plan Nacional de Salud Pública 2012-2020

El Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021, es producto del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 y busca la reducción de la inequidad en salud planteando los siguientes objetivos: garantizar el goce efectivo del derecho a la salud para todos, mejorar las condiciones de vida que modifican la situación de salud y disminuyen la carga de enfermedad existente manteniendo cero tolerancia frente a la mortalidad, la morbilidad y la discapacidad evitables. Uno de los mayores desafíos del Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021, es afianzar el concepto de salud como el resultado de la interacción armónica de las condiciones biológicas, mentales, sociales y culturales del individuo, así como con su entorno y con la sociedad, a fin de poder acceder a un mejor nivel de bienestar como condición esencial para la vida (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Como la salud pública es un compromiso de la sociedad con su ideal de salud, el Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021 es un pacto social y un mandato ciudadano que define la actuación articulada entre actores y sectores públicos, privados y comunitarios para crear condiciones que garanticen el bienestar integral y la calidad de vida en Colombia. El Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021, es la carta de navegación que plantea la línea de trabajo para dar respuesta a los desafíos actuales en salud pública y consolidar, en el marco del sistema de protección social, las capacidades técnicas en los ámbitos nacional y territorial para la planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de las intervenciones, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ONU, 2000); así mismo, plantea estrategias de intervención colectiva e individual, que involucran tanto al sector salud como a otros sectores, dentro y fuera de los servicios de salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El Plan Decenal de Salud Pública, PDSP, 2012 – 2021, es indicativo y contiene los principios rectores de política y las acciones fundamentales de intervención del entorno, de los comportamientos, de los

servicios de salud y de la participación social; los gobiernos departamentales, distritales y locales deben adaptarlo a su propia problemática y gestionarlo para su ejecución (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Con el fin de mejorar la calidad de vida de la población y los indicadores de salud en el marco de los determinantes sociales, el PDSP incluye políticas internacionales, compromisos y convenios suscritos por el país, tanto con los países fronterizos, como en el ámbito internacional, entre los que tiene primordial relevancia el de los Objetivos de Desarrollo del Milenio – ODM (ONU, 2000); la Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo (1994); el protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Naciones Unidas, 1992); el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos (Colombia, Ley 253, 1996); el Reglamento Sanitario Internacional A/58/55 23 de mayo de 2005, entre otros (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

1.3.1. Objetivos estratégicos. 6.3 Cero tolerancias con la morbilidad, la mortalidad y la discapacidad evitables.

La equidad sanitaria se refiere a la ausencia de diferencias en el acceso, uso y calidad en la atención de los servicios de salud poblacional (equidad horizontal), y a la presencia de servicios diferenciales mediante la adaptación inteligente del acceso, uso y estándares de los servicios, en función de las desigualdades de las personas y de los colectivos con desventaja social en salud (equidad vertical). En los dos casos, la percepción de los usuarios y la evaluación de resultados en salud son fundamentales para validar la igualdad en ambas direcciones de la equidad sanitaria (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

De acuerdo con los anteriores lineamientos, el PDSP imparte las políticas para que todos los actores corresponsables del sistema de salud garanticen efectiva y equitativamente servicios con todos los

componentes que definen la calidad de la atención, incorporando el enfoque de riesgo en todos sus procesos de atención, para lograr este objetivo del PDSP (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

1.3.2. Dimensiones prioritarias.

Salud Ambiental Definición Conjunto de políticas, planificado y desarrollado de manera intersectorial, con la participación de los diferentes actores sociales, que buscan materializar el derecho a un ambiente sano, que favorezca y promueva la calidad de vida y salud de la población de presentes y futuras generaciones, a través de la transformación positiva de los determinantes sociales, sanitarios, laborales, ocupacionales y ambientales (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Objetivos de la dimensión a) Promover la salud de las poblaciones que, por sus condiciones sociales, son vulnerables a procesos ambientales, mediante la modificación positiva de los determinantes sociales, sanitarios y ambientales, fortaleciendo la gestión intersectorial, la participación comunitaria y social en el nivel local, regional, nacional e internacional. b) Promover el Desarrollo Sostenible a través de tecnologías y modelos de producción limpia y consumo responsable. c) Priorizar la respuesta a las necesidades de poblaciones vulnerables, con enfoque diferencial. d) Contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población colombiana mediante la prevención, vigilancia y control sanitario de los riesgos ambientales, que puedan afectar negativamente el estado de bienestar y salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Componentes Hábitat saludable, Situaciones en salud relacionadas con condiciones ambientales, Protección de la salud en los trabajadores (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Hábitat Saludable Definición: Conjunto de políticas públicas, estrategias y acciones intersectoriales e interdisciplinarias, encaminadas a mejorar la calidad de vida y salud de la población, afectando positivamente los determinantes ambientales y sanitarios de la salud, en los entornos donde las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El mejoramiento de la calidad de vida y salud de la población requiere que se actúe sobre los determinantes sociales de la salud, a través de procesos participativos organizados alrededor de entornos específicos; razón por la cual la ejecución operativa de este componente se realizará a través de:

Vivienda Saludable: Una vivienda saludable “alude a un espacio de residencia caracterizado por un conjunto de condiciones que influyen de manera favorable en los procesos de restauración, protección y promoción de la salud e incentiva la actividad creadora y el aprendizaje de sus moradores.” “Este espacio incluye: la casa (el refugio físico donde residen individuos), el hogar (el grupo de individuos que viven bajo un mismo techo), el peri-domicilio (el ambiente físico y psicosocial inmediatamente exterior a la casa) y la comunidad (el grupo de individuos identificados como vecinos por los residentes)”. De igual manera comprende los lugares de residencia de población con condiciones diferenciales, como la población privada de la libertad, la fuerza pública residente en Batallones, y personas de tercera edad residentes en hogares de protección, entre otros (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Procesos productivos sostenibles: Corresponde a la base del desarrollo sostenible, que busca la promoción de técnicas de producción limpia que protejan los recursos vivos, el suelo, el aire o el agua, en todos los sectores de la economía; incluyendo la explotación pecuaria, agrícola, energética, minera, extracción de materiales para la construcción, manufactura, servicios, transporte, turismo y cuidado de los bosques. Se reconoce que los procesos productivos sostenibles se apoyan en la innovación tecnológica, en el auto control de los gremios de la producción, en los incentivos generados por el Estado y en la vigilancia y gestión de la sociedad civil (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Ecosistemas estratégicos saludables: La mayor parte del territorio nacional ha sido sometida a usos no sostenibles, que han dado como resultado una disminución de la capacidad productiva de los ecosistemas por destrucción de biodiversidad, erosión, sedimentación, contaminación de suelos y aguas y afectación del balance hídrico de las cuencas, entre otras razones. En conjunto estos procesos han tenido un impacto importante en la salud pública de los territorios; por lo que requiere una respuesta

intersectorial, mediante políticas y acciones dirigidas a prevenir el deterioro de los ecosistemas de mayor valor por sus bienes y servicios ecológicos indispensables para el desarrollo nacional, regional y local; y proteger la biodiversidad y la diversidad cultural. De manera específica se incluyen en estos ecosistemas a: bosques, páramos, cuencas hídricas, humedales, manglares, mares (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Objetivos del componente: a) Reducir las brechas en acceso y calidad al agua potable, coberturas de acueducto, alcantarillado y manejo de residuos sólidos y líquidos; b) Intervenir los determinantes sanitarios y ambientales que afectan la salud, con enfoque diferencial, priorizando la calidad del agua para consumo humano, uso terapéutico y recreacional y el riesgo generado por residuos sólidos y líquidos; e) Intervenir los determinantes sanitarios y ambientales relacionados con las sustancias y residuos químicos peligrosos, nanotecnologías y dispositivos médicos de uso estético y cosmético; f) Promover la responsabilidad Social Empresarial en la adopción de Sistemas de Producción Limpia, promoción de la salud de los trabajadores y la prevención de los riesgos del trabajo; g) Promover la formulación e implementación de políticas intersectoriales orientadas a la protección y recuperación de entornos y ecosistemas estratégicos altamente vulnerables como páramos y glaciares de alta montaña, humedales, bosques, manglares, mares, océanos y cuencas hidrográficas, entre otros; h) Fortalecer la gestión intersectorial para el cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales relacionados con agendas, acuerdos y convenios (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Metas: a) Disminuir la proporción de viviendas inadecuadas (NBI) en zonas rurales y urbanas. (En coordinación con Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; Departamento para la Prosperidad Social; Gobiernos departamentales, distritales y municipales); b) Aumentar al 75% la proporción de municipios que consumen agua sin riesgo. (En coordinación con Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

Superintendencia de Servicios Públicos; Instituto Colombiano Agropecuario Instituto Nacional de Salud; entidades territoriales, gobiernos departamentales, distritales y municipales y SENA) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

1.3.3. Estrategias.

Gestión Integrada del Recurso Hídrico, residuos líquidos y sólidos: gestión intersectorial y participación comunitaria, orientada a la protección de cuencas, y el uso racional doméstico e industrial del recurso agua. Minimización de la generación de residuos en las viviendas, empresas y espacios comunitarios, y maximización del aprovechamiento de los residuos que puedan ser reincorporados a las cadenas de producción, a tratar apropiadamente los residuos antes de su disposición final y a disponer en forma técnica y segura los residuos no aprovechables, en especial los que representan riesgos especiales para la salud pública y de los ecosistemas. Se articula con las estrategias de Producción Limpia, educación en Salud Ambiental y Vigilancia Sanitaria. Desarrollo de los compromisos relativos al derecho humano al agua potable y el saneamiento. Al igual que el compromiso con el Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida”, 2005-2015 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Producción Limpia: orientado a fortalecer la responsabilidad social empresarial, la intersectorialidad y la participación social, mediante la sustitución de procesos, adopción gradual de tecnologías más limpias según disponibilidad, accesibilidad y factibilidad económica, ambiental y técnica, en procesos industriales, de extracción, de minería, agrícolas, pecuarios, biotecnológicos, entre otros (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Promoción de tecnologías alternativas orientadas hacia la potabilización y sistemas de suministro de agua para consumo humano, manejo y disposición de residuos sólidos y excretos, para la preservación de los recursos naturales y control de la degradación ambiental (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

2. Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico

Es el proceso cuyo objetivo es promover el manejo y desarrollo coordinado del agua en interacción con los demás recursos naturales, maximizando el bienestar social y económico resultante, de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (Global Water Partnership, 2009).

Este concepto exige considerar el agua en todos sus estados dentro de su ciclo natural y la interdependencia de las aguas superficiales, subterráneas y marinas. Se materializa en la cuenca hidrográfica como unidad espacial de análisis en donde el agua interactúa con los demás recursos naturales renovables (Global Water Partnership, 2009).

Para una ordenación coherente de las cuencas hidrográficas, se ha estructurado un modelo espacial que comprende las siguientes escalas:

1. Cuencas objeto de planificación estratégica: Corresponden a las cinco grandes áreas hidrográficas del país: Magdalena - Cauca, Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacífico.
2. Cuencas objeto de instrumentación y monitoreo a nivel nacional: Corresponde a las 41 zonas hidrográficas definidas por el IDEAM.
3. Cuencas objeto de ordenación y manejo: Corresponde a las cuencas de nivel igual o subsiguiente al de las sub-zonas hidrográficas, en las cuales se formularán e implementarán, de manera priorizada, los planes de manejo y ordenación de cuencas (Pomca).
4. Cuencas y acuíferos objeto de plan de manejo ambiental: Corresponde a las cuencas de orden inferior a las que son objeto de Pomca, así como a los acuíferos prioritarios que serán objeto de planes de manejo específicos.

En materia de planeación, se declararán en ordenación las cuencas que tengan condiciones ecológicas, económicas y sociales para ello (priorización) y se iniciarán los trabajos para la formulación del Pomca. En caso contrario, se priorizará el ecosistema clave para el recurso hídrico que requiera de plan de manejo. En relación con la administración del agua, se debe partir de la ordenación del recurso para determinar sus usos e identificar los conflictos existentes o potenciales, en cuyo caso se debe optar por reglamentar la corriente hídrica distribuyendo y asignando el caudal disponible y permitiendo los vertimientos correspondientes; en caso contrario, se continuará administrando a través de concesiones de agua y permisos de vertimientos individuales (Global Water Partnership, 2009).

La Política fundamenta sus acciones en seis objetivos claves para la GIRH: 1. Oferta; 2. Demanda; 3. Calidad; 4. Riesgos sobre la oferta; 5. Fortalecimiento institucional y; 6. Gobernabilidad. Las líneas de acción a desarrollar en cada uno de ellos, deberán priorizarse en atención a la severidad e importancia regional de los problemas y conflictos del agua, y de los recursos disponibles para su gestión; estas líneas tienen metas e indicadores medibles y verificables que permitirán ajustarlas para cumplir los objetivos de la Política para la GIRH en el marco de un proceso de mejoramiento continuo (Ministerio del Medio Ambiente, 2010).

La GIRH exige la implementación coordinada de los instrumentos requeridos para su planeación, administración, control y seguimiento; a través de los cuales interactúan los actores clave (usuarios, autoridades ambientales y entes territoriales) que deben garantizar la gobernabilidad de la cuenca (Ministerio del Medio Ambiente, 2010).

Objetivo General: Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante la gestión y el uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente (Ministerio del Medio Ambiente, 2010).

Objetivo 3. Calidad: Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.

3. Perfil epidemiológico de Bogotá

Para Bogotá en el año 2009 se determinó una población urbana de 6.840.116 habitantes, de los cuales el 48% son hombres y el 52% son mujeres. La tasa promedio de crecimiento es de 1.49%. La esperanza de vida al nacer, Bogotá presenta un aumento nacional que se ubica en 75,36 años. Para las mujeres es de 78.31 y para los hombres 72.56 (Secretaria Distrital de Salud, 2008). No obstante el crecimiento es diferente en las diferentes localidades del Distrito como se observa en la tabla siguiente:

Figura 6. Tendencias de crecimiento porcentual de la población residente en Bogotá, discriminada por localidad 2000-2015

| Localidad | 2000 | 2015 | Diferencia porcentual (%) |
|--------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| Usaquén | 422.525 | 494.066 | 17 |
| Chapinero | 123.235 | 137.870 | 12 |
| Santa Fe | 114.066 | 110.053 | -4 |
| San Cristóbal | 410.155 | 406.025 | -1 |
| Usme | 280.483 | 412.724 | 54 |
| Tunjuelito | 205.252 | 200.048 | -3 |
| Bosa | 413.565 | 646.833 | 56 |
| Kennedy | 834.910 | 1.069.469 | 28 |
| Fontibón | 254.088 | 380.453 | 50 |
| Engativá | 743.893 | 874.755 | 18 |
| Suba | 781.909 | 1.174.736 | 50 |
| Barrios Unidos | 203.511 | 240.960 | 18 |
| Teusaquillo | 134.917 | 151.092 | 12 |
| Los Mártires | 94.881 | 98.758 | 4 |
| Antonio Nariño | 103.891 | 108.941 | 5 |
| Puente Aranda | 267.601 | 258.414 | -3 |
| La Candelaria | 24.063 | 24.096 | 0 |
| Rafael Uribe Uribe | 381.523 | 375.107 | -2 |
| Ciudad Bolívar | 502.993 | 687.923 | 37 |
| Sumapaz | 5.432 | 6.460 | 19 |
| Total | 6.202.887 | 7.878.783 | 25 |

Fuente: (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

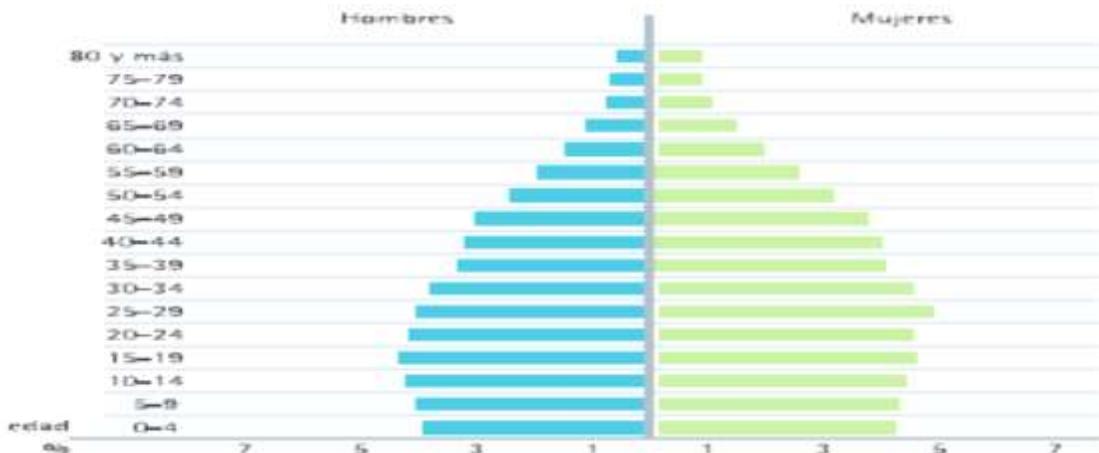
En el año 2001 en Bogotá fallecieron 28750 personas, lo que traduce 4.41 personas por cada 100.000 habitantes. Al discriminar la tasa por género, por cada 1000 hombres murieron 5.15 hombres en tanto por cada 1000 mujeres murieron 3.77 mujeres.

La tasa de mortalidad entre 1998 y el 2001 se redujo de 19.8 a 16.7 muertes por cada 1000 nacidos vivos. Las muertes en niños menores de 5 años por causa de neumonía y enfermedad diarreica aguda (EDA) han tenido un descenso durante los últimos 15 años, especialmente entre el grupo de niños menores de un año (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Durante el periodo 1991-2001 el total de muertes en niños menores de 5 años por cada 100.000 menores en Bogotá, logro reducirse en un 83% para el caso de la enfermedad Diarreica aguda (EDA), y en un 61% en el caso de ataques por neumonía.

La mortalidad materna en Bogotá se redujo un 32%. Al final de este periodo se observó una tasa de 78 muertes por cada 100.000 nacidos vivos. Las causas de estas muertes han estado relacionadas con problemas obstétricos como el edema, la proteinuria y los trastornos hipertensivos en el embarazo, así como con las complicaciones en el trabajo de parto (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Figura 7. Pirámide poblacional de Bogotá, según Sexo, grupo de edad



Fuente: (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Los indicadores de calidad de vida demuestran mejoras en las condiciones de vida de los Bogotanos, representadas en una amplia cobertura de servicios públicos, el 23.8% de la población se encuentra en situación de pobreza y el 3.4% en pobreza extrema.

Bogotá cuenta con una amplia cobertura de servicios públicos domiciliarios entre las que se destacan la energía eléctrica y el saneamiento básico. De tal forma, de 1.977.166 viviendas contabilizadas por el DANE en el 2008; solo el 0,2% (4.635 viviendas) manifestaron no contar con servicios públicos adecuados.

Con respecto a saneamiento básico, en el periodo 2003-2005 se mantuvieron coberturas del 100% de servicios de acueducto. No obstante en 2008 esta cobertura descendió al 99.7%. En cuanto al servicio de alcantarillado sanitario la cobertura está en el 99%. Con respecto a las condiciones de la vivienda la situación en Bogotá, la tasa de propiedad es de 61.7% lo que revela los graves problemas de déficit habitacional que tiene la ciudad. La secretaria del Hábitat calcula que Bogotá posee un déficit de 307.945 viviendas, de las cuales 145.822 corresponden a parámetros de medición cuantitativos. Según un informe del año 2004 las Naciones Unidas para los asentamientos humanos estima que en Bogotá 35.000 hectáreas urbanizadas, hay aproximadamente 6.906 hectáreas construidas ilegalmente y con materiales inadecuados, sin cumplir requerimientos técnicos ni arquitectónicos, ni urbanismo básico lo que se traduce en riesgo para sus habitantes. Lo anterior se hace más complejo al tener en cuenta que en ese espacio que representa la quinta parte de la ciudad construida, vive casi la mitad de la población total de la ciudad de los estratos 1, 2, 3 lo que genera inequidades sociales (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Medioambiente: Bogotá presenta todas las problemáticas ambientales comunes de una ciudad industrial y en desarrollo: emisión de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles, la

contaminación industrial de fuentes hídricas, contaminación visual y auditiva; situación que genera un deterioro ambiental que sobrepasa la capacidad de recuperación ecosistemática de la ciudad.

En la actualidad, uno de los factores determinantes de los problemas respiratorios en Bogotá son los altos niveles de contaminación del aire, ocasionados por las fuentes móviles. En este se encuentran partículas de materias en suspensión, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos volátiles orgánicos y plomo. Bogotá presenta niveles de contaminación que están por encima del límite internacional que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los mayores lugares de concentración se ubican hacia el sur y suroccidente de la capital donde residen mayoritariamente numerosos grupos humanos pertenecientes a los estratos 1, 2, 3 (Secretaría Distrital de Salud, 2008).

La situación ambiental de la ciudad afecta directamente la calidad de vida de los ciudadanos, cada vez son más frecuentes entre los residentes las afecciones broncas respiratorias, oftalmológicas, dérmicas y alergias en zonas industriales.

En la Ciudad de Bogotá existen zonas que son propensas a acumular residuos tóxicos perjudiciales para la salud de los habitantes, lo que se relaciona con la presencia de múltiples empresas que tienen mal manejo de sus residuos.

Otro gran problema que presenta Bogotá es la contaminación del Río Bogotá y sus afluentes y a pesar de muchos de los estudios y estrategias emprendidas la problemática sigue presente (Secretaría Distrital de Salud, 2008).

Caracterización del sector Salud. La transición demográfica y epidemiológica que está viviendo Bogotá, ha generado cambios relacionados con los patrones de morbilidad y mortalidad, caracterizados por un fenómeno de transición continua que produce diferentes alteraciones, entre estas la polaridad, entendida como los diferentes modelos de transición según la ubicación o las condiciones socioeconómicas de la población (Secretaría Distrital de Salud, 2008).

Patrón de morbilidad. En Bogotá aparece cada vez más el peso de las enfermedades crónicas, persisten las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes. Las principales causas por consulta externa en 2005 tanto en la población vinculada al régimen contributivo como subsidiado. En el primer y tercer lugar se encuentran los eventos relacionados con enfermedades respiratorias y diarreicas mientras que en segundo lugar se destacan los eventos de hipertensión esencial. Las causas más frecuentes de consulta es la enfermedad física aguda o malestar de aparición reciente con un 29.6%, seguido de enfermedad física o malestar de larga duración con un 24.5% de usuarios. En tercer lugar se ubican las consultas por atención preventiva mostrando un 22.7% de usuarios (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Figura 8. Diez primeros eventos atendidos en la población vinculada en los servicios de consulta externa, Bogotá, 2005

| Eventos | Total | % |
|---|----------------|--------------|
| Rinofaringitis aguda (resfriado común) | 36,000 | 4.29 |
| Hipertensión esencial (primaria) | 32,383 | 3.82 |
| Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 27,616 | 3.26 |
| Infección de vías urinarias, sitio no especificado | 24,959 | 2.95 |
| Parasitosis intestinal, sin otra especificación | 13,833 | 1.63 |
| Bronquitis aguda, no especificada | 13,453 | 1.59 |
| Lumbago no especificado | 11,915 | 1.41 |
| Vaginitis aguda | 11,786 | 1.39 |
| Infección aguda de las vías respiratorias superiores, no especificada | 8,172 | 0.97 |
| Bronconeumonía, no especificada | 6,896 | 0.81 |
| Resto de causas | 659,461 | 77.88 |
| <i>Total</i> | <i>846,774</i> | <i>100.0</i> |

Fuente: (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

De acuerdo con la Secretaria Distrital de Salud en el 2008, la principal causa de consulta ambulatoria en la población pobre no asegurada era la hipertensión esencial primaria, (117.225 consultas) seguida del examen médico general, en los dos últimos lugares se encuentra la diarrea y la gastroenteritis de presunto origen infeccioso, y el consejo y asesoramiento general sobre la anticoncepción (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Patrón de mortalidad: La Secretaria Distrital de Salud, reporto en el 2007 un total de 26.367 defunciones. Las tres principales causas de muerte fueron enfermedades isquémicas del corazón con una tasa de 4.7, seguido de enfermedades cerebrovasculares con una tasa de 2.8 y finalmente las enfermedades crónicas de las vías respiratorias con una tasa da 2.2.

En términos de mortalidad materna en el 2007, Bogotá presento una razón de muertes de 45.8 muertes maternas por 100.000 nacidos vivos (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Figura 9. Primeras causas de consulta ambulatoria en población pobre no asegurada en Bogotá, año 2008

| Nombre del diagnóstico | Total | < de 1 año | 1-5 | 6-9 | 10-14 | 15-18 | 19-26 | 27-44 | 45-59 | 60 y más |
|---|----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Clasificadas según orden de consulta | | | | | | | | | | |
| Hipertensión esencial (primaria) | 1 | | | | | 9 | 9 | 6 | 1 | 1 |
| Examen médico general | 2 | 6 | 8 | 7 | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Otros dolores abdominales y los no especificados | 3 | 5 | 7 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| Caries de la dentina | 4 | | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5 | 8 |
| Rinofaringitis aguda (resfriado común) | 5 | 2 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| Control de salud de rutina del niño | 6 | 1 | 1 | | | | | | | |
| Infección de vías urinarias, sitio no especificado | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Dolor abdominal localizado en parte superior | 8 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 |
| Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 9 | 3 | 3 | 5 | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 6 |
| Consejo y asesoramiento general sobre la anticoncepción | 10 | | | | 8 | 1 | 1 | 4 | 9 | |
| Número de consultas por diagnóstico y grupo etario | | | | | | | | | | |
| Hipertensión esencial (primaria) | 117225 | | | | | 612 | 1602 | 8643 | 29844 | 76524 |
| Examen médico general | 78847 | 23865 | 2912 | 1786 | 2183 | 5032 | 17733 | 21971 | 13477 | 11367 |
| Otros dolores abdominales y los no especificados | 76274 | 2736 | 5927 | 3832 | 5084 | 5868 | 13841 | 18203 | 11516 | 9267 |
| Caries de la dentina | 63372 | | 8305 | 7695 | 6716 | 6161 | 12591 | 15036 | 5326 | 1542 |
| Rinofaringitis aguda (resfriado común) | 51234 | 13315 | 16925 | 3630 | 2851 | 1890 | 3832 | 4482 | 2385 | 1924 |
| Control de salud de rutina del niño | 50343 | 20118 | 30225 | | | | | | | |
| Infección de vías urinarias, sitio no especificado | 49537 | 1711 | 6011 | 2490 | 1884 | 3044 | 8185 | 105507 | 6756 | 8906 |
| Dolor abdominal localizado en parte superior | 47295 | 7520 | 6752 | 3269 | 3563 | 3100 | 7046 | 8273 | 4130 | 3642 |
| Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 45258 | 8290 | 15176 | 2929 | 2160 | 1603 | 4051 | 5036 | 2912 | 3101 |
| Consejo y asesoramiento general sobre la anticoncepción | 42027 | | | | 1876 | 6853 | 18887 | 12802 | 1608 | |
| Total | 2241620 | 74226 | 172405 | 159279 | 106186 | 189466 | 179992 | 577870 | 392249 | 389947 |

Fuente: (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Por su parte la mortalidad infantil, Bogotá presento en el 2007 una tasa total de 13.8 por 1000 nacidos vivos, aumentando con respecto al 2006, año en que registro una tasa de 13.6. Las localidades que presentaron mayor número de casos son Suba con 208, Kennedy con 194 y Ciudad Bolívar con 169 (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Con respecto a la mortalidad perinatal en la ciudad de Bogotá en el 2006, Bogotá presento una tasa de 23.3 por 1000 nacidos vivos, registrando un aumento con relación a las cifras del 2005, ya que en ese año la tasa de mortalidad perinatal fue de 19.3. Suba registro 346 muertes, Kennedy 341 muertes y Ciudad Bolívar 336 casos (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

En cuanto a las muertes por causas de lesión externa como homicidio accidentes de tránsito, muertes indeterminadas, violencia intrafamiliar, delitos sexuales y violencia interpersonal se encuentra:

Figura 10. Estadísticas balance número de casos muertes violentas 2004-2008

| Tipo de muerte violenta | Número de casos | | | | | Diferencia | | Variación % | | Promedio día | |
|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2004-2008 | 2007-2008 | 2004-2008 | 2007-2008 | 2007 | 2008 |
| Homicidios | 1,588 | 1,689 | 1,336 | 1,401 | 1,465 | -123 | 64 | -7,7 | 4,6 | 3,8 | 4,0 |
| Muertes en A/T | 655 | 564 | 512 | 551 | 536 | -119 | -15 | -18,2 | -2,7 | 1,5 | 1,5 |
| Suicidios | 235 | 215 | 188 | 220 | 262 | 27 | 42 | 11,5 | 19,1 | 0,6 | 0,7 |
| Muertes accidentales | 289 | 231 | 176 | 276 | 298 | 9 | 22 | 3,1 | 8,0 | 0,8 | 0,8 |
| Total | 2,767 | 2,699 | 2,212 | 2,448 | 2,561 | -206 | 113 | -1,4 | 4,6 | 6,7 | 7,0 |

Fuente: (Secretaria Distrital de Salud, 2008).

Figura 11. Tendencia de las primeras diez causas de mortalidad en Bogotá. 2004-2007

| Orden | Localidades | 2005 | | | 2006 | | | 2007 | | |
|-------|--------------------|-------------|---------------|----------------------|-------------|---------------|----------------------|-------------|---------------|----------------------|
| | | # Muertes | Nacidos vivos | Razón por 100.000 NV | # Muertes | Nacidos vivos | Razón por 100.000 NV | # Muertes | Nacidos vivos | Razón por 100.000 NV |
| 1 | Usaquén | 62 | 5619 | 11,0 | 64 | 5629 | 11,4 | 68 | 5908 | 11,5 |
| 2 | Chapinero | 16 | 1768 | 9,0 | 22 | 1776 | 12,4 | 18 | 1801 | 10,0 |
| 3 | Santa Fe | 50 | 2372 | 21,1 | 32 | 2441 | 13,1 | 45 | 2215 | 20,3 |
| 4 | San Cristóbal | 143 | 7718 | 18,5 | 134 | 7743 | 17,3 | 120 | 7967 | 15,1 |
| 5 | Usme | 81 | 5928 | 13,7 | 77 | 6123 | 12,6 | 94 | 6249 | 15,0 |
| 6 | Tunjuelito | 47 | 4168 | 11,3 | 37 | 4001 | 9,2 | 31 | 3719 | 8,3 |
| 7 | Bosa | 108 | 9368 | 11,5 | 122 | 9611 | 12,7 | 134 | 9999 | 13,4 |
| 8 | Kennedy | 197 | 14022 | 14,0 | 179 | 14216 | 12,6 | 194 | 15049 | 12,9 |
| 9 | Fontibón | 60 | 5240 | 11,5 | 61 | 5264 | 11,6 | 64 | 5329 | 12,0 |
| 10 | Engativá | 157 | 12183 | 12,9 | 148 | 12121 | 12,2 | 154 | 11976 | 12,9 |
| 11 | Suba | 185 | 14691 | 12,6 | 196 | 14902 | 13,2 | 208 | 15494 | 13,4 |
| 12 | Barrios Unidos | 20 | 1483 | 13,5 | 16 | 1776 | 9,0 | 25 | 1817 | 13,8 |
| 13 | Teusaquillo | 24 | 1205 | 19,9 | 19 | 1180 | 16,1 | 21 | 1212 | 17,3 |
| 14 | Los Mártires | 27 | 1593 | 16,9 | 20 | 1550 | 12,9 | 19 | 1471 | 12,9 |
| 15 | Antonio Nariño | 18 | 1095 | 16,4 | 18 | 1064 | 16,9 | 15 | 1175 | 12,8 |
| 16 | Puente Aranda | 60 | 3815 | 15,7 | 55 | 4039 | 13,6 | 49 | 4006 | 12,2 |
| 17 | La Candelaria | 2 | 163 | 12,3 | 3 | 160 | 18,8 | 6 | 228 | 26,3 |
| 18 | Rafael Uribe Uribe | 142 | 6913 | 20,5 | 117 | 6691 | 17,5 | 107 | 6784 | 15,8 |
| 19 | Ciudad Bolívar | 225 | 10783 | 20,9 | 169 | 10731 | 15,7 | 169 | 11500 | 14,7 |
| 20 | Sumapaz | 0 | 64 | 0,0 | 0 | 61 | 0,0 | 1 | 50 | 20,0 |
| | Sin localidad | 60 | 2287 | | 64 | 2839 | | 54 | 1788 | |
| | Total | 1684 | 112478 | 15,0 | 1553 | 113918 | 13,6 | 1596 | 115737 | 13,8 |

Fuente: (Secretaría Distrital de Salud, 2008).

3.1.1. Marco teórico o conceptual.

Contiene la posición de diversas investigaciones con relación al tema de la investigación exponiendo su aplicación a la presente investigación.

3.1.2. *Marco espacial.*

El marco de referencia espacial está compuesto por el desarrollo del análisis espacial en tres escalas, teniendo en cuenta las variables físicas y sociales, desde el contexto regional, pasando por el contexto urbano Bogotá-Cundinamarca (Contexto del área de estudio).

Este marco de referencia espacial, consiste en los vertimientos hospitalarios bajo la variable física-química; cuyo componente natural son los impactos ambientales y sanitarios en los asentamientos humanos (variable social); con la población expuesta y su estrato, siendo determinantes en la clasificación y priorización de los municipios y asentamientos poblacionales vulnerables. Para proporcionar comprensión en el desarrollo se agrupa y explica cada contexto, con las variables física y social.

Contexto regional: Un problema compartido

Ubicación: La ciudad de Bogotá, D.C. capital está situada en la Sabana de Bogotá, sobre el altiplano cundiboyacense, una llanura de altitud situada en promedio a 2630 msnm aunque las zonas montañosas del distrito alcanzan 3250 msnm, lo que hace de ella la metrópoli más alta del mundo y la tercera capital después de Quito y La Paz. Tiene un área total de 1776 km² y un área urbana de 307 km². Bogotá limita al sur con los departamentos del Meta (a través de Guamal, Cubarral y La Uribe) y del Huila (a través de Colombia), al norte con el municipio de Chía, al oeste con el río Bogotá y los municipios de Cota, Funza, Mosquera, Soacha (zona urbana), Pasca, San Bernardo, Arbeláez, Cabrera y Venecia (zona rural) del departamento de Cundinamarca. Por el este llega hasta los cerros orientales y los municipios de La Calera, Chipaque, Choachí, Gutiérrez, Ubaque, Une. Está delimitada por un sistema montañoso en el que se destacan los cerros de Monserrate (3152 msnm de altura) y Guadalupe (3250 msnm de altura) al oriente de la ciudad. Se encuentra comunicada con el cerro de Monserrate a través de los servicios de transporte de teleférico y funicular.

Su río más extenso es el río Bogotá, que desde hace varias décadas presenta altos niveles de contaminación, y por ende el gobierno de la ciudad ha liderado varios proyectos de descontaminación. Otros ríos importantes en la ciudad son el río Tunjuelo, que discurre por el sur de la ciudad, el San Francisco, el Fucha, el Juan Amarillo o Salitre, los cuales desembocan a su vez en el río Bogotá.

Además aunque aún continúan siendo municipios pertenecientes al departamento de Cundinamarca, las poblaciones de Soacha, Zipaquirá, Facatativá, Chía, Mosquera, Madrid, Funza, Cajicá, Sibaté, Tocancipá, La Calera, Sopó, Tabio, Tenjo, Gachancipá y Bojacá fueron consideradas como parte del Área Metropolitana de Bogotá en el último censo nacional realizado por el DANE en 2005.

Están integrados además, conurbados a su territorio (es decir sin peajes), Soacha y Sibaté hasta la llegada a las cataratas del Salto de Tequendama y el zoológico de Santa Cruz en el peaje Chusacá caso de la parte sur. En la parte norte hasta el Puente del Común en el límite con Chía. En el occidente hasta el peaje Siberia absorbiendo el Parque Metropolitano La Florida y parte de Cota. En el oriente está La Calera.

Cuenca del río Bogotá: De acuerdo con la CAR16 esta cuenca se extiende en sentido norte-sur y cubre cerca del 24% del departamento. El río Bogotá constituye la corriente principal de la cuenca recorriendo 308 km desde su nacimiento a los 3.300 msnm en el municipio de Villa pinzón, hasta su desembocadura en el río Magdalena a 280 msnm en el municipio de Girardot.

Población expuesta

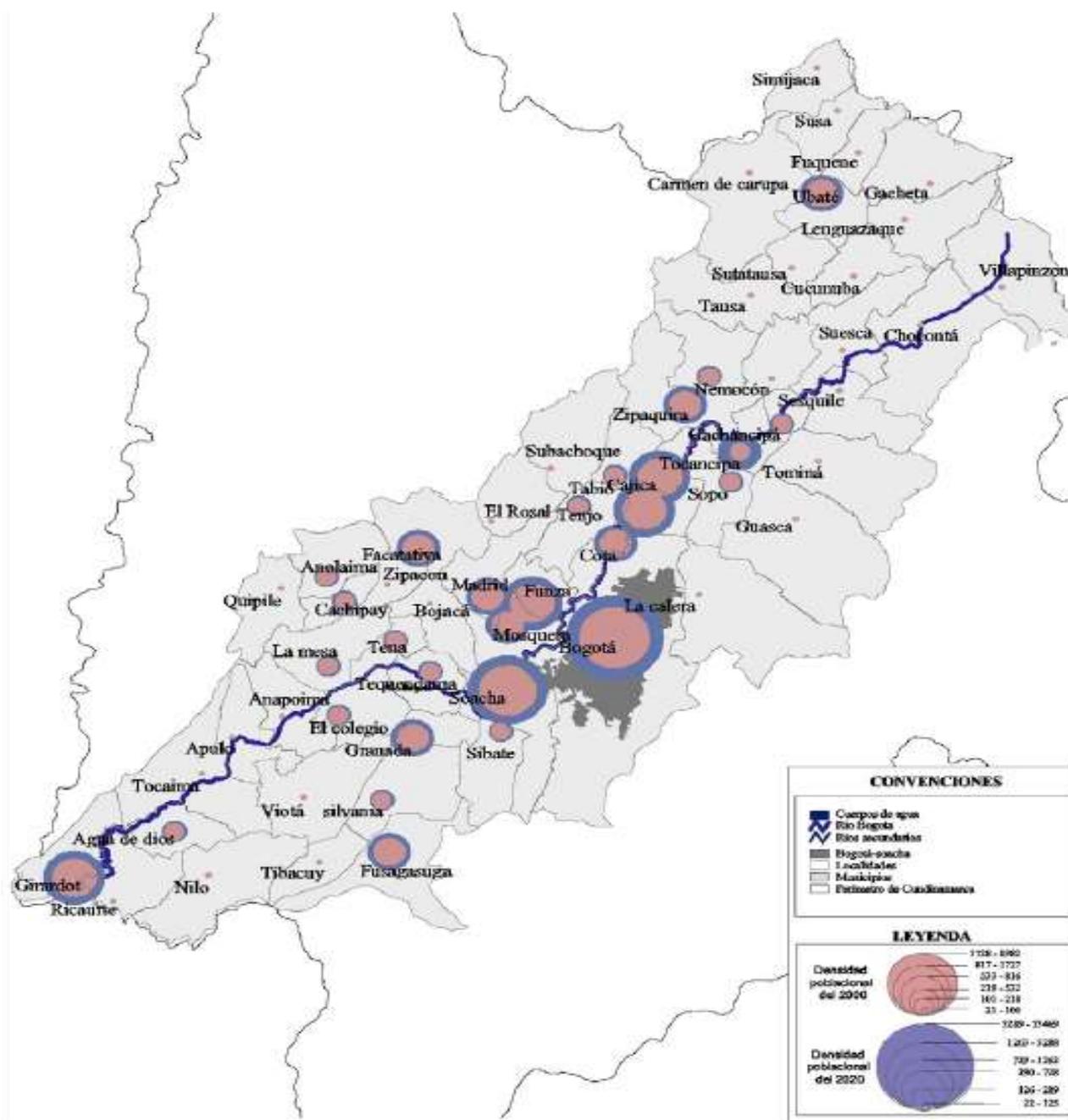
La población expuesta en las áreas urbanas amenazadas, se convierte en factor determinante al identificar una tendencia al crecimiento poblacional acelerada y distribuida de forma concentrada.

Figura 12. Estadísticas de crecimiento poblacional acelerado

| Grupos de edad | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | | 2018 | | | 2019 | | | 2020 | | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Total | Hombres | Mujeres |
| Bogotá, D.C. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 7.070.703 | 3.010.043 | 4.060.770 | 7.580.004 | 3.094.624 | 4.485.377 | 8.088.734 | 3.192.910 | 4.895.824 | 8.601.047 | 3.263.853 | 5.337.194 | 9.109.030 | 3.344.441 | 5.764.589 | 9.588.004 | 3.434.669 | 6.153.332 |
| 0-4 | 683.238 | 309.432 | 373.796 | 695.449 | 310.669 | 384.780 | 697.990 | 312.652 | 385.338 | 699.061 | 312.988 | 386.073 | 700.620 | 313.691 | 386.929 | 702.217 | 314.277 | 387.940 |
| 5-9 | 598.102 | 306.434 | 291.748 | 601.678 | 307.674 | 294.004 | 605.914 | 308.936 | 296.978 | 609.660 | 310.114 | 299.546 | 613.541 | 311.176 | 302.365 | 617.008 | 312.136 | 304.872 |
| 10-14 | 695.966 | 309.819 | 386.147 | 698.336 | 308.866 | 389.470 | 699.967 | 308.654 | 391.313 | 700.770 | 308.256 | 392.514 | 701.694 | 308.339 | 393.355 | 702.291 | 308.506 | 393.785 |
| 15-19 | 642.476 | 325.752 | 316.724 | 657.600 | 323.548 | 334.052 | 662.370 | 324.173 | 338.197 | 666.902 | 326.689 | 340.213 | 671.036 | 328.119 | 342.917 | 675.139 | 329.157 | 345.982 |
| 20-24 | 669.969 | 338.888 | 331.072 | 673.222 | 340.330 | 332.892 | 677.749 | 338.633 | 339.116 | 682.745 | 338.310 | 344.435 | 687.127 | 338.469 | 348.658 | 691.669 | 338.031 | 353.638 |
| 25-29 | 695.633 | 319.848 | 375.785 | 691.622 | 323.269 | 368.353 | 688.302 | 326.054 | 362.248 | 685.705 | 325.401 | 360.304 | 674.692 | 340.646 | 334.046 | 661.661 | 343.982 | 317.679 |
| 30-34 | 657.674 | 312.458 | 345.216 | 659.708 | 315.224 | 344.484 | 661.442 | 316.950 | 344.492 | 664.486 | 316.653 | 347.833 | 668.069 | 318.101 | 350.968 | 670.629 | 320.666 | 349.963 |
| 35-39 | 614.779 | 293.158 | 321.621 | 620.165 | 299.101 | 321.064 | 624.660 | 303.971 | 320.689 | 629.707 | 307.870 | 321.837 | 634.252 | 311.029 | 323.223 | 638.323 | 313.648 | 324.675 |
| 40-44 | 536.345 | 254.892 | 281.453 | 547.958 | 260.774 | 287.184 | 553.369 | 266.367 | 287.002 | 558.065 | 270.692 | 287.373 | 562.447 | 275.069 | 287.378 | 566.054 | 280.058 | 286.006 |
| 45-49 | 516.837 | 242.123 | 274.714 | 518.352 | 243.485 | 274.867 | 519.261 | 244.556 | 274.705 | 520.935 | 245.951 | 274.984 | 522.310 | 248.539 | 273.771 | 523.554 | 252.030 | 271.524 |
| 50-54 | 499.701 | 225.626 | 274.075 | 497.079 | 228.252 | 268.827 | 493.389 | 230.382 | 263.007 | 488.966 | 232.396 | 256.570 | 484.299 | 234.024 | 250.275 | 479.478 | 235.576 | 243.902 |
| 55-59 | 496.084 | 183.930 | 312.154 | 493.652 | 182.823 | 310.829 | 490.072 | 181.142 | 308.930 | 485.702 | 180.065 | 305.637 | 480.570 | 178.707 | 301.863 | 475.594 | 177.228 | 300.366 |
| 60-64 | 399.925 | 138.521 | 261.404 | 395.516 | 145.480 | 250.036 | 391.916 | 152.813 | 239.103 | 388.002 | 160.396 | 227.606 | 375.761 | 168.083 | 207.678 | 362.504 | 175.774 | 186.730 |
| 65-69 | 291.167 | 101.631 | 189.536 | 291.067 | 106.623 | 184.444 | 291.645 | 111.646 | 180.000 | 289.072 | 116.682 | 172.390 | 279.060 | 122.582 | 156.478 | 265.368 | 128.795 | 136.573 |
| 70-74 | 159.670 | 68.583 | 91.087 | 167.928 | 72.563 | 95.365 | 177.053 | 76.747 | 100.306 | 188.108 | 81.866 | 106.242 | 198.716 | 85.438 | 113.278 | 209.388 | 88.882 | 120.506 |
| 75-79 | 102.406 | 41.382 | 61.024 | 107.006 | 43.069 | 63.937 | 113.108 | 45.521 | 67.587 | 119.302 | 48.577 | 70.725 | 126.640 | 52.869 | 73.771 | 134.070 | 55.006 | 79.064 |
| 80 Y MÁS | 100.416 | 37.016 | 63.400 | 104.331 | 38.454 | 65.877 | 108.586 | 39.978 | 68.608 | 112.965 | 41.687 | 71.278 | 117.310 | 43.968 | 73.342 | 123.024 | 45.257 | 77.767 |

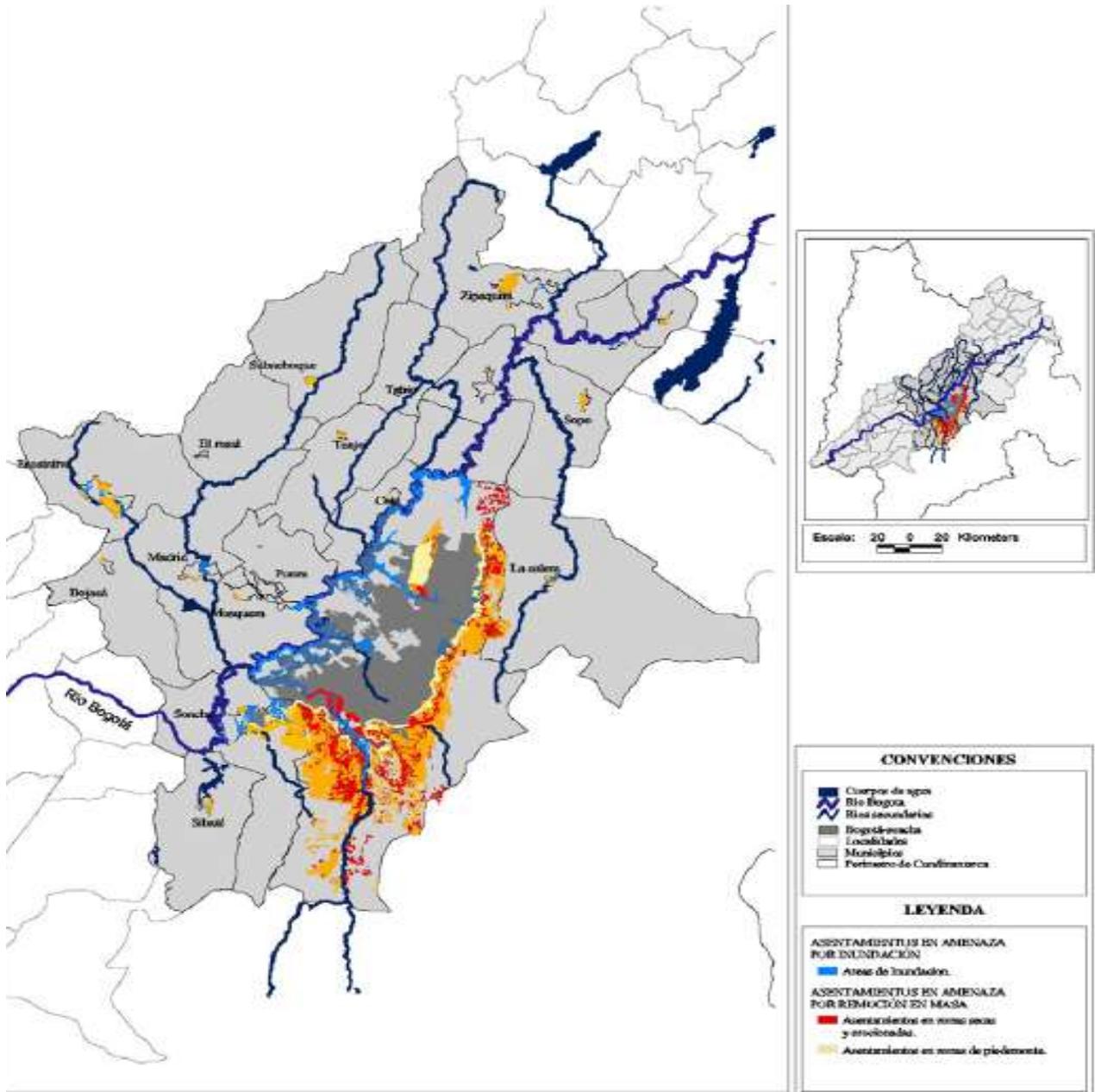
Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE).

Figura 13. Tendencia poblacional de la cuenca del Rio Bogotá 2014-2020



Fuente: (Rivera M, 2009).

Figura 14. Amenazas por Remoción e Inundación en la Cuenca



Fuente: (Rivera M, 2009).

Municipios en amenaza por inundación: Facatativá, Mosquera, La calera y Bogotá, Soacha, Chía, Zipaquirá, Facatativá, Funza, Madrid. La población expuesta en Bogotá por amenazas de inundación es de 287.133 habitantes es decir el 11% de la población total.

3.1.3. Marco normativo.

Permite realizar una recopilación de las normas legales relacionadas con el tema principal de la investigación (leyes, decretos y resoluciones). Es importante tener claro la prioridad legal que se quiere expresar porque no se debe transcribir demasiados artículos. Si es relevante la norma se debe enunciar su objetivo y adicionarse como un anexo, la norma completa. En general cuando se hace una recopilación de este marco debe ser en orden cronológico y al incluir la norma colocar su título, su objetivo y que organismo lo expide.

Componente de desarrollo

El componente de desarrollo expone el análisis comparativo de la normatividad Colombiana frente a las normatividades Internacionales que regulan los vertimientos Industriales y Hospitalarios, el cual se obtiene teniendo en cuenta los parámetros de interés ambiental y sanitario regulados en las diferentes normas; la identificación de impactos en la salud pública y ambiental generados por los parámetros ambientales y sanitarios que actualmente se regulan en la norma; de otro lado, a la luz de la revisión científica evidenciamos indicadores y parámetros nuevos a regular y que promuevan la prevención, control y mitigación de los impactos generados por los vertimientos Hospitalarios e Industriales. En tal medida el análisis de la normatividad de vertimientos se presenta en matrices de comparación en donde se evidencie los parámetros regulados en cada una de las normativas de los diferentes países y que nos permita identificar los límites permisibles de cada uno de los parámetros evaluados.

1. Seguimiento a normatividad colombiana que regula los vertimientos hospitalarios

Tabla 3. Seguimiento a la normatividad de vertimientos hospitalarios

| SECTOR SALUD | |
|---|--|
| Decreto 2811 de 1974 | Código Nacional de Recursos naturales Renovables y de Protección del medio Ambiente. |
| Ley 9 de 1979 | Código Nacional Sanitario |
| Decreto 1594 de 1984 | Uso del agua y vertimientos |
| SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO | |
| Ley 142 de 1994 | Régimen de los servicios públicos domiciliarios |
| Ley 373 de 1997 | Uso eficiente y Ahorro del agua |
| Resolución 1096 de 2000 | Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento RAS |

| MEDIO AMBIENTE | |
|--|---|
| Ley 99 de 1993 | Organiza el SINA y crea el Ministerio del Medio Ambiente |
| Decreto 3100 de 2003 | Tasas retributivas |
| Resolución 372 de 1998 | Monto de tasas mínimas para las tasas retributivas |
| Decreto 155 de 2004 | Tasa por utilización del agua |
| Resolución 340 de 2004 | Establece tarifa mínima para las tasas por utilización de agua |
| Decreto 1180 de 2003 | Licencias ambientales |
| Acuerdo 043 de 2006 | La CAR establece los usos del agua para el Rio Bogotá y criterios de Calidad. |
| Resolución 1813 de 2006 | El DAMA establece los usos y objetivos de calidad de los cuerpos de agua dentro del perímetro urbano de Bogotá para el 2011 |
| Decreto 3930 de 2010 | 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. |
| Decreto 4728 de 2010 | Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. |
| DOCUMENTOS DE POLITICA | |
| Constitución Política de Colombia 1991 | |
| Ley 812 de 2003. Aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006. Hacia un Estado Comunitario | |
| Lineamientos de política para el Manejo Integral del agua. Aprobado por Consejo Nacional Ambiental 1996 | |
| Política pública para el sector del agua potable y saneamiento básico de Colombia 2001. | |
| Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Aprobados por el Consejo Nacional Ambiental en 2000. | |
| Conpes 3146 de 2001, Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en el corto y mediano plazo. | |
| Conpes 3164 de 2002, Política Nacional Ambiental para el Desarrollo sostenible de los Espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia- Plan de Acción 2002-2004 | |
| Conpes 3177 de 2002, acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de aguas residuales PMAR | |
| Ley 812 de 2003, Ley Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 Hacia un Estado Comunitario | |
| Lineamientos de la Política Nacional del Océano y los espacios costeros LPNOEC. Adoptado por los miembros de la comisión Colombiana del Océano en 2003. | |

Fuente: Elaboración propia.

1.1. Análisis de la calidad del agua y tratamiento de los vertimientos en Colombia

El agua es considerada como un bien económico, social y cultural indispensable para la garantía de otros derechos como la salud, alimentación y ambiente sano. El derecho humano al agua debe entenderse como un derecho autónomo e independiente, es un derecho fundamental para los seres humanos, que hace prioritario asegurar su distribución en todas las poblaciones, con la cantidad y condiciones óptimas.

Así como es deber del Estado regular la utilización racional de los recursos naturales, entre ellos el agua y procurar una normativa apropiada y acorde con el modelo de desarrollo para mejorar la calidad de vida actual y de las futuras generaciones.

Según el análisis hecho por la superintendencia de servicios públicos domiciliarios en el 2006, los sistemas de tratamiento de aguas residuales con que cuenta las empresas prestadoras de servicios públicos de alcantarillado, en las grandes ciudades (Bogotá, Medellín, Cali), permiten tratar solo el 32% de las aguas residuales que se vierten a los cuerpos hídricos. Ciudades como Barranquilla, Bucaramanga e Ibagué tienen porcentajes de tratamiento del 17%, 26% y 11% respectivamente, en tanto que ciudades como Cartagena, Cúcuta, Pereira, Manizales, Neiva, Pasto, Valledupar, Popayán, Palmira, Florencia, Sincelejo, Buenaventura, Piedecuesta, Tuluá, Armenia, Tunja, Rio negro, Cartago, Sogamoso y Girardot no realicen ningún tipo de tratamiento de aguas residuales (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

Es decir, el rezago del país frente al tratamiento de aguas residuales se debe tanto a la inexistencia de infraestructura de sistemas de tratamiento como a la baja cobertura de las plantas existentes.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2006) reporta que solo el 354 (33%) municipios del país cuentan con sistemas de tratamiento y se sabe que el 29% de ellos no se encuentran operando. El Departamento Nacional de Planeación (2006), ha estimado que de los 159 m³/seg de agua captados a nivel nacional, el volumen de aguas residuales que reciben tratamiento es cercano a 5 m³/seg.,

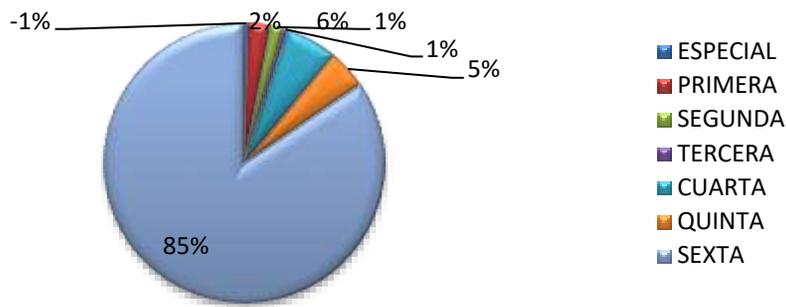
equivalente a 3,1% del volumen mencionado (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013).

El Documento CONPES 3343 entre los años 2006 y 2007, ha establecido que el costo promedio en salud debido a las inadecuadas condiciones de abastecimiento de agua, saneamiento y la higiene asciende a 1.96 billones. En tanto que el Ministerio de protección social reporta un aumento de las enfermedades Diarreicas de 36%.

La Superintendencia de Servicios Públicos, entidad que tiene la función la Vigilancia y Control de los prestadores de los servicios respectivos, sobre la calidad de agua que suministran a los usuarios informa que ha detecto deficiencias institucionales de las autoridades de salud, para cumplir con rigurosidad los protocolos para la toma de muestras en red de distribución y el número de frecuencia de muestras. Lo que traduce para la Superintendencia dificultad para contar con información veraz, oportuna sobre la calidad de agua suministrada para consumo humano en el país impide las acciones correctivas (Ministerio de Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, 2007).

En relación con la calidad de agua de los sistemas de acueducto y las categorías en las que se clasifican los municipios; se presenta un mayor cumplimiento de los parámetros de calidad en los municipios de categoría especial, primera, segunda, y tercera, mientras que se presenta un bajo cumplimiento en los municipios de categoría cuarta, quinta y sexta (Ministerio de Ambiente, Departamento Nacional de Planeación, 2007). La figura No. 15 nos presentan los Municipios que suministran agua no apta para el consumo y su relación con la categoría:

Figura 15. Municipios con agua no apta según categoría



Fuente: (Superintendencia de Servicios Públicos, 2018).

La Defensoría del Pueblo (2007) Como resultado del deterioro de la calidad del agua y de las cuencas abastecedoras la cobertura, capacidad y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas, así como de la falta de control, seguimiento y monitoreo de la calidad de agua hay 17.736.687 colombianos que no recibieron agua apta para consumo humano durante el primer trimestre de 2007 (Defensoría del pueblo, 2006; 2007).

La Defensoría del Pueblo en el año 2006 reporta que del total de 1.102 municipios en el país solo recibió información de 955 municipios, es decir que análisis corresponde solo al 87% del total nacional, e informa que no se analizaron muestras de Bogotá en donde encontró: 82/955 (8.59%) municipios analizados cumplen con la norma de vertimientos. Los departamentos con el mayor número de municipios en donde se suministra agua apta para su consumo son en su orden: Quindío 76,9%; Caldas 59,3% y Valle 55.3%. El resto de departamentos no surte agua segura para su consumo en la mayoría de municipios que lo conforman; incluso en los Departamentos de Amazonas, Arauca, Bolívar, Caquetá, Casanare, Cesar, Guainía, La Guajira, Guaviare, Meta, Nariño, Putumayo, Risaralda, San Andrés, Santander, Vaupés y Vichada no se abastece de agua segura en ninguno de sus municipios (Defensoría del pueblo, 2006; 2007).

De las 955 cabeceras municipales, se concluye que no se suministra agua apta para el consumo humano en el 84% de los municipios analizados, que la mayor deficiencia se presenta en los parámetros fisicoquímicos puesto que se incumple la norma en el 83% de los municipios y que los resultados microscópicos presentan deficiencias en el 76% de los casos analizados (Defensoría del pueblo, 2006; Bavaresco de Prieto, 2013).

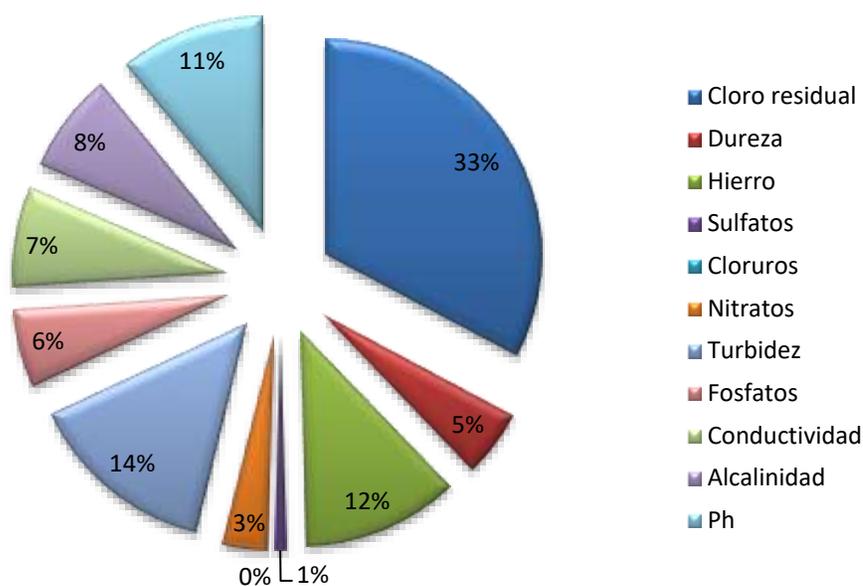
Figura 16. Municipios por departamentos según cumplimiento con los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos



Fuente: (Defensoría del pueblo, 2006).

fisicoquímicamente; la turbiedad 17%, presencia de hierro 14% PH 13%. (Defensoría del pueblo, 2006; 2007).

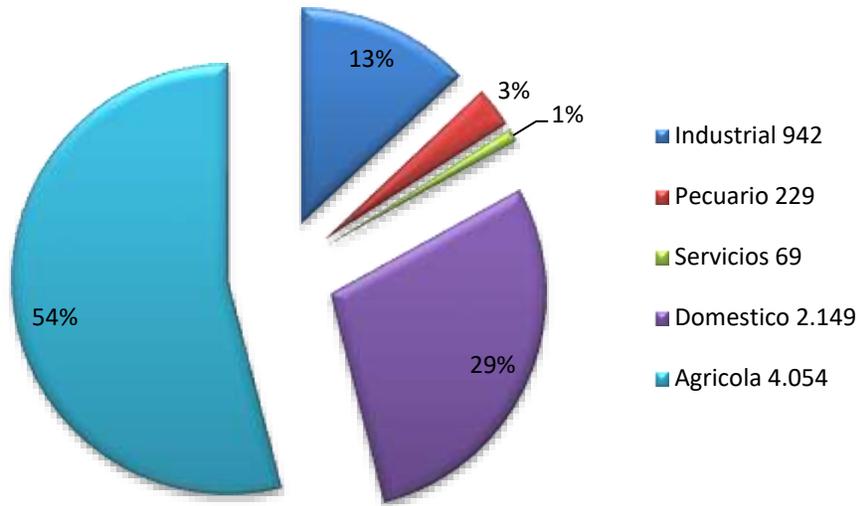
Figura 18. Parámetros fisicoquímicos incumplidos



Fuente: Elaboración propia, basado en (Defensoría del pueblo, 2006).

En cuanto a las demandas de agua para cada una de las actividades socioeconómicas, se reporta que el 29% se destina al uso doméstico, el 13% al Industrial, 54% al agrícola, 3% al pecuario y el 1% al sector servicios (Defensoría del pueblo, 2006; 2007).

Figura 19. Demanda por actividades socioeconómicas.



Fuente: Elaboración propia, basado en (Defensoría del pueblo, 2006).

De acuerdo con la normativa, todos los municipios deben tomar muestras que permitan evaluar la calidad del agua que se suministra para consumo humano y reportar los resultados al Sistema de Vigilancia de la Calidad del Agua potable (SIVICAP). Las secretarías de salud municipal y Departamental tienen la responsabilidad de tomar muestras, contratar los análisis en laboratorios certificados y transmitir la información. Durante el informe de calidad de agua, 2009-2010 durante el año 2009 1039 municipios enviaron dicha información, mientras que en el 2010, 1021 municipios cumplieron con la información requerida. Los departamentos que no envían información son Meta, Putumayo, Córdoba lo que traduce que 502 municipios durante estos años no están cumpliendo con el número de muestras señaladas en la norma. El número de muestras depende del tamaño poblacional (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

En relación con la Resolución 2115 de 2007 en el país deben tomar cerca de 44.010 muestras al año. En el 2009 se analizó el 95.9% (42.209 muestras); de estas muestras, el 22,6% corresponden a muestras

de agua sin tratar antes de su distribución a la población y el 77.4% correspondió a muestras de agua con tratamiento de potabilización (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

1.1.1. Prestación del servicio de acueducto en las cabeceras municipales.

De acuerdo con el informe de la defensoría del Pueblo, la prestación del servicio de acueducto esta dado el 67% por empresas municipales, 11% por empresas particulares, 22% por otro sector de empresas oficiales (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

1.1.2. Municipios que suministran agua cruda.

De acuerdo con los registros, en 466 municipios del país se suministra agua sin ningún tipo de tratamiento para consumo humano. El tipo de prestadores que suministran esta agua es diverso, pero su aumento se atribuye a la ausencia de sistemas de acueducto que lleguen a toda la población. De las 9.425 muestras de agua cruda para consumo humano que se distribuye en estos municipios, solo el 4% suministra agua de acuerdo a los parámetros establecidos, el 70% agua con riesgo alto para la salud y el 21% agua inviable sanitariamente (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

IRCA. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano

IRABA: Índice de riesgo por abastecimiento de agua para el consumo humano

Tabla 4. Departamento, Numero de Municipios y localidades que suministran agua cruda en Colombia

| DEPARTAMENTO | | MUNICIPIO | LOCALIDAD | ESPA |
|-----------------------|--|------------|--------------|--------------|
| Antioquia | | 11 | 29 | 26 |
| Atlántico | | 2 | 2 | 2 |
| Bogotá. D.C | | 1 | 5 | 30 |
| Bolívar | | 25 | 39 | 28 |
| Boyacá | | 102 | 177 | 181 |
| Caldas | | 27 | 498 | 345 |
| Caquetá | | 5 | 6 | 8 |
| Casanare | | 15 | 102 | 38 |
| Cauca | | 29 | 64 | 67 |
| Cesar | | 8 | 8 | 9 |
| Córdoba | | 8 | 8 | 8 |
| Cundinamarca | | 4 | 5 | 4 |
| Guainía | | 4 | 26 | 4 |
| Guaviare | | 4 | 10 | 10 |
| Huila | | 36 | 270 | 253 |
| Magdalena | | 18 | 26 | 17 |
| Nariño | | 56 | 707 | 831 |
| Norte de Santander | | 5 | 5 | 5 |
| Quindío | | 6 | 14 | 11 |
| Risaralda | | 13 | 242 | 275 |
| Santander | | 18 | 31 | 17 |
| Sucre | | 22 | 49 | 45 |
| Tolima | | 18 | 28 | 41 |
| Valle del cauca | | 25 | 88 | 84 |
| Vaupés | | 2 | 2 | 2 |
| Vichada | | 2 | 2 | 2 |
| Total nacional | | 466 | 2.443 | 2.343 |

Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

Figura 20. Municipios por categoría IRCA agua cruda



Fuente: (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

Tabla 5. Promedio del IRCA en la vigilancia de la calidad del agua sin tratamiento, año 2010.

| DEPARTAMENTO | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2009 | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2010 | |
|--|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| Amazonas | 17.85 | Riesgo Medio | | Sin información | |
| Antioquia | 100 | Inviabile sanitariamente | 60.3 | Riesgo alto | |
| San Andrés, providencia y santa catalina | 1.86 | Sin riesgo | | Sin información | |
| Atlántico | | Sin información | 24.3 | Riesgo medio | |
| Bogotá | 61.43 | Riesgo alto | 59.7 | Riesgo alto | |
| Bolívar | 64.52 | | 63.0 | | |
| Boyacá | 63.90 | | 62.4 | | |
| Caldas | 77.58 | | 78.8 | | |
| Caquetá | 66.01 | | 62.8 | | |
| Casanare | 62.91 | | 71.7 | | |
| Cauca | 87.48 | | Inviabile sanitariamente | | 78.3 |
| Cauca | 69.92 | | 63.3 | | |
| Cesar | 55.51 | | 59.3 | | |
| Córdoba | 62.37 | | 47.9 | | |
| Cundinamarca | 62.37 | | 80.0 | | |
| Guainia | 63.41 | | 70.8 | | Inviabile sanitariamente |
| Guaviare | 65.36 | | 77.8 | | Riesgo alto |
| Huila | 75.23 | | | | |
| La guajira | 96.85 | Inviabile sanitariamente | | Sin información | |

| DEPARTAMENTO | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2009 | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2010 |
|--------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| Magdalena | 61.40 | Riesgo alto | 50.5 | Riesgo alto |
| Meta | 63.12 | Riesgo alto | | Sin información |
| Nariño | 52.37 | Sin información | 51.0 | Riesgo alto |
| Norte de Santander | 74.87 | | 69.8 | Riesgo alto |
| Putumayo | 61.23 | | | Sin información |
| Quindío | | | 79.7 | Riesgo alto |
| Risaralda | 65.07 | | Riesgo alto | 66.7 |
| Santander | 55.63 | Riesgo alto | 59.4 | Riesgo alto |
| Sucre | 40.98 | Sin información | 48.9 | Riesgo medio |
| Tolima | 67.01 | | 75.8 | |
| Valle del cauca | 60.48 | | 66.4 | |
| Vaupés | | | 71.2 | |
| Vichada | 66.90 | Riesgo alto | 33.5 | Riesgo alto |
| TOTAL | 63.4 | Riesgo alto | 64.5 | Riesgo alto |

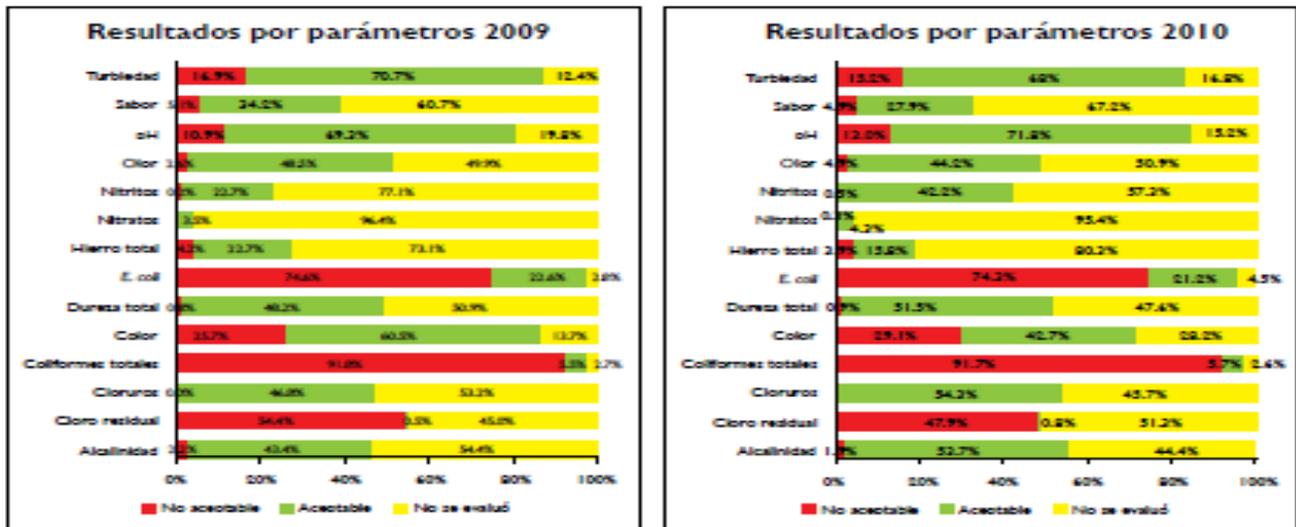
Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

Analizando el periodo estudiado 2009-2010 no se presenta mejoría, al contrario, el promedio nacional del Índice de riesgo de consumo de agua aumento de 63.4 a 64.5, a excepción de los departamentos de Antioquia, Cauca y Vichada, los demás departamentos no registran cambios a una categoría de riesgo menor. Ahora bien, si analizamos el índice de riesgo del consumo humano (de acuerdo con los parámetros establecidos) donde se distribuye agua sin tratamiento alguno, los parámetros evaluados con mayor peso frente al riesgo de consumo están: los aspectos microbiológicos, coliformes totales, así como turbiedad, cloro residual y color (Instituto Nacional de salud, 2012).

Ahora bien es importante resaltar que en los análisis realizados se dejaron de evaluar en un gran porcentaje de los parámetros de interés sanitario como turbiedad, sabor, PH, Olor, nitritos, nitratos, dureza total, cloruros, cloro residual, alcalinidad en los dos años analizados. Los parámetros que representan mayores riesgos para la salud son aquellos con mayor número de muestras no aceptables como el caso de los coliformes y del E coli que no cumplieron con el 91% y el 74% del total de las

muestras evaluadas respectivamente, como se muestra en la gráfica siguiente (Instituto Nacional de salud, 2012):

Figura 21. Resultados de las muestras por parámetro, periodo 2009-2010.

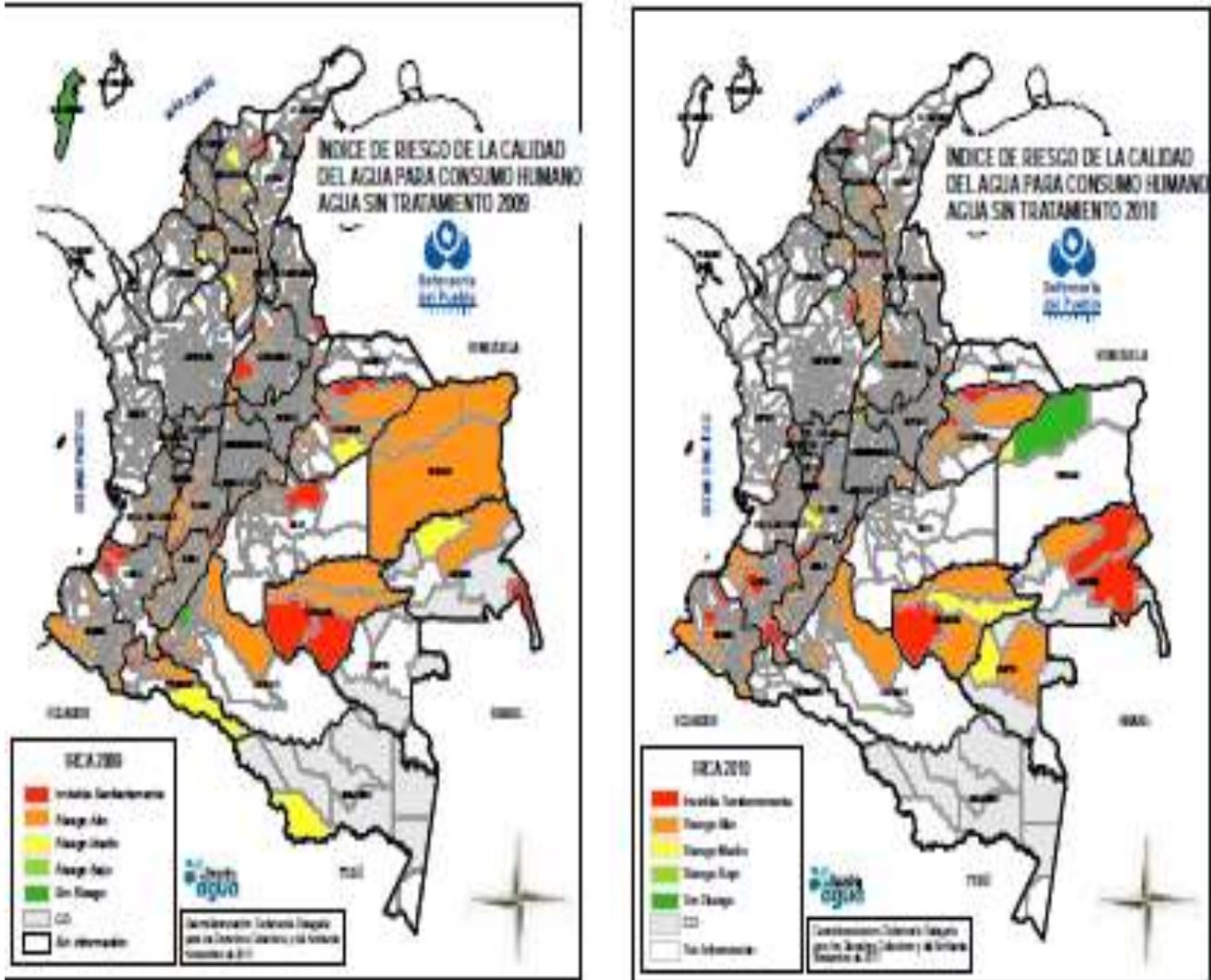


Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.1.3. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua no tratada.

En el mapa siguiente se puede identificar los departamentos donde se suministra agua cruda y su relación con los resultados del cálculo del índice de riesgo de consumo de agua. Como se puede observar gran parte de los municipios se encuentran agrupados en el sur occidente del país en los departamentos de Nariño, Cauca, Huila; en el centro están Risaralda, Caldas y Quindío; mientras que en el Caribe están Bolívar, Sucre y Magdalena y en el oriente Boyacá, Casanare y Santander (Instituto Nacional de salud, 2012).

Figura 22. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua (IRCA) por departamentos, periodo 2009-2010, Colombia



Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.1.4. Municipios en riesgo inviable sanitariamente.

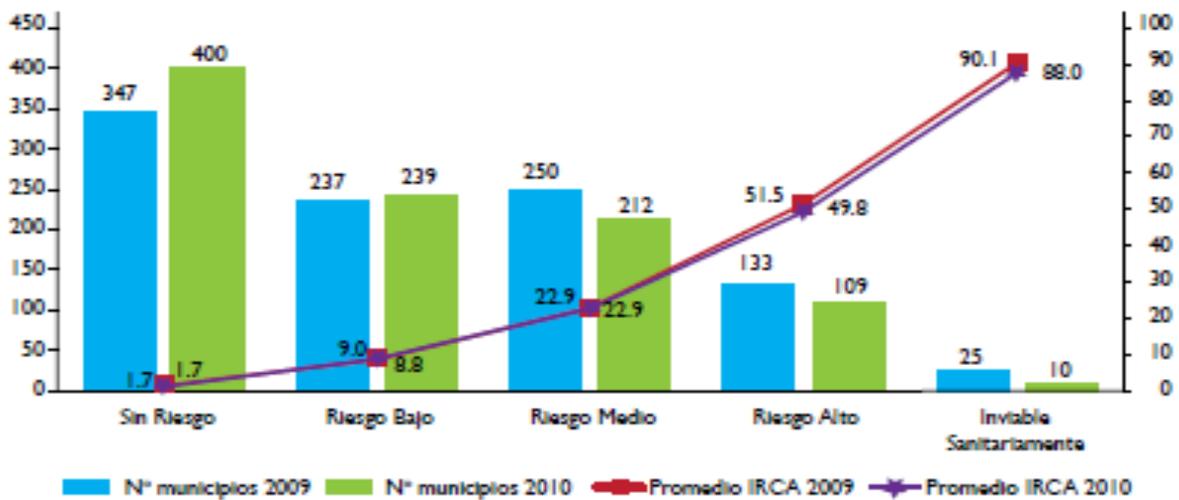
Por el alto riesgo en la salud, es importante especificar de manera puntual los municipios que han suministrado agua inviable sanitariamente, que restringe su uso doméstico. Durante el periodo analizado 2009-2010, el número de municipios analizados que distribuyen agua inviable sanitariamente aumento al pasar de 76 a 100 (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.1.5. Análisis de la calidad del agua tratada 2009-2010.

De los 1.011 municipios que registraron información en el año 2010, en 970 se registró información de los resultados de las muestras de la calidad del agua tratada y suministrada en 2.427 localidades por 2007 empresas prestadoras del servicio de acueducto (Instituto Nacional de salud, 2012).

En promedio cada municipio es atendido por dos empresas que dotan del servicio de agua tratada, mientras que la vigilancia del agua sin tratamiento es de 5 prestadores por municipio, situación que dificulta la vigilancia al recurso, así como a las medidas de optimización a implementar para mejorar la calidad, y actualización de los sistemas de tratamiento de aguas. Como nos muestra la gráfica No. En el periodo analizado 2009-2010, 53 municipios han cambiado la categoría del riesgo, al cumplir la normatividad de calidad del agua (Instituto Nacional de salud, 2012).

Figura 23. Categoría del riesgo por número de municipios en agua tratada, Colombia, 2009-2010.



Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

Tabla 6. Número de Municipios por departamento y categoría del riesgo, en agua tratada

| DEPARTAMENTO | CATEGORIA SIN RIESGO | RIESGO BAJO | RIESGO MEDIO | RIESGO ALTO | INVIABLE SANITARIAMENTE |
|----------------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------------------|
| Antioquia | 97 | 13 | 1 | 1 | 2 |
| Amazonas | - | - | - | 1 | - |
| Arauca | 5 | 2 | | | - |
| Archipiélago de san Andrés | 1 | | | 1 | - |
| Atlántico | 1 | 2 | 6 | 1 | - |
| Bolívar | 1 | 6 | 3 | 14 | - |
| Boyacá | 37 | 37 | 42 | 5 | - |
| Caldas | 18 | 5 | 3 | 1 | - |
| Caquetá | 4 | 5 | 4 | 2 | - |
| Casanare | 3 | 8 | 6 | | - |
| Cauca | 7 | 18 | 4 | 8 | 3 |
| Cesar | 6 | 4 | 5 | 5 | 1 |
| Córdoba | 8 | 4 | 5 | 7 | 1 |
| Cundinamarca | 58 | 39 | 17 | 2 | - |
| Guaviare | 3 | - | 1 | - | - |
| Guainía | - | - | - | 1 | 1 |
| Huila | 24 | 11 | 1 | - | - |
| La guajira | 4 | 8 | 2 | - | - |
| Magdalena | 3 | 4 | 7 | 8 | - |
| Nariño | 10 | 9 | 22 | 17 | - |
| Norte de Santander | 17 | 12 | 9 | 1 | 1 |
| Quindío | 12 | - | - | - | - |
| Risaralda | 1 | 8 | 5 | - | - |
| Santander | 24 | 9 | 28 | 17 | 1 |
| Sucre | 12 | 8 | 2 | 3 | - |
| Tolima | 17 | 11 | 6 | 5 | - |
| Valle del cauca | 10 | 14 | 15 | 2 | - |
| Vichada | 1 | 1 | - | 1 | - |
| Vaupés | - | - | 1 | 1 | - |
| TOTAL | 400 | 239 | 212 | 109 | 10 |

Fuente: Elaboración propia.

EL análisis nos muestra que en los dos años analizados, el número de municipios inviables sanitariamente disminuyó durante el periodo 2009 y 2010 en 25 y 10 municipios respectivamente. De los 25 municipios en categoría inviable sanitariamente 3 permanecieron en la misma categoría en el 2010, 6 pasaron a riesgo alto y 3 a riesgo medio, 2 a riesgo medio y los 1 restantes no informaron durante el año 2010 (Instituto Nacional de salud, 2012).

En el año 2009 la categoría IRCA riesgo alto tenía 133 municipios, en el año 2010 se registraron 109. De los 133 municipios, 5 municipios empeoraron la calidad del agua tratada convirtiéndose en inviables sanitariamente en el año 2010, 44 permanecieron en la misma categoría; 47 mejoraron a un IRCA en riesgo medio; 11 a riesgo bajo, 7 a sin riesgo y a los 19 municipios restantes no transmitieron información (Instituto Nacional de salud, 2012).

En el 2009 pertenecían a la categoría IRCA riesgo medio 250 municipios que en el año 2010 se redujeron a 212. De los 250 municipios en riesgo medio en el 2009, 33 pasaron a categoría riesgo alto, 97 permanecieron en riesgo medio, 67 están en riesgo bajo, 36 en sin riesgo y los 17 restantes no realizan evaluación de la calidad del agua tratada (Instituto Nacional de salud, 2012).

Se encontró que el número de municipios en riesgo bajo pasó de 237 en el 2009 a 239 en el 2010. De los municipios en categoría de riesgo bajo en el 2009, 11 pasaron a categoría de riesgo alto, 40 a riesgo medio, 95 permanecieron en riesgo bajo, 86 mejoraron al nivel sin riesgo y los 5 restantes no enviaron información (Instituto Nacional de salud, 2012).

En cuanto a la categoría sin riesgo, en el 2009 fueron 347 los municipios que pasaron a 400 en el 2010. De los municipios en categoría sin riesgo en el 2009, 2 cayeron a categoría de alto riesgo, 16 a riesgo medio, 58 a riesgo bajo, 264 permanecieron en categoría sin riesgo y los 17 restantes no remitieron información (Instituto Nacional de salud, 2012).

Tabla 7. Promedio del IRCA en la vigilancia de la calidad del agua con tratamiento, periodo 2009- 2010

| DEPARTAMENTO | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2009 | Promedio IRCA | Categoría IRCA 2010 |
|--|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| Archipiélago de san Andrés, providencia y santa catalina | 6.42 | Riesgo bajo | 4.7 | Sin riesgo |
| Atlántico | 5.23 | Riesgo bajo | 3.6 | Sin riesgo |
| Bogotá, D.C | 8.72 | Riesgo bajo | 5.9 | Riesgo bajo |
| Bolívar | 24.83 | Riesgo medio | 22.5 | Riesgo medio |
| Boyacá | 11.69 | Riesgo bajo | 11.4 | Riesgo bajo |
| Caldas | 8.08 | Riesgo bajo | 10.3 | Riesgo bajo |
| Caquetá | 12.99 | Riesgo bajo | 12.4 | Riesgo bajo |
| Casanare | 9.54 | Riesgo bajo | 9.1 | Riesgo bajo |
| Cauca | 20.44 | Riesgo medio | 11.8 | Riesgo bajo |
| Cesar | 18.53 | Riesgo medio | 11.6 | Riesgo bajo |
| Córdoba | 8.66 | Riesgo bajo | 10.7 | Riesgo bajo |
| Cundinamarca | 6.68 | Riesgo bajo | 5.6 | Riesgo bajo |
| Guainía | 40.67 | Riesgo alto | 57.3 | Riesgo alto |
| Guaviare | 15.57 | Riesgo medio | 11.3 | Riesgo bajo |
| Huila | 4.31 | Sin riesgo | 3.8 | Sin riesgo |
| La guajira | 15.14 | Riesgo alto | 11.7 | Riesgo bajo |
| Magdalena | 25.32 | Riesgo medio | 16.7 | Riesgo medio |
| Meta | 17.67 | Riesgo medio | | Sin información |
| Nariño | 22.95 | Riesgo medio | 22.8 | Riesgo medio |
| Norte de Santander | 9.99 | Riesgo bajo | 5.7 | Sin riesgo |
| Putumayo | 34.60 | Riesgo medio | | Sin información |
| Quindío | 0.15 | Sin riesgo | 1.0 | Sin riesgo |
| Risaralda | 13.80 | Riesgo bajo | 12.3 | Riesgo bajo |
| Santander | 13.54 | Riesgo bajo | 14.3 | Riesgo medio |
| Sucre | 8.62 | Riesgo bajo | 6.1 | Riesgo bajo |
| Tolima | 20.29 | Riesgo medio | 10.2 | Riesgo bajo |
| Valle del cauca | 17.71 | Riesgo medio | 14.2 | Riesgo medio |
| Vaupés | | Sin información | 31.2 | Riesgo medio |
| Vichada | 9.60 | Riesgo bajo | 8.0 | Riesgo bajo |
| Total general | 11.89 | Riesgo bajo | 10.1 | Riesgo bajo |

Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

El departamento de Guainía es el único que presenta un IRCA promedio con riesgo alto, adicionalmente dicho promedio se incrementó en 16.7 puntos entre el periodo analizado. Los departamentos de Vaupés, valle del cauca, Santander, Nariño, magdalena, amazonas, Bogotá, presentaron un IRCA promedio con riesgo medio para la salud (Instituto Nacional de salud, 2012).

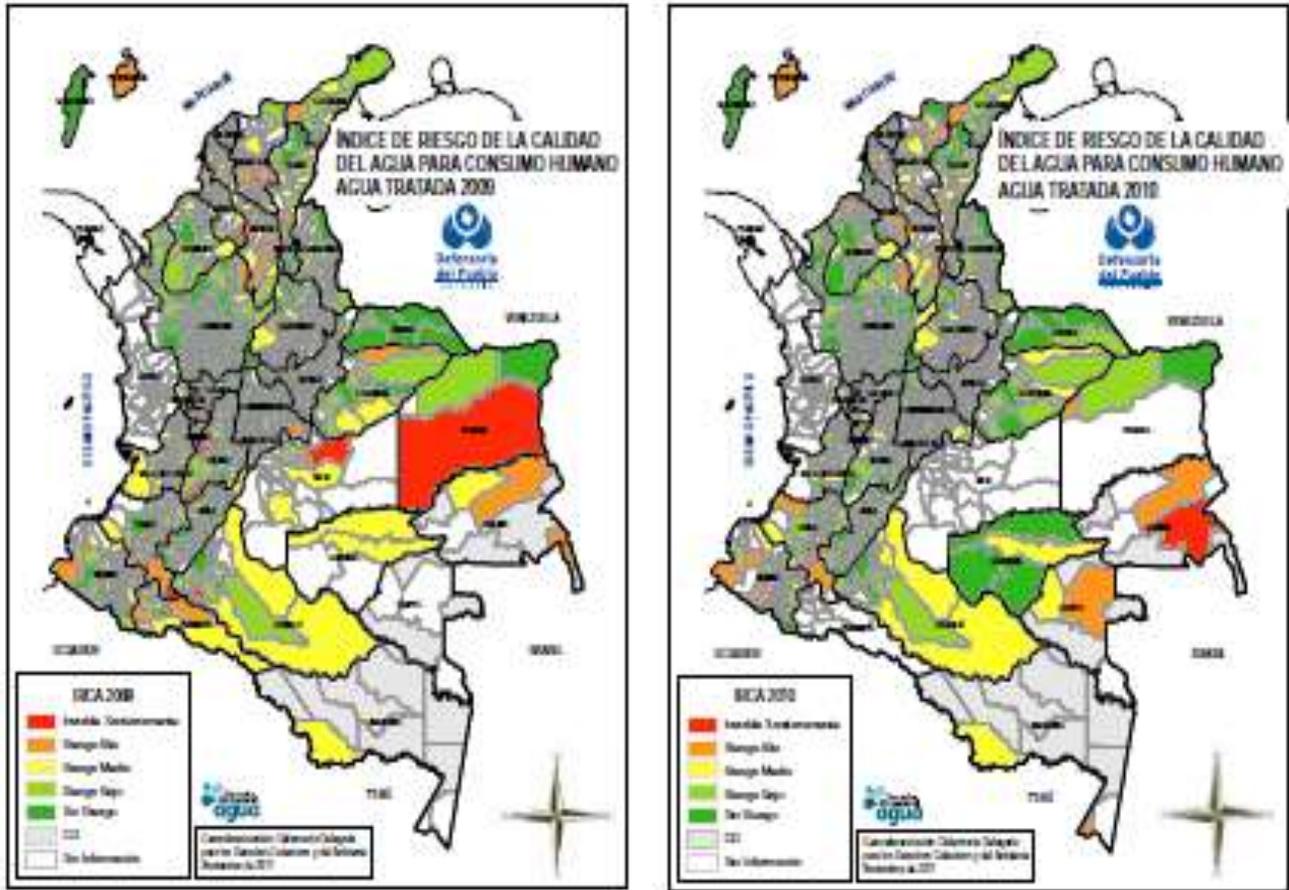
El promedio nacional de calidad del agua tratada permanece en riesgo bajo, con positivo descenso en el puntaje promedio IRCA de 11.9 a 10.1 (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.1.6. Resultados georeferenciados del índice de riesgo de consumo de agua tratada.

Al geo referenciar los resultados de las muestras de la calidad del agua tratada, se observan aquellos departamentos con mayores deficiencias en la calidad del agua que suministran para consumo humano: Nariño, Bolívar y Magdalena, seguidos por Cauca, Santander (Instituto Nacional de salud, 2012).

Se observa que los departamentos de Choco, Meta y Putumayo no suministran información. En el 2009, 143 municipios no realizaron vigilancia a la calidad del agua no tratada, tras que en el 2010 fueron 164 municipios. De los 143 municipios que no reportaron en el 2009, 104 tampoco lo hicieron en el 2010, 7 presentaron IRCA sin riesgo, 13 en riesgo alto y 2 en inviable sanitariamente (Instituto Nacional de salud, 2012). Los mapas siguientes muestran la georreferenciación del índice de riesgo para el agua tratada durante el periodo 2009-2010:

Figura 24. Resultados georreferenciados del índice de riesgo de consumo de agua (IRCA) por departamentos, periodo 2009-2010, Colombia



Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

Sanciones por mala calidad del agua para consumo humano. Conforme al artículo 6 del De acuerdo con el Decreto 1575 de 2007, la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios debe iniciar investigaciones administrativas y sancionar a las empresas que suministren o distribuyan agua para el consumo humano por incumplimiento de las disposiciones referidas en el decreto.

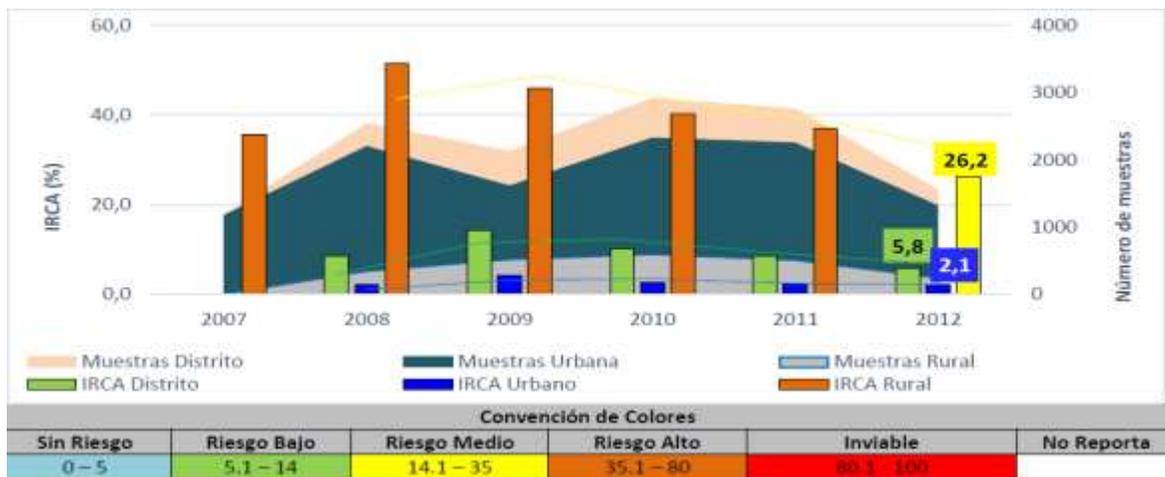
Durante 2009 la SSPD culminó 60 investigaciones a prestadoras de servicios públicos por suministro de agua no apta para el consumo humano. Las multas ascendieron a un valor de 1.747 millones de pesos; para el año 2010 se adelantaron 148 investigaciones las cuales tuvieron un valor inicial de 2.079 millones.

Se archivaron 20 sanciones por inconsistencias en la información suministrada por las autoridades sanitarias.

1.2. Calidad de agua en Bogotá D.C. 2012

El IRCA consolidado de la ciudad de Bogotá, D.C. para el año 2012 fue de 5.8, valor que pertenece al nivel de riesgo bajo predominantemente de las muestras tomadas en la zona urbana, que presento un 2.1% nivel de sin riesgo y en la zona rural de 2.2% nivel de riesgo medio (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

Figura 25. Tendencia del IRCA consolidado en Bogotá. D.C. 2007-2012.

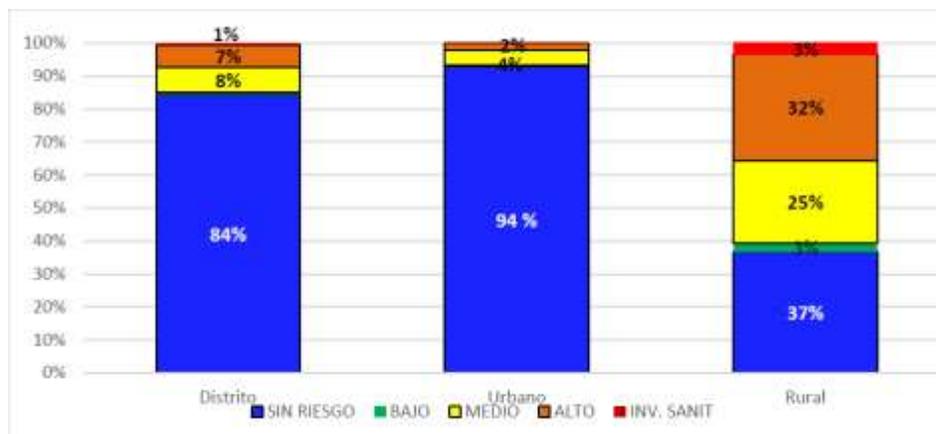


Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

El análisis de la distribución porcentual de las muestras consolidadas según nivel de riesgo para el Distrito, mostraron 84% en nivel de sin riesgo, el riesgo bajo 0%, medio 8% y riesgo alto e inviable

sanitariamente el otro 8%. Los resultados de la zona urbana fueron del 94% de las muestras en nivel de sin riesgo y el resto para los demás niveles de riesgo medio y alto. Los resultados en la zona rural mostraron el 37% de las muestras analizadas sin riesgo, 3% con ajo riesgo, 25% en riesgo medio y alto con 332% de las muestras, el resto fueron inviables sanitariamente (Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental, 2014).

Figura 26. Distribución del porcentaje de muestras según nivel de riesgo en Bogotá D.C. 2012



Fuente: (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.3. Calidad de agua consumida en Bogotá, D.C.

Del total de la población vigilada en 2012, la escalera de consumo, mostro que el 93% consumida agua potable (7.039.813). Considerando la suma de los porcentajes de muestras obtenidas sin riesgo a nivel urbano y rural. El 4.7% de la población (359.558 habitantes) consumieron agua segura, totalizando los porcentajes obtenidos de las muestras urbanas y rurales en riesgo bajo y medio. Para el 2.1% de la

población (165.313), el agua consumida fue de bajo tratamiento e involucro muestras en riesgo algo en las dos zonas y finalmente para el 0.2% de la población (15.660 habitantes), posiblemente consumieron agua directamente de la fuente y están relacionados con muestras sanitariamente en la zona urbana (Instituto Nacional de salud, 2012).

Respecto de las muestras evaluadas, 96.4% fueron tratadas y el resto relacionadas sin tratamiento. El 99% de las muestras presentaron aceptabilidad para *E. coli* y coliformes totales dentro del valor de norma. En la zona rural fue del 80% de *E. coli* y 68% para coliformes totales. En las pruebas fisicoquímicas se observó que el 98% el color está dentro del estándar de potabilidad, 98% para turbidez, PH y cloro residual del 95%. En la zona rural 76% de las muestras de color estuvieron dentro del estándar, 87% para turbidez, 96% para PH y cloro residual con 44% (Instituto Nacional de salud, 2012).

1.4. Sustancias de interés ambiental y sanitario

1.4.1. Aluminio (Al).

En Bogotá, este parámetro se contempla regular en la norma de vertimientos de aguas residuales a la red de alcantarillado, revisada la normatividad internacional, se encontró que el aluminio (Al) se regula en la mayoría de los países consultados. Está incluido en los objetivos de calidad establecidos en el acuerdo 043 por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), para el año 2020 en el Rio Bogotá. Actualmente no se regula en la Resolución 1074 de 1997, y no es considerado como sustancia de interés sanitario en el decreto 1594 de 1984 (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente: En estudios de Ecotoxicología se ha evidenciado que los peces son más resistentes a la toxicidad de aluminio que los organismos invertebrados (Canadian Council of Ministers of the Environment). En peces, el aluminio puede acumularse en las branquias y afectar el sistema de intercambio de oxígeno y en anfibios puede afectar el sistema reproductivo (Barabaz, 2002).

En aves, el aluminio no es muy tóxico ya que no es muy bien asimilado, sin embargo, puede afectar el intercambio de fósforo y calcio (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El aluminio puede inhibir el crecimiento de las plantas, las concentraciones con las que ocurren estos efectos depende de la especie. La toxicidad de aluminio se ha asociado con el PH del suelo. En suelos ácidos (PH=5), el aluminio puede producir esterilidad, en suelos alcalinos (PH>7), se puede precipitar eliminando cualquier efecto tóxico (FAO). La FAO recomienda una concentración máxima de 5 mg/L en el agua, si este va a hacer uso para riego. La EPA establece que un PH entre 6 y 9.5 en los cuerpos de agua, el aluminio no representa efectos tóxicos a los organismos acuáticos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud Humana A partir de la revisión bibliográfica realizada no se encontraron evidencias suficientes para determinar que el aluminio tiene efectos severos sobre la salud humana. La inhalación en altas cantidades de esta sustancia, genera problemas respiratorios (ATSDR, 2006) por vía oral el aluminio se absorbe poco (US EPA), la absorción depende de la clase de sal de aluminio y factores de la dieta (OMS). Existen evidencias que altas concentraciones de aluminio en el organismo puede producir problemas con las conexiones en las neuronas (mal de Alzheimer) sin embargo la OMS establece que las evidencias no son suficientes para establecer esta relación (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá). El aluminio en forma de sales cálcicas tiene el potencial de precipitarse de tal manera que puede obstruir el sistema de alcantarillado (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.2. Antimonio (Sb).

Este parámetro se regula en países como Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelanda. En Bogotá actualmente no se regula, ni se establece como criterio en los objetivos de calidad en el Río Bogotá, sin embargo, en el Decreto 1594 de 1984 se establece como una sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente. Las plantas son las más susceptibles a toxicidad por antimonio que los animales, especialmente, las algas (Danish Environmental Protection Agency), De acuerdo con la EPA, no se han encontrado evidencias suficientes para determinar que el antimonio sea bioacumulable. En Dinamarca se ha encontrado altas concentraciones de antimonio en las plantas, sin embargo, las concentraciones en crustáceos y peces son bajas (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos sobre la salud humana El antimonio puede ser altamente tóxico para los humanos por inhalación; en exposiciones por largos periodos a bajos niveles puede causar trastornos en el corazón, los pulmones y úlceras estomacales (ATSDR, 1995). La Organización internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha establecido que el trióxido de antimonio es un posible cancerígeno para los humanos por inhalación. Por vía oral no se encontró información suficiente, que evidencia que el antimonio puede ser cancerígeno y establecer su toxicidad. En animales, se ha descubierto que el antimonio puede producir lesiones en el hígado (ATSDR) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.3. Arsénico (As).

Se regula actualmente en la resolución 1074 de 1997, se propone seguir regulándolo en la norma de vertimientos de aguas residuales a la red de alcantarillado. Se regula en la mayoría de países consultados en la revisión Bibliográfica, además se establece como parámetro en los objetivos de calidad del Río Bogotá para el 2020 (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá). En el Decreto 1594 de 1984, el arsénico se considera como sustancia de interés sanitario.

Efectos en el medio ambiente. El arsénico tiene efectos severos sobre los organismos heterótrofos al ser cancerígenos y mutagénicos para organismos acuáticos. En las aves, dependiendo de la especie, el arsénico puede obstruir el transporte de sangre, causar hiperactividad, inmovilidad o problemas de comportamiento y de reproducción (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En las plantas, el arsénico es altamente tóxico. La FAO recomienda un nivel de arsénico de 0,1 mg/L en el agua, si esta va a hacer uso para actividades agrícolas. Las plantas acumulan concentraciones altas de arsénico (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El arsénico es altamente tóxico para los humanos IARC ha clasificado esta sustancia como cancerígeno para los humanos (grupo 1, IARC), la ruta de exposición puede ser por inhalación, o por ingestión de alimentos, como los peces y mariscos que acumulan arsénico en los tejidos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

La ingestión de altos niveles de arsénico puede producir la muerte, en bajos niveles puede producir problemas gastrointestinales y alteración del ritmo cardíaco. En periodos prolongados puede producir alteración en el color de la piel (ATSDR), ingestión de arsénico en el agua puede causar cáncer de piel, de pulmones, urinario y riñones (OMS). La OMS ha relacionado el incremento del riesgo de contraer cáncer de hígado y vesícula biliar con el contenido de arsénico en el agua potable a una concentración menor de 0,05mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.4. Bario (Ba).

El bario se regula actualmente en la Resolución 1074 de 1997, se propone seguir regulándolo en la norma de vertimientos de aguas residuales a la red de alcantarillado. En la revisión bibliográfica realizada de normatividad internacional se encontró que el bario se regula en la mitad de los países consultados. Adicionalmente, el bario se establece en los objetivos de calidad para el Río Bogotá. En la norma nacional, el bario se considera una sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente En la literatura se ha encontrado que el bario se puede catalogar como un contaminante moderadamente tóxico para la vida acuática. En las aguas, la forma más tóxica del bario

tiende a formar sales que se precipitan y migran hacia las aguas subterráneas. Este compuesto tiene una baja tendencia de acumulación (US EPA) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud La toxicidad de los compuestos de bario depende de la solubilidad de estos en el agua o en el tracto intestinal (ATSDR, 2005). La ingestión de alimentos o de agua potable con altos contenidos de compuestos de bario que se solubilizan fácilmente en el agua en periodos breves, puede causar en los humanos alteraciones gastrointestinales y de debilidad muscular (US EPA). En dosis altas, el bario puede alterar el ritmo cardiaco y producir la muerte (ATSDR, 2005). En estudios en animales se mostró que el consumo de dosis altas de bario, sufrieron daños en los riñones y hasta la muerte (ATSDR, 2005). La OMS recomienda una concentración en el bario en el agua potable no mayor de 100 ($\mu\text{g/l}$) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.5. Boro (B)

El boro se regula en el 50% de los países consultados, se establece como criterio de calidad para los objetivos contemplados en el río Bogotá en el 2020. No está incluido en la resolución 1074 de 1997, ni se establece como sustancia de interés sanitario en el Decreto 1594 de 1984 (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El boro se encuentra en las aguas subterráneas, en las aguas superficiales se puede encontrar debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales. En los ecosistemas acuáticos, el boro se encuentra comúnmente en forma de hidróxido de borato ($\text{B}(\text{OH})_4$), en el cual forma complejos con los metales. El Boro es un nutriente esencial en pequeñas cantidades para el crecimiento de las plantas, Concentraciones de 1 a 2 mg/L de boro son altamente tóxicas para las plantas (FAO). La FAO ha clasificado la sensibilidad de ciertos frutos acorde al boro y recomienda una concentración de 0,2 mg/L de boro en el agua si esta va a ser utilizada en la irrigación (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud La ingestión de boro en altas dosis por cortos periodos puede producir daños en el sistema digestivo y cerebro en los seres humanos (ATSDR). La exposición de boro por inhalación en niveles bajos puede generar irritación en la nariz, ojos y garganta (ATSDR). En hombres expuestos a largos periodos puede afectar la generación de espermatozoides (ATSDR) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Estudios en animales en laboratorio que ingirieron ácido bórico y borato de sodio en periodos cortos y largos, presentaron daños al sistema reproductivo (OMS), afectando los testículos. No se evidencio efectos genotóxicos. No se encontró información de efectos de cancerogenicidad de los compuestos de boro en los humanos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.6. Cadmio (Cd).

Actualmente este parámetro se regula en la resolución 1074 de 1997, está incluido en los objetivos de calidad para el rio Bogotá y se regula en casi todos los países consultados de la referencia internacional. En el Decreto 1594 de 19984, el cadmio se considera como una sustancia de interés sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El cadmio puede ser encontrado en las aguas superficiales y subterráneas, naturalmente en concentraciones menores de 0,01 µg/L (US EPA). La principal fuente de vertimientos de cadmio a los cuerpos de agua son las actividades antropogénicas, provenientes de refineries de cinc, de la producción de hierro y acero, de fertilizantes o pesticidas (EPA) La mayoría de cadmio que entra a las aguas se sedimenta. El cadmio es toxico tanto para las plantas como para los animales. En bajas concentraciones, el cadmio puede interferir en el metabolismo de las plantas, al obstruir la adsorción del cinc, nutriente necesario para el crecimiento. Altas concentraciones de cadmio pueden reducir el crecimiento de las plantas (EPA). El cadmio tiene potencial de acumularse en plantas y suelos en cantidades que pueden ser peligrosas para los humanos. La FAO recomienda una

concentración de 0,01 mg/L en el agua, si esta va a hacer usada en actividades agrícolas (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En ecosistemas acuáticos, el cadmio puede ser toxico dependiendo de la forma como este se encuentre en el ambiente (US EPA). El cadmio tiene efectos inhibitorios en organismos heterótrofos a concentraciones superiores a 1 mg/L (Metcalf & Eddy, 2003). Tiene efectos de acumulación en los organismos acuáticos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En la tabla se refiere que los peces son más sensibles a los efectos tóxicos del cadmio que las plantas y los organismos invertebrados (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá). La EPA ha determinado que la dureza del agua influye en la toxicidad del cadmio en los organismos acuáticos, los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática, fijados por la EPA, están en función de la dureza del agua. Los iones de magnesio y calcio presentes compiten con el cadmio para asentarse en las branquias de los peces (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud Los humanos pueden estar expuestos al cadmio por inhalación de aire contaminado o por ingestión de agua o alimentos con alto contenido de cadmio (hígado, mariscos y riñones) ATSDR, 1997. El cadmio es altamente toxico para los humanos. IARC ha clasificado el cadmio y los compuestos de cadmio como sustancias cancerígenas para los humanos (grupo I, IARC). Cadmio se acumula en los riñones y tiene una vida media de 10 a 30 años en el organismo (OMS). Estudios en animales que ingirieron cadmio en la comida y en el agua presentaron problemas en el hígado y lesiones en el cerebro (ATSDR, 1997). Inhalación de altos niveles de cadmio puede producir lesiones en los pulmones y la muerte en los humanos. La OMS recomienda una concentración de cadmio en el agua potable menor a 0,003 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.7. Zinc (Zn).

Se propone regular este parámetro en la norma de vertimientos de aguas residuales a redes de alcantarillas y cuerpos de agua. El Zinc se regula en más del 80% de los países consultados de la referencia internacional y se establece como criterio de calidad en el acuerdo 043 de 2006 de la CAR. Actualmente, este parámetro se regula en la resolución 1074 de 1997. En el Decreto 1594 de 1984 el zinc no es considerado como una sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El zinc puede encontrarse en las agua de forma natural con concentraciones de 0,01 a 0,05 mg/L (OMS), tiende a sedimentarse en los cuerpos de agua (US EPA). Esta sustancia es un micronutriente esencial, en altas concentraciones puede ser altamente tóxico. La toxicidad del zinc depende de factores químicos como la viabilidad de calcio, magnesio, dureza y PH. En aguas blandas el zinc es menos tóxico. Los invertebrados terrestres son sensibles a elevados niveles de zinc. En las aves, el zinc puede causar mortalidad, degradación pancreática y reducción del crecimiento. En mamíferos, el zinc puede causar problemas cardiovasculares, en el desarrollo inmunológico, problemas en el hígado y pulmones (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá). Altas concentraciones del suelo en el zinc tiene efectos tóxicos sobre las plantas y microorganismos, pudiendo causar clorosis y reducción del tamaño de la hoja (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, citado por Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

A partir de la tabla se infiere que los invertebrados son más sensibles a los efectos tóxicos del zinc que los peces. En las plantas, el zinc puede acumularse en grandes cantidades antes de presentar efecto tóxico (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud La dieta es la principal fuente de zinc en los humanos. La ingestión de grandes cantidades de zinc puede causar anemia y disminución de niveles de colesterol, la deficiencia de este elemento en la dieta puede generar problemas gastrointestinales y metales. En animales, el consumo de grandes cantidades de zinc ha producido infertilidad (ATSDR), sin embargo no se han evidenciados estos

efectos en los humanos. No se encontraron efectos de cancerogenicidad de zinc en los humanos. La inhalación de grandes cantidades de zinc por periodos prologados puede generar problemas en el sistema respiratorio (US EPA) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.8. Cloruros (Cl).

Debe contemplarse la posibilidad de regular los cloruros en la nueva norma de vertimientos a redes de alcantarillado de la ciudad, ya que se establece como criterio de calidad para los objetivos de calidad en el rio Bogotá. Actualmente los cloruros no se regulan en la resolución 1074 de 1997 (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El cloruro es toxico para diferentes organismos. En las plantas, el cloruro en altas concentraciones, dependiendo de la especie, puede causar efectos adversos al crecimiento y la reproducción. En aves, el cloruro causa daños en el páncreas y reduce el crecimiento, muchas veces puede causar la muerte. Para los organismos acuáticos, el cloruro en forma de cloruro de calcio, magnesio y potasio puede ser altamente toxico. En mamíferos causa, problemas cardiovasculares, en el desarrollo, inmunológicos, problemas en el hígado y pulmones (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud Los humanos están expuestos a los cloruros por ingestión de agua o en el consumo de sal en los alimentos. No se encontraron efectos tóxicos del consumo de cloruro en la dieta. La OMS no sugiere valores de referencia de cloruros en el agua para el consumo humano, establece que a concentraciones mayores de 250 mg/L, los cloruros le dan un sabor amargo al agua (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.9. Cobre (Cu).

Se propone regular el cobre en la normatividad de vertimientos a red de alcantarillado y cuerpos de agua. Actualmente el cobre se reglamenta en la Resolución 1074 de 1997, En todos los países de

referencia internacional regulan este parámetro. La CAR incluye el cobre en los objetivos de calidad para el Rio Bogotá. En el Decreto 1594 de 1984 se considera el cobre como sustancia de interés sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El cobre puede ser liberado al ambiente en forma natural o por actividades antropogénicas. No se degrada en el ambiente, generalmente se adhiere a la materia orgánica (ATSDR, 2004). En fuentes de agua superficial, el cobre se encuentra en concentraciones de 0,20 a 30 µg/l (US EPA, 2007). El cobre es un micronutriente esencial para plantas y animales, ya que lo usan en la síntesis de proteínas y pigmentos de la sangre (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

El cobre es un nutriente esencial para las plantas en bajas dosis para el crecimiento. La FAO establece que concentraciones entre 0,1 a 1 mg/L son tóxicas para cierto número de plantas. La FAO recomienda una concentración de 0,2 mg/L en el agua de irrigación (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

En organismos heterótrofos, concentraciones de cobre superiores a 1 mg/L son altamente tóxicas (Metcal & Eddy). En las aves, el cobre puede causar reducción de la tasa de crecimiento (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

La toxicidad del cobre en los ecosistemas acuáticos depende de las características del agua, como temperatura, partículas suspendidas, PH, y dureza (US EPA). Acorde con la literatura, la toxicidad del cobre disminuye cuando la dureza del agua aumenta. El efecto agudo que se presentan en los organismos por dosis elevadas de cobre en cortos periodos es la disrupción del intercambio de sodio/potasio, necesarios para la osmoregulacion (US EPA). El cobre se bioacumula en diferentes órganos de los peces y moluscos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El cobre es un nutriente necesario para la diete de los humanos, para la producción de hemoglobina, colágeno y melanina (University of Maryland, S.F.). La OMS establece que el cobre ingerido en aguas contaminadas puede afectar el sistema gastrointestinal. La ingestión de altos niveles de cobre puede dañar el hígado, los riñones y hasta producir la muerte (ATSDR, 2004). La OMS establece

una concentración máxima de cobre en el agua para consumo humano de 2 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.10. Cobalto (Co).

Se propone regular el cobalto en la norma de vertimientos de aguas residuales vertidas a la red de alcantarillado o cuerpos de aguas, ya que se establece como criterio en los objetivos de calidad del Río Bogotá y se regula en algunos países consultados (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente Las industrias que vierten cobalto a los cuerpos de agua son especialmente aquellas que utilizan aleaciones con acero, industrias de cerámicas y talleres de vehículos. El cobalto y sus compuestos son altamente tóxicos para la vida acuática, se caracterizan por ser altamente persistentes y se bioacumulan en los tejidos de los animales (Australian Government Department of the Environmental water, Heritage and the Art, citado por Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El cobalto es un micronutriente esencial para las plantas, sin embargo en bajas concentraciones es tóxico para los cultivos. La FAO recomienda una concentración de 0,05 mg/L de cobalto en el agua para irrigación (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El cobalto es un micronutriente necesario en los humanos, ya que es un componente de la vitamina B12 que ayuda en la producción de glóbulos rojos y funcionamiento del sistema nervioso central, en bajas concentraciones puede ser tóxico para los humanos. Los humanos están expuestos al cobalto por ingestión de alimentos y en el agua potable. Altas exposiciones de cobalto pueden causar daños en la piel, riñones y daños en los pulmones, hasta puede causar la muerte al afectar el corazón. La IARC ha clasificado el cobalto y sus compuestos como posibles sustancias cancerígenas para los humanos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.11. Cromo total.

En la mayoría de países consultados de la referencia internacional reglamenta el Cromo total. En la resolución 1074 de 1997 y en el decreto 1594 de 1984 se categoriza como sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Naturalmente, el cromo puede estar presente en los cuerpos de agua superficiales a concentraciones de 0.002 mg/L (Canadian Health Federal Department, S.f.) El cromo tiende a depositarse en los sedimentos y adherirse a partículas de suelo y materia orgánica, solo una pequeña parte del cromo se solubiliza en el agua (ATSDR, 2001).

El cromo se puede encontrar en los cuerpos de agua en forma de cromo trivalente en aguas con PH menor a 5 o como cromo hexavalente. Las fuentes de vertimientos de cromo a los cuerpos de agua provienen primariamente de las actividades humanas o los depósitos de las emisiones atmosféricas. El cromo trivalente es un nutriente necesario para el metabolismo de grasas, aceites y proteínas en los mamíferos. Es menos toxico para los organismos acuáticos (US EPA), su toxicidad varía dependiendo de las características del agua como dureza y alcalinidad. El cromo III se oxida en las aguas lentamente a Cromo VI, la tasa incrementa con la temperatura (US EPA). La FAO recomienda unas concentraciones cromo total en el agua para actividades agrícolas de 0,2 mg/L. El cromo hexavalente es altamente toxico para los ecosistemas acuáticos, por lo tanto se considera regularlo como sustancia prohibida en la nueva norma de vertimientos a redes de alcantarillado o cuerpos de agua (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El cromo hexavalente ha sido clasificado por la IARC como compuesto cancerígeno para humanos. El cromo trivalente es un elemento esencial para humanos. No se encontraron evidencias de efectos tóxicos de ingerir cromo trivalente en el agua. La ATSDR reporta que el contacto con la piel de cromo trivalente puede producir enrojecimiento de la piel. La OMS recomienda una concentración de cromo total en el agua de 0.05 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.12. Estaño (Sn).

Actualmente el estaño no se regula en la Resolución 1074 de 1997, ni se establece como criterio de calidad para los objetivos de calidad reglamentados por la CAR para el río Bogotá, ni tampoco se considera de interés sanitario en la norma nacional. Se propone regular el estaño en la norma de vertimientos a redes de alcantarillado, ya que en la mitad de los países de referencia internacional es reglamentado (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El estaño es liberado al ambiente por procesos naturales o antropogénica (ATSDR), se pueden encontrar en el agua, suelo o aire. En el agua, el estaño se adhiere en los sedimentos aunque algunos compuestos inorgánicos se solubilizan en el agua (ATSDR) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El estaño en forma orgánica es altamente tóxico para los ecosistemas acuáticos, pueden producir daños en el crecimiento, reproducción y disrupción del sistema endocrino. La forma de estaño orgánica más tóxica es tributilestaño, por esta razón se propone regular esta sustancia de sustancia prioritaria para disminuir y evitar su vertimiento en cuerpos de agua y redes de alcantarillado. Las sales inorgánicas de estaño son poco tóxicas para los organismos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud La comida es la principal fuente de exposición de estaño en los humanos. Los compuestos orgánicos de estaño son altamente tóxicos para la salud, algunos de estos son disruptores del sistema endocrino, como tributil de estaño, esta sustancia se propone en la norma regularse como sustancia prohibida. El estaño en forma inorgánica no es muy tóxico para los humanos ya que es poco absorbido en el sistema gastrointestinal, no se acumula en los tejidos y se eliminan rápidamente en la orina (ATSDR) establece que la ingestión de grandes cantidades de compuestos inorgánicos de estaño puede producir dolores de estómago, anemia y alteraciones del hígado y los riñones (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.13. Fenoles totales.

Los compuestos fenólicos son regulados en la norma local. Se reglamente en más de la mitad de los países de la referencia internacional, y la CAR lo establece como criterio para los objetivos de calidad del río Bogotá. Los fenoles no solo incluyen el compuesto fenol, sino también en el laboratorio se detecta otras formas de fenoles que son más tóxicas para los organismos como los clorofenoles. En el decreto 1594 de 1984 estos compuestos son considerados de interés sanitarios (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El fenol puede ser liberado al ambiente por actividades naturales como la descomposición de la materia orgánica y producto de residuos de animales, y en procesos antropogénicas como refinación de carbón. En el ambiente, el fenol se puede encontrar en el aire, donde se remueve fácilmente, en el suelo donde puede permanecer entre 2 a 5 días o en el agua donde puede permanecer de 2 a 20 días. (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Australian Government, citado por Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá). El Fenol no se acumula ni en peces ni en plantas, pero es altamente tóxico.

Efectos en la salud Los humanos pueden estar en contacto con los fenoles por inhalación, vía oral o por contacto directo. Las exposiciones agudas por inhalación causan irritación respiratoria, dolores de cabeza y sensación de quemaduras en los ojos (ATSDR, 2006). Las exposiciones agudas por contacto directo, causan daño en los riñones y hasta la muerte. En ensayos con animales, se han evidenciado que el consumo de agua con altas concentraciones de fenoles produce temblores musculares y problemas de coordinación. La ingestión de grandes cantidades de fenoles puede producir quemaduras internas y la muerte. El fenol ha sido clasificado por la IARC como sustancias NO cancerígena para los humanos. La OMS establece que compuestos fenólicos tales como policlorofenoles son posiblemente cancerígenos para los humanos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.14. Fosforo total.

Debido a la mínima remoción que tienen los sistemas de tratamientos de aguas residuales de la ciudad y debido a que este elemento está íntimamente ligado a problemas de eutrofización en reservorios con el Embalse el Muña, se propone se regule en la norma de vertimientos de aguas residuales antes de verterse a redes de alcantarillado o cuerpos de agua. El fosforo se regula en la mitad de los países consultados de la referencia internacional (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El fosforo es un nutriente esencial para la vida acuática, pero en concentraciones altas junto con el nitrógeno puede crear problemas de eutrofización en el cuerpo de agua y generando condiciones anaeróbicas, lo cual puede conducir a la mortalidad de los organismos acuáticos, especialmente los peces. El fosforo entra al ambiente de forma natural, se encuentra en el suelo, en las rocas o por actividades antropogénicas. La forma como el fosforo es tomado por los organismos es en forma de ortofosfatos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud La principal fuente de exposición de fosforo en los humanos es por ingestión, principalmente por el consumo de alimentos como frutas secas y pescado. El fosforo es un componente importante del ADN y de estructuras como citoplasma y mitocondrias. La carencia de fosforo en la dieta puede generar debilitamiento de huesos y alteraciones en el cerebro. No se encontró información de efectos tóxicos por consumo de altas dosis de fosforo en los humanos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.15. Hidrocarburos totales del petróleo.

Los hidrocarburos se regulan en más de la mitad de los países consultados. Muchas de las sustancias que pertenecen a este grupo son considerados como de interés sanitario en el decreto 1594 de 1984 (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente Los hidrocarburos pueden entrar al ambiente debido a derrames o escapes, como producto de accidentes y subproductos de uso comercial o privado. En el agua, los hidrocarburos pueden formar una capa superficial o depositarse en los sedimentos. Los hidrocarburos formas compuestos de hidrocarburos policiclicos aromáticos, sustancias altamente toxicas para los organismos debido a su potencial ser cancerígenos y mutagénicos (Venturinia & Munizb, 1999, citado por Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud Los riesgos a los humanos producidos por Hidrocarburos pueden ser asociados a los riesgos de compuestos, tales como los PAH, que son altamente tóxicos para los humanos, ya que pueden producir efectos adversos en la sangre, al sistema inmunológico, los pulmones, la piel y los ojos. La IARC clasifica el benceno, compuesto de los hidrocarburos, como cancerígeno para los humanos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.16. Hierro.

Actualmente el hierro no se regula en la resolución 1074 de 1997 y en el decreto 1594 de 1984 no se considera una sustancia de interés sanitario. Actualmente este parámetro se reglamenta como criterio para los objetivos de calidad en el rio Bogotá (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El hierro se encuentra en forma natural en las aguas naturales a concentraciones de 0.5 a 50 mg/L (OMS). En la atmosfera, el hierro se puede encontrar debido a las actividades antropogenicas especialmente en industrias de hierro y acero, plantas de energía térmica o por procesos de incineración (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1978, citado por Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Este metal no es toxico para las plantas, sin embargo puede contribuir en la acidificación del suelo y perdida de la viabilidad de compuestos como fosforo y molibdeno para las plantas. La FAO recomienda una concentración de hierro en las aguas utilizadas para actividades agrícolas de 5 mg/L. No se

encontraron efectos tóxicos al hierro para los organismos acuáticos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El hierro es un nutriente esencial para los humanos. Existen evidencias de efectos adversos en el tracto intestinal por consumo de agua potable con alto contenido de hierro. No se encontraron otros efectos tóxicos relevantes para los humanos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Otros efectos El hierro en forma de sales férricas puede precipitarse y causar obstrucciones en el alcantarillado. Altas concentraciones de hierro pueden generar problemas de color en las aguas (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Importancia de regulación El hierro se reglamenta en más de la mitad de los países consultados en la referencia internacional consultada. El hierro se regula como criterio en los objetivos de calidad para el río Bogotá 2020 (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.17. Litio.

Este parámetro no se regula en la norma actual de vertimientos de la ciudad de Bogotá, resolución 1074 de 2004. El litio no se considera sustancia de interés sanitario en el Decreto 1594 de 1984. También se contempla en los objetivos de calidad para el río Bogotá (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El litio se encuentra naturalmente en ecosistemas acuáticos con una concentración menor a 0.02 mg/L en aguas no contaminadas (Australian and New Zealand Guidelines for fresh and marine water Quality, 2000). Estudios han demostrado que el litio en concentraciones similares a las que se encuentran en aguas residuales tratadas no representa una amenaza para los organismos acuáticos (Danish Environmental Protection Agency). En las plantas. El litio es fácilmente adsorbido, no es un elemento necesario, pero ayuda al crecimiento de las plantas, en concentraciones mayores a 2.5 mg/L puede ser altamente tóxico (FAO) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud. El litio puede ser absorbido por los seres vivos por vía oral, pero su toxicidad es baja (The Risk Assessment Information System - RAIS, 1995). El sistema que altamente se ve afectado por la toxicidad del litio es el sistema nervioso. Se han evidenciado que dosis de 5 g de cloruro de litio producen un envenenamiento fatal en los humanos. En tratamientos medicinales que se le han suministrado litio a pacientes con problemas mentales e han evidenciado daños en el sistema nervioso y riñones (Danish Environmental Protection Agency, citado por Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.18. Manganeseo (Mn).

El manganeso se regula en más de la mitad de los países de la referencia internacional. Actualmente, este parámetro se regula en la resolución 1074 de 1997, aunque en el decreto 1594 de 1984 no se considera como una sustancia de interés sanitario. Es importante que se regule en la norma de vertimientos a redes de alcantarillado y cuerpos de agua, así como se establece como criterio en los objetivos de calidad para el río Bogotá 2020 (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El manganeso se puede encontrar naturalmente en los cuerpos de agua superficial y aguas subterráneas, comúnmente en aguas anaerobias. En el aire, el manganeso se puede encontrar debido a actividades antropogénicas, como en la quema de combustibles fósiles.

En los animales, el manganeso en bajas dosis es un elemento esencial para llevar a cabo procesos metabólicos de síntesis de carbohidratos y proteínas. Sin embargo, en altas dosis puede ser altamente tóxico para la vía acuática y en exposiciones crónicas puede causar mortalidad, inhibir la reproducción y el crecimiento. Los organismos heterótrofos pueden tener efectos inhibitorios cuando la concentración de manganeso en el agua es superior a 0,1 mg/L (Metcalf & Eddy, citado por Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

En las plantas, el manganeso es esencial para el crecimiento, ya que ayuda al metabolismo de nitrógeno y síntesis de la clorofila. Altas concentraciones de manganeso pueden afectar el crecimiento de las raíces

de las plantas en suelos ácidos. La FAO recomienda una concentración de manganeso en el agua, para ser usada en actividades agrícolas de 0,2 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El manganeso es un elemento esencial para los humanos, sin embargo, su deficiencia o sobredosis puede producir efectos adversos. El manganeso puede causar efectos neurológicos por inhalación. En animales, se han evidenciado efectos neurológicos por consumo de agua potable (OMS). La agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos ha clasificado el manganeso como un contaminante moderadamente tóxico para los humanos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.19. Mercurio.

En más del 80% de los países consultados de la referencia internacional se regula y además se establece como criterio en los objetivos de calidad para el río Bogotá en el 2020. Actualmente, el mercurio es regulado en la resolución 1074 de 1997 y se considera como sustancias de interés sanitario en la normatividad nacional (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente El mercurio es un elemento peligroso, ya que se bioacumula en el medio ambiente y en la biota. La toxicidad del mercurio depende de la forma como se encuentre, en los cuerpos de agua superficial tiende a acumularse en los sedimentos. El mercurio orgánico específicamente el metil mercurio, es la forma más tóxica del mercurio ya que es altamente absorbido por los organismos y se elimina poco. Debido a la toxicidad del mercurio orgánico se propone la eliminación progresiva del vertimiento directa o indirectamente de esta sustancia a los cuerpos de agua (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En exposiciones crónicas de mercurio en los ecosistemas acuáticos, puede causar mortalidad, inhibir la reproducción y crecimiento de los animales acuáticos, es mutagénico y teratogénico. En exposiciones crónicas, el mercurio ataca el sistema nervioso y riñones de aves, peces y mamíferos. En invertebrados,

el mercurio, causa problemas de osmoregulacion e intercambio de oxígeno, en la reproducción, el crecimiento, el comportamiento y el metabolismo (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efecto para la salud El mercurio en forma metálica, inorgánico u orgánico, puede dañar de forma permanente los riñones y el cerebro, además se ha evidenciado que es teratogénico para los humanos (ATSDR). En exposiciones crónicas, el mercurio es toxico para el sistema nervioso. El mercurio y compuestos inorgánicos no son cancerígenos para los humanos, acorde con la IARC, sin embargo, el mercurio orgánico es catalogado como posible sustancia cancerígena (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.20. Molibdeno.

El molibdeno es reglamentado en algunos países consultados de la referencia internacional y se establece como criterio en los objetivos de calidad establecidos por la CAR, para el rio Bogotá. El decreto 1594 de 1984 no considera el molibdeno como sustancia de interés sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El molibdeno, en forma oxidada puede encontrarse en aguas naturales a concentraciones muy bajas de 0,03 a 10 µg/l Esta forma de molibdeno, en ambientes anóxicos, se puede precipitar y ser absorbido por iones oxidados o materia orgánica y ser movida en fase líquida. El molibdeno puede llegar al suelo o aguas subterráneas lentamente, si existen las condiciones adecuadas de PH, sulfato y fosfatos en al agua. No se considera un contaminante peligroso para la vida acuática, es un nutriente esencial, en bajas concentraciones para mamíferos para llevar a cabo actividades enzimáticas (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

La FAO recomienda una concentración de molibdeno de 0,01 mg/L en el agua. En ganadería puede ser altamente toxico para los animales en concentraciones altas. El molibdeno no se bioacumula en la cadena alimenticia. Se infiere que los crustáceos son los organismos más sensibles a los efectos adversos

del molibdeno que las algas y peces. Los peces presentan una resistencia a los efectos tóxicos del molibdeno (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en salud El molibdeno se considera un elemento esencial para la dieta humana, en dosis diarias de 0,1 a 0,3 mg/L. La toxicidad de molibdeno por vía oral depende de los niveles de consumo de cobre en la dieta, altos consumos hacen que el molibdeno sea tóxico en bajas concentraciones. En estudios animales se ha evidenciado que en exposiciones agudas, genera problemas gastrointestinales. No se han encontrado datos de toxicidad aguda o subcrónica por consumo o inhalación de compuestos de molibdeno para humanos. En animales, se ha evidenciado que puede generar daños en el hígado, riñones y sistema respiratorio. No se han encontrado evidencias que el molibdeno sea cancerígeno por vía oral (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.21. Níquel.

El níquel se regula en más del 80% de los países consultados y se reglamenta como criterio en los objetivos de calidad para el río Bogotá. Actualmente, el níquel se regula en la resolución 1074 de 1997 y en decreto 1594 de 1984 no es considerado como sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El níquel se encuentra en forma natural en los cuerpos de aguas superficiales a concentraciones menores de 1 µg/l, provenientes de actividades naturales o antropogénicas. En las aguas residuales, el níquel en presencia de amoníaco, EDTA o cianuro puede formar complejos solubles muy estables (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Pequeñas cantidades de níquel son esenciales para el crecimiento normal y reproducción de algunas especies animales. El níquel y sus compuestos pueden tener efectos de toxicidad crónica y aguda en la vida acuática (USA EPA). Para algunas especies de la vida acuática, el níquel puede ser mutagénico,

cancerígeno y genotóxico, además causa daños en los tejidos y reduce el crecimiento. Los moluscos y crustáceos son los organismos más sensibles a los efectos tóxicos de esta sustancia.

En las plantas el níquel es tóxico a concentraciones entre 0,5 y 1 mg/L; la toxicidad puede ser reducida a PH alcalinos a neutros. La FAO recomienda concentraciones de níquel en el agua, si esta va a ser usada para actividad agrícola de 1 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Los datos referenciados nos muestran que los crustáceos son más susceptibles a los efectos tóxicos de los compuestos de níquel que los peces.

Efectos en la salud Los compuestos de níquel pueden entrar al organismo por inhalación, ingestión o contacto. La ruta más común es por ingestión a través de alimentos y agua potable (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El níquel es categorizado por la IARC como sustancia cancerígena para los humanos. La OMS establece que el níquel es cancerígeno por inhalación, aún faltan evidencias de bioensayos para determinar la cancerogenicidad del níquel por vía oral. El níquel metálico y sus aleaciones son clasificados como posibles sustancias cancerígenas para los humanos. La forma más tóxica de níquel es en forma de carbonilo de níquel. Las sales de níquel por ingestión presentan baja toxicidad al humano, ya que son pobremente adsorbidas en el organismo (US EPA) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.22. Nitrógeno total. (N)

El nitrógeno es un nutriente que presenta una amenaza creciente para los ecosistemas acuáticos, humedales, lagos por su potencialidad de eutrofizar (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente La forma tóxica del nitrógeno amoniacal es la no ionizada (NH_3), la toxicidad del amonio en la vida acuática depende directamente del PH y la temperatura del agua (US EPA). En concentraciones bajas, el amonio puede causar toxicidad en los peces. Las plantas asimilan el nitrógeno en forma de iones nitratos y de amonio para el crecimiento (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud Los nitratos son altamente tóxicos para los humanos, especialmente los niños, son los más susceptibles al envenenamiento por nitratos. Ellos debido a su bajo acidez estomacal, convierten los nitratos en el organismo, generando la metahemoglobina, es decir deficiencia de transporte de sangre en el cuerpo que produce asfixia y hasta la muerte de los infantes (OMS) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.23. Plata (Ag).

Este parámetro se regula en la resolución 1074 de 1997. El decreto 1594 de 1984 no considera esta sustancia como sustancia de interés sanitario.

Efectos en el medio ambiente La plata puede ser liberada al aire y al agua a través de procesos naturales (erosión de rocas) o por actividades antropogénicas (procesamiento de minerales, manufactura de cemento o quema de combustión fósiles (ATSDR). La plata es altamente toxica para los ecosistemas acuáticos. Elevadas concentraciones de plata en el agua pueden causar mortalidad en larvas de los peces, desarrollo anormal y reducción del crecimiento (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud El hombre puede estar expuesto a la plata por inhalación o por ingestión. La exposición a altos niveles de plata por un periodo largo puede producir una enfermedad llamada argiria, que es un descoloramiento azul grisáceo de la piel y otros tejidos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.24. Plomo (Pb).

Este parámetro se regula en todos los países de la referencia internacional y se establece como criterio en los objetivos de calidad para el rio Bogotá en el año 2020. Actualmente el plomo se regula en la resolución 1074 de 1997 y en el decreto 1594 de 1984 se establece como una sustancia de interés sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente. Naturalmente, los compuestos de plomo tienden a combinarse con iones de carbonatos o sulfatos y formar compuestos insolubles (USA EPA). El plomo no se degrada fácilmente y es liberado a los cuerpos de agua superficial, a través de precipitación y por descargas de aguas residuales domésticas e industriales (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

El plomo es un nutriente necesario para el crecimiento biológico (Metcalf and Eddy), es tóxico en los peces en altos niveles, generando problemas musculares, neurológicos, reproductivos e inhibición de crecimiento de los organismos. En mamíferos y aves, el envenenamiento con plomo produce daños en el sistema nervioso, riñones, hígado, causa esterilidad e inhibición del crecimiento. En plantas, el plomo puede inhibir el crecimiento, al generar problemas de fotosíntesis, mitosis y adsorción del agua. La FAO recomienda una concentración de plomo en el agua para irrigación de 5 mg/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud. Las vías de exposición del plomo para los humanos son la inhalación o la ingestión, los efectos tóxicos son los mismos para ambas rutas (ATSDR). La IARC ha clasificado el plomo como posible sustancia cancerígena para los humanos. (2B, IARC). A través de bioensayos en animales, la OMS ha evidenciado que el plomo es tóxico para el sistema nervioso central y periférico, puede tener efectos adversos en las funciones de los riñones y tiroides. El plomo se bioacumula en los huesos y puede afectar el metabolismo del calcio. En mujeres embarazadas, el plomo puede ser transferido al feto (OMS, citado por Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.25. Selenio (Se).

A partir de la referencia internacional se encontró que está reglamentado en la mitad de los países consultados, además se incluye en los objetivos de la calidad para el Río Bogotá. Actualmente se regula en la resolución 1074 y en el decreto 1594 de 1984 se establece como una sustancia de interés sanitario (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente El selenio es un nutriente esencial, en bajas concentraciones, ya que en los humanos y los animales lo utilizan para llevar a cabo actividades enzimáticas. En las aguas residuales, esta sustancia se encuentra en forma de ion selenioso o en forma de selenida cuando los efluentes provienen de industrias de tinturas. Altas concentraciones de selenio reducen el crecimiento de algas verdes y en otros organismos acuáticos, causa desórdenes neurológicos, daños en el hígado, necrosis en los ovarios, problemas de reproducción, crecimiento y movilidad. Se han encontrado efectos de bioacumulación de selenio en organismos acuáticos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En la ganadería, el selenio puede causar efectos adversos en los animales por consumo de plantas con alto contenido de selenio, altas en forma hidrosoluble, causando debilidad de las articulaciones, pérdida de la vista, trastornos respiratorios hasta que pueden generar parálisis física, esta enfermedad es conocida como vértigo ciego (US EPA). Para las plantas el selenio es muy tóxico en bajas concentraciones (US EPA). La FAO recomienda una concentración de 0,02 mg/L en el agua, si esta es usada para uso agrícola (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud. Los seres humanos pueden estar expuestos al selenio, a través de los alimentos, el aire, el agua. Los alimentos son la principal fuente de exposición al selenio (US EPA), especialmente el pescado. En el agua potable se puede encontrar usualmente concentraciones menores de 0,01 mg/L (OMS). Por exposición ocupacional, las personas que trabajan en industrias de pinturas, en procesos de recuperación de selenio pueden estar altamente expuestas a este contaminante (US EPA). Efectos por exposiciones cortas a altas concentraciones de selenio por vía oral pueden causar problemas gastrointestinales como náuseas, vómito y diarrea (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

En la EPA, se reportan efectos neurológicos tales como alergias e irritabilidad. Adicionalmente, el selenio puede alterar las vías respiratorias cuando se inhala (ATSDR). Estudios epidemiológicos, han evidenciado que personas que han estado expuestas a bajos niveles de selenio en largos periodos de tiempo por vía oral, presentan decoloración en la piel, deformación de las uñas, pérdida del cabello y

efectos neurológicos (US EPA). La IARC no ha clasificado este contaminante como cancerígeno. En estudios en animales se ha mostrado que el selenio puede afectar la producción de células sexuales (US EPA), Por inhalación, el selenio puede generar espasmos bronquiales e irritación en las vías respiratorias (ATSDR) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.26. Sulfatos (SO₄).

Los sulfatos se regulan en la mitad de los países de la referencia internacional y se establece como criterio de calidad para la preservación de flora y fauna en el acuerdo 043 de 2006 (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente. Los sulfatos se encuentran en el agua naturalmente o resultado de actividades antropogénicas, específicamente industria de minería, de fabricación de papel, textil y tintorerías. Las aguas residuales industriales son responsables de la mayoría de las emisiones antropogénicas de sulfatos, algunas alcanzan concentraciones de más de 1000 mg/L, mientras en el alcantarillado doméstico las concentraciones son inferiores a 500mg/L. Los sulfatos pueden ser tóxicos para las algas, en altas concentraciones pueden inhibir el crecimiento. En las aves se ha evidenciado que los sulfatos pueden afectar la actividad enzimática. Los sulfatos pueden ser tóxicos para las plantas. Cuando los sulfatos están presentes en las aguas residuales, las bacterias sulforeductoras son capaces de acoplar la oxidación de compuestos orgánicos e hidrogeno a la reducción del sulfato causando como producto final el sulfuro de hidrogeno (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en salud. La presencia de sulfatos en agua potable puede ocasionar un sabor indeseable y contribuir a la corrosión del sistema de distribución (OMS). En altas cantidades, los sulfatos pueden generar problemas gastrointestinales a exposiciones agudas (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.4.27. Sulfuros (S).

Los sulfuros se regulan en la mayoría de países de referencia internacional, genera problemas a la estructura física de los sistemas de alcantarillado y produce olores desagradables (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el Ambiente. Los sulfuros son producto de la reducción de sulfatos en las aguas en condiciones anaerobias, puede ser un producto de la eutrofización de los cuerpos de agua. Los sulfuros son altamente tóxicos para la vida acuática (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud. El sulfuro de hidrogeno para los humanos es toxico por inhalación, causa problemas gastrointestinales y en algunos casos la muerte. Asimismo, el sulfuro de carbono es altamente toxico por inhalación, ya que afecta adversa el sistema nervioso a exposiciones altas (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Otros efectos. Los sulfuros pueden causar corrosión en la infraestructura del alcantarillado. En el tratamiento de las aguas de lodos activados puede afectar el tratamiento. Los sulfuros, específicamente hidrogeno de sulfuro produce problemas de olores a PH menor de 8. (Romero). El sulfuro libre en el agua puede causar inhibición en la metalogénesis en tratamientos anaerobios, reduciendo la producción de biogás y problemas de olor (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Los sulfuros en forma de sulfuro de hidrogeno en las aguas de reúso pueden generar obstrucciones en los sistemas de riego.

1.4.28. Vanadio (V).

Actualmente este parámetro no es regulado en la resolución 1074 de 1997, en el Decreto 1594 de 1984 es establecido como sustancia de interés sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente. El vanadio es un nutriente necesario para el crecimiento biológico, se encuentra naturalmente en el agua a concentraciones de 0,01 a 20 µg/L, tiende a adherirse a los

sedimentos. En ecosistemas acuáticos, las algas y plantón pueden asimilar esta sustancia. No se encontraron efectos tóxicos de vanadio en los ecosistemas acuáticos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Para el reúso del agua en actividades agrícolas, el vanadio puede ser tóxico en las plantas en concentraciones bajas, por lo tanto, la FAO recomienda una concentración de 0,1 mg/L DE VANADIO si se va a utilizar el agua para riego (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en la salud. El vanadio en forma metálica no representa ningún riesgo para la salud humana. (Danish Environmental Protection Agency). Se ha evidenciado que los compuestos de vanadio se absorben en las vías respiratorias, produciendo bronquitis y neumonía por exposiciones altas. El vanadio es poco absorbido en el tracto gastrointestinal. No se conocen los efectos de ingerir vanadio en seres humanos (ATSDR). En estudios en animales se ha evidenciado que el vanadio en altas dosis en el agua puede producir la muerte, producir defectos de nacimiento y producir lesiones en el hígado y riñones. La IARC establece el pentóxido de vanadio como posibles sustancias cancerígenas para los humanos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5. Sustancias de interés ambiental

Las sustancias de interés ambiental se consideran en el borrador de norma de la Secretaría Distrital de Ambiente, como indicadores que permiten evaluar la calidad del vertimiento y su efecto sobre el recurso hídrico. Para cada parámetro considerado como de interés ambiental se justifica la importancia de regularlo en función de los efectos o impacto que generan en los cuerpos de agua o sistemas de tratamiento (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5.1. DBO Y DQO.

La DBO es una medida del oxígeno que requiere los microorganismos para una degradación del sustrato orgánico en condiciones aerobias. Debido a las altas concentraciones de DBO encontradas en las aguas residuales y su disposición sin tratamiento previo en cuerpos de agua, existe un peligro para el medio acuático y la salud humana. En redes de alcantarillado, concentraciones altas de DBO incrementando el potencial de crear sulfuros en el agua (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

La DQO se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente, es útil como parámetro de concentración orgánica de aguas residuales industriales o tóxicos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente. El contenido de materia orgánica en las aguas residuales se mide por medio de parámetros como DBO Y DQO. Altos niveles de materia orgánica en un cuerpo de agua pueden causar un incremento en la demanda de oxígeno debido al aumento en la descomposición biológica. Esto conlleva a un elevado consumo de oxígeno disuelto y a la posible producción de amoníaco cuando hay compuestos orgánicos de nitrógeno presentes. Bajas concentraciones de oxígeno disuelto pueden afectar la vida acuática (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5.2. Sólidos suspendidos y sedimentos.

Los sólidos suspendidos SST están constituidos por partículas cuyo diámetro es inferior a 62 μ m. El término sólidos suspendidos se refiere a la masa o concentraciones de materia orgánica e inorgánica que está contenida en la columna de agua de una corriente, lago o reservorio debido a la turbulencia. Los sólidos sedimentales son una medida del volumen de sólidos asentados al fondo en un cono Imhoff, en un periodo de una hora, y representa la cantidad de lodo removible por sedimentación simple; se expresa en ml/L (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente. Todas las corrientes de agua transportan Sólidos suspendidos solubles en condiciones naturales, sin embargo, si la concentración se incrementa esto puede llevar a alteraciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas del cuerpo de agua produciendo reducción en la penetración de luz, cambios en la temperatura y taponamiento de canales una vez los sólidos se ha depositado. Igualmente, están asociados a efectos estéticos no deseados, altos costos de tratamiento de agua, reducción en la navegabilidad (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Alteraciones químicas: Liberación de contaminantes como metales pesados, pesticidas y nutrientes al cuerpo de agua. Cuando los SS contienen un alto contenido orgánico, la descomposición puede reducir los niveles de oxígeno disuelto (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Alteraciones biológicas: La reducción de luz en la columna de agua afecta la asimilación de energía de las macrofitas y algas. A alta velocidad y altos niveles de SS pueden arrastrar organismos como fitoplancton e invertebrados bentónicos lejos del sustrato o dañando su estructura fotosintética u órganos respiratorios (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5.3. PH.

El PH es la medida de la concentración de ion de hidrogeno en el agua, se expresa como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrogeno.

Efectos en el medio ambiente. El PH influye en la especiación y solubilidad de los metales en el agua. Las aguas residuales con PH extremos son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con PH menor a 6 favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias cuando se hace un tratamiento biológico. Generalmente el PH adecuado para la vida biológica puede ser restrictivo, con un rango de 6.5 – 8.5 (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5.4. Grasas y Aceites.

Las grasas y aceites son los compuestos de carbono, hidrogeno y oxigeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entren en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento en las PTARS e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. Los aceites y grasas de origen vegetal y animal son comúnmente biodegradables y aun en forma emulsionada pueden tratarse en plantas de tratamiento biológico. Sin embargo altas cargas de grasas emulsificador como las provenientes de mataderos, frigoríficos, lavanderías y otras industrias causan serios problemas de mantenimiento en las plantas de tratamiento (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente. La presencia de aceite y grasas en las aguas residuales industriales causan complicaciones en los tratamientos biológicos aerobios y anaerobios. Una forma de tratamiento es la flotación con aire disuelto, se puede llegar a remover el 99% de las grasas y aceites. En tratamientos anaerobios, cuando la carga de aceites y grasas es alta ocurren problemas operacionales como flotación de lodos, efectos tóxicos o de inhibición. Usualmente las aguas residuales industriales son pretratadas antes de llegar a los sistemas de tratamiento urbanos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá). Las grasas y aceites que no son retenidas en el pretratamiento y llegan al tratamiento biológico causan:

- Problemas en los procesos mesofilicos
- Reducción en las tasas de transferencia de oxígeno en tratamientos aerobios
- Formación de capas lípidos en los flósculos biológicos
- Crecimiento de microorganismos filamentosas (Sphaerotilus natans, Thiolithrix, Beggiatoa, Nocardia y Microthrix genero) asociados a formación de espumas.
- Problemas de floculación y sedimentación

- Reducción en la eficiencia de las plantas de tratamiento y malos olores debido a la generación de aglomerados o pellets en el lodo del tratamiento secundario.
- Producción de glicerol y largas cadenas de ácidos grasos los cuales pueden inhibir a varios microorganismos.

1.5.5. *Tenso activos.*

Los detergentes, agentes tenso activos o agentes superficiales activos son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceite, que tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se hallan disueltos. Su presencia disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espumas, aun en bajas concentraciones. Además, inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno. Los detergentes pueden ser clasificados según su grupo polar hidrófilo en aniónicos, catiónico y no iónicos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el medio ambiente. Los detergentes pueden llegar a ser tóxicos, sin embargo el nivel de toxicidad depende de los compuestos como surfactantes, enzimas y quelatos que están presentes en los detergentes.

1.5.6. *Temperatura.*

La temperatura del agua es un factor limitante para los organismos acuáticos, influenciando la actividad metabólica, la ingesta de alimento y el crecimiento. El crecimiento incrementa cuando aumenta la temperatura del agua hasta llegar al punto óptimo, después decrece a medida que la temperatura sigue aumentando (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Efectos en el ambiente. La temperatura tiene un efecto sobre las características del agua, sobre las operaciones y procesos de tratamiento. En general, las aguas residuales son más cálidas que las de abastecimiento. La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación

del oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y la actividad microbial. La temperatura óptima para la actividad bacteriana es de 25°C -35° C (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Otros efectos. Los cambios de temperatura en los tratamientos biológicos de aguas residuales pueden resultar de la variación climática y de la operación de procesos industriales. Estos cambios han sido relacionados con la disminución en el rendimiento del tratamiento e inestabilidad del sistema, por ejemplo la baja actividad, sedimentación insuficiente, efluentes con alto contenido de sólidos suspendidos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

En tratamientos terciarios, cuando hay cambios de temperatura, la nitrificación se puede ver afectada ya que los organismos nitrificantes crecen a una tasa lenta la cual depende de la temperatura. La nitrificación normalmente es el proceso limitante en el tratamiento de aguas residuales, la disminución en la temperatura reduce la capacidad nitrificante de la planta y como consecuencia el efluente puede contener altas concentraciones de amonio (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Los sistemas de tratamiento industrial pueden estar sujetos a cambios frecuentes y drásticos de temperatura que afectan el rendimiento del tratamiento. Las comunidades bacterianas en los tratamientos biológicos termófilos tienen la posibilidad de presentar un potencial metabólico reducido o inhabilidad de degradar simultáneamente múltiples sustratos, sin embargo, es un tratamiento viable para efluentes industriales con altas temperaturas (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.5.7. Color verdadero.

El color en el agua no solamente causa un impacto visual, también restringe la penetración de la radiación solar modificando la actividad fotosintética, la vida acuática y las cadenas alimenticias del ecosistema acuático, Además puede interferir en la solubilidad de los gases en los cuerpos del agua (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Actualmente existe un gran interés por la presencia de numerosos colorantes con diferentes propiedades químicas en las aguas superficiales y subterráneas. En los cuerpos de agua, los tintes pueden producir aminas tóxicas durante la degradación en los sedimentos bajo condiciones anaerobias, alcanzando posiblemente niveles letales para la flora y la fauna del ecosistema acuático. La Degradación de tintes puede generar productos tóxicos y carcinogénicos (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

1.6. Sustancias prioritarias hospitalarias

Mediante una revisión bibliográfica de estudios internacionales investigaciones de genotoxicidad de aguas residuales hospitalarias, se hace un copilado o lista de sustancias o grupo de sustancias, medicamentos que son vertidos a las aguas residuales hospitalarias sin ningún tipo de tratamiento previo y que por tanto requiere un manejo preventivo antes del vertimiento. Los estudios internacionales de monitoreo en los cuerpos de agua, estudios epidemiológicos y de ecotoxicidad en estos países identificaron las características de toxicidad, persistencia y bioacumulación de las sustancias o grupo de sustancias prioritarias.

Se propone que, en la modificación de las normas de vertimientos de aguas residuales a redes de alcantarillado y cuerpos de aguas, se tenga en cuenta una lista de sustancias o grupo de sustancias, medicamentos prioritarios introducidos por la actividad humana en la práctica de la medicina, directa o indirectamente al ambiente que son perjudiciales para la salud, los ecosistemas y que además son difícilmente removidas por un sistema de tratamiento de aguas convencionales.

El objetivo de la lista de las sustancias es exigir que las fuentes generadoras reduzcan, supriman, interrumpan progresivamente los vertidos directos o indirectos de dichas sustancias hasta su eliminación final y evitar que lleguen a los cuerpos de agua.

A partir de la información secundaria consultada se diseñó una matriz de las sustancias propuestas en el Decreto 1594 de 1984 y sustancias reguladas en otros países. Para cada sustancia o grupo de sustancias a regular se identificaron los usos antropogénicos y los efectos que tiene para la salud y el ambiente. Para determinar los usos y efectos se consultaron los estudios epidemiológicos, ecotoxicológicos, cancerogenicidad y otros efectos tóxicos de las siguientes agencias e informes:

ATSDR: Agency for toxic Substances and Disease Registry

USEPA: Enviromental Protection Agency, Lista substances Persistent, Bioaccumulative, and toxic Chemicals.

IARC: International Agency for Research Cancer

BKH: Consulting Engineers, Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption, de la commission Europea.

Las sustancias propuestas se caracterizan por contar con algunas de las siguientes características:

- Cancerígenas o posiblemente cancerígenas para los humanos
- Posibles disruptores del sistema endocrino, es decir sustancias químicas capaces de alterar el sistema hormonal y ocasionar diferentes daños en la salud de hombres y mujeres.
- Afectan alguno de los siguientes sistemas y/o órganos: nerviosos, hígado, riñones.
- Son altamente tóxicos para los ecosistemas acuáticos
- Se bioacumula en la cadena alimenticia
- Son persistentes.

1.7. Parámetros de interés ambiental y sanitario en el sector salud

En el sector salud se incluye diferentes actividades que pueden ser regulados separadamente, ya que generan contaminantes muy diversos de actividad en actividad.

En la revisión bibliográfica realizada, se encontró que dentro de este sector se reglamenta los vertimientos de hospitales en los países de Alemania y Estados Unidos. En la tabla No. se muestra un resumen de los parámetros regulados internacionalmente para hospitales según los diferentes países.

Tabla 8. Parámetros hospitalarios regulados internacionalmente en la norma de vertimientos

| PARAMETRO | ESTADOS UNIDOS | ALEMANIA | FRANCIA | AUSTRALIA |
|-------------------|----------------|----------|---------|-----------|
| DBO5 | SI | SI | SI | - |
| DQO | - | SI | SI | SI |
| NITROGENO | - | SI | - | - |
| FOSFORO | - | SI | - | - |
| AMONIO | - | SI | - | - |
| SST | SI | SI | SI | SI |
| PH | SI | SI | - | SI |
| GRASAS Y ACEITES | - | - | - | SI |
| TEMPERATURA | - | - | - | SI |
| CROMO HEXAVALENTE | - | - | SI | - |
| CIANURO | - | - | SI | - |
| SUST HALOGENADAS | - | - | SI | - |
| ARSENICO | - | - | SI | - |
| HIDROCARBUROS | - | - | - | - |
| FENOLES | - | - | SI | - |

Fuente: (Universidad de los Andes, 2010)

La guía Technical Support Document Effluent Guideline Plan de la US EPA, establecen una categoría como posible para ser regulada en la norma de vertimientos a cuerpos de agua. Esta categoría es denominada industrias de servicios médicos, que incluye aspectos tanto de salud humana, hospitales, centros odontológicos y laboratorios médicos y dentales, consultorios médicos y clínicas, clínicas odontológicas. Acorde con la USA EPA, los contaminantes que conciernen en este sector son Plata, Mercurio, Medicinas, disruptores endocrinos y residuos patógenos. La plata es descargada mayoritariamente con laboratorios de rayos X, el mercurio proviene de los consultorios, clínicas y laboratorios odontológicos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Australia regula dentro del sector salud las actividades de cirugías dentales y médicas incluyendo rayos X, los contaminantes que conciernen son planta, solidos suspendidos, amonio, tiosulfatos y sulfitos, se exige a los establecimientos que tengan separador de amalgamas y trampa para retener yesos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

En el sector salud es de gran importancia regular los vertimientos provenientes de los centros odontológicos, ya que producen y usan amalgamas dentales que son preparadas utilizando plata, mercurio, estaño, cobre, zinc. Según estudios realizados los procedimientos dentales pueden contribuir a la carga total de mercurio a las PTARS en un porcentaje de 10 al 70% (US EPA, 2006). En Alemania establecen que para tratamientos odontológicos se debe tener un separador de amalgamas, con el objetivo de prevenir los vertimientos de sustancias toxicas a los cuerpos de agua (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

1.8.Revisión bibliográfica científica.

Mediante una revisión bibliográfica pretendemos evidenciar estudios científicos que nos confirme los impactos ambientales y de salud pública generados por las diferentes sustancias controladas y no

controladas en los vertimientos hospitalarios, con el fin de proponer una modificación y actualización de la normatividad Colombiana relacionada con vertimientos hospitalarios.

1.9. Evidencia científica de fármacos en aguas residuales, vertimientos hospitalarios y sus impactos ambientales y sanitarios

Toda gestión integral de residuos tiene en cuenta el ciclo de vida de un producto, es decir, desde que se produce hasta que se elimina. Los residuos farmacológicos se constituyen en otro impacto a considerar en el medio ambiente y la evaluación de los riesgos reales y potenciales de los contaminantes de agua, suelo y aire. En materia de residuos peligrosos, Colombia suscribió el Convenio de Basilea y lo ratificó con la Ley 430 de 1998. A partir de la suscripción del convenio se ha regulado la gestión integral del ciclo de vida del producto, la responsabilidad del generador, en la cual se establece que ésta se extiende hasta la disposición final del producto; se introdujo en la normatividad el principio de precaución, la internalización de costos ambientales, normas de seguridad en el sistema de transporte de residuos peligrosos, entre otros.

La producción de productos farmacéuticos son compuestos complejos ampliamente utilizados en todo el planeta; miles de moléculas activas diferentes se usan actualmente en el mundo para combatir o prevenir enfermedades, con cientos de nuevos productos que se sintetizan cada año para reemplazar otros ya obsoletos (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009). Actualmente existe un creciente interés por los contaminantes emergentes ya que son compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el ambiente, o las posibles consecuencias de la misma, han pasado en gran medida inadvertida, causando problemas ambientales y riesgos para la salud (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez). Estos compuestos se encuentran diseminados en el ambiente y se han detectado en fuentes de abastecimiento de agua, aguas subterráneas e incluso agua potable. Son compuestos de los que

relativamente se conoce poco en cuanto a su presencia, cantidad, concentración, impacto y tratamiento; son contaminantes no regulados candidatos hoy a regulación futura y susceptibles de investigación, dependiendo de estudios de monitoreo con respecto a su incidencia (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez). En 1976 se realizó el primer estudio sobre la contaminación por productos farmacéuticos, el cual tuvo lugar en una planta de tratamiento de residuos en Kansas City. En 1992 en Alemania investigadores que realizaban una investigación de residuos de herbicidas en agua, encontraron *ácido clofíbrico*; ese mismo año, estudios en Alemania, Dinamarca y Suecia hallaron este compuesto en ríos, lagos y en el mar del Norte. A partir de los resultados de este trabajo europeo, algunos investigadores norteamericanos comenzaron a prestar atención al tema de medicamentos en el ambiente (Cortacans T, Hernández L, & et al.).

En la literatura científica diferentes autores han identificado algunos medicamentos y otros compuestos que producen efectos tóxicos crónicos durante su exposición, como estrogénicos, genotóxicos, cancerígenos y teratogénicos antibióticos, agentes de contraste de Rayos X, desinfectantes, productos farmacéuticos, químicos agentes microbianos y materia orgánica lo que les imparte una complejidad singular (Irusta M., 2011).

Entre los medicamentos que se conocen sus efectos genotóxicos se encuentran el metronidazol y las fluoroquinolonas. Los nitroimidazoles son mutagénicos y se les consideran carcinogénicos. En investigaciones llevadas a cabo en varios países como Austria, Brasil, Canadá, Croacia, Inglaterra, Alemania, Grecia, Italia, España, Holanda y Estados Unidos se han detectado más de 80 compuestos farmacéuticos y metabolitos de drogas en altas concentraciones en ríos, lagunas superficiales, subterráneas, potable, vertimientos hacia donde se descargan los efluentes tratados y no tratados. Estos productos incluyen antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y los productos de la quimioterapia. En Grecia y España el ácido acetil salicílico (ASA) ha sido detectado en efluentes en concentraciones medias de 0,22 µg/L. En Austria, Brasil, Alemania y Suiza se detectó ibuprofeno en

aguas residuales y en ríos, en tanto que en España se reportan concentraciones hasta de 87 µg/L en aguas superficiales. Otros analgésicos como aminofenazona, codeína, fenoprofeno, hidrocodona, propifenazona, ketoprofeno, ácido mefenámico, naproxeno, fenazona y propifenazona, están presentes en muestras de aguas residuales y superficiales (Irusta M., 2011). La carbazepina (antiepiléptico) se ha encontrado en muestras de aguas residuales municipales y superficiales; por demás se ha evidenciado que en plantas de tratamiento municipal no se elimina significativamente durante el tratamiento; en Berlín se ha reportado concentraciones de 075 ng/L. En Alemania se reportan concentración de 635 ng/L de primidona (antiepiléptico) en aguas residuales municipales. Citostáticos como la ifosfamida y ciclofosfamida en concentraciones de 24 y 146 ng/L respectivamente se registraron en aguas residuales de un hospital Universitario. En tanto que en Hospital Oncológico se reportaron concentraciones de 109 ng/L. Estas sustancias tienen propiedades carcinogénicas, mutagénicas o embrotóxicas debido a su potencialidad farmacológica (Irusta M., 2011).

Benítez, F.J. Acero, J.L. and Roland, G, (2009) refiere que la contaminación proviene no solo de las excreciones, con las que una parte importante del fármaco es eliminado del cuerpo sin metabolizarse, sino que proviene también de la fabricación, investigación y disposición inadecuada de los desechos de estos productos. Uno de los principales problemas causados por los efluentes hospitalarios se debe a su descarga en los sistemas de alcantarillado urbano (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Para Ferreira y Cols, 2000, las aguas residuales hospitalarias se consideran como una de las principales fuentes de contaminantes emergentes, hoy son motivo de preocupación internacional debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados resultado de las diferentes actividades que allí se realizan y la excreción de las sustancias por los pacientes. Estudios han demostrado que estos componentes no son fácilmente removidos por medio de procesos de tratamiento convencionales como las plantas de tratamiento que

emplean procesos biológicos. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez).

Bassi y Moretón, 2003 refiere que tanto los residuos sólidos como los efluentes líquidos provenientes de centros hospitalarios representan un impacto sobre la salud pública cuya magnitud ha comenzado a evaluarse en los últimos años en ámbitos científicos (Bassi & Moretton, 2003).

Verlicchi, p., Galleti et al En la mayoría de los casos estos contaminantes no han sido regulados, razón por la cual se postulan como candidatos a futuras regulaciones dependiendo de estudios que muestren los potenciales efectos sobre la salud y el monitoreo de su ocurrencia. Los procesos de tratamiento que usan en las plantas de tratamiento convencionales por ejemplo coagulación, clarificación y filtración con arenas son efectivos para remover células cianobacterianas pero no lo son para remover o destruir las cianotoxinas disueltas, especialmente en fuentes de agua con altos contenidos orgánicos y dominancia de cianobacterias. Las guías de calidad de agua de bebida de la OMS no consideran la calidad especialmente alta que debe tener el agua necesaria para los tratamientos de diálisis, terapias endovenosas u otros usos clínicos. Por tanto, los hospitales y clínicas requieren aguas con calidad especial para sus procedimientos de diálisis, transfusión, etc. Tales tratamientos varían desde filtración con carbón activado, osmosis inversa, filtración con membranas. La extensión del tratamiento necesario dependerá de la calidad de la fuente de agua municipal (Verlicchi, Al Aukidy, & et al., 2012).

En un estudio procedente del análisis de diversos fármacos en 5 depuradoras de aguas residuales urbanas en Cataluña se han detectado los siguientes valores medios en las aguas de entrada y salida de las depuradoras (Petrovic, González, & et al., 2003):

Tabla 9. Concentraciones de fármacos detectadas en aguas residuales y efluentes de depuradoras

| GRUPO TERAPEUTICO | COMPUESTO | ENTRADA EDAR ng/L | EFLUENTE EDAR ng/L |
|--------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Analgesicos antiinflamatorios | Ketoprofeno | 451 | 318 |
| | Naproxeno | 99 | 108 |
| | Ibuprofeno | 516 | 266 |
| | Diclofenaco | 250 | 215 |
| | Acetaminofén | 10194 | 2102 |
| Antilipemiantes | Ácido clofibrico | 72 | 28 |
| | Gemfibrozil | 155 | 120 |
| | Bezafibrato | 23 | 10 |
| Antiepilépticos | Carbamacepina | 420 | 410 |
| Antiulcerosos | Ranitidina | 188 | 135 |
| Antibióticos | Azitromicina | 152 | 96 |
| | Sulfametaxazol | 590 | 390 |
| | Trimetropina | 1172 | 290 |
| Beta-bloqueante | Atenolol | 400 | 395 |
| | Sotalol | 185 | 167 |
| | Propranolol | 290 | 168 |

Fuente: (Petrovic, González, & et al., 2003).

Carballa, 2004, refiere que en los tratamientos primarios pueden ser eliminados por adsorción a partículas algunos compuestos (ej. estradiol y agentes perfumantes), mientras que otros siguen permaneciendo en la fase acuosa (ej. ibuprofeno, naproxeno, sulfametoxazol, iopromida, etc.) En el tratamiento biológico se han obtenido eliminaciones para distintos fármacos entre 30-75% para el caso de antiinflamatorios y antibióticos (Cortacans T, Hernández L, & et al.).

En estudio realizado por Drewers y et al. (2002) con analgésicos, antilipemiantes y anticonvulsivos han demostrado que para todos estos fármacos excepto para los antiepilépticos, las plantas depuradoras que funcionaban con altas edades del fango mostraban concentraciones inferiores de analgésicos y antilipemiantes en sus efluentes en comparación con las depuradoras que operaban con edades del fango bajas. Estos datos concuerdan con otros obtenidos en diversas investigaciones:

El bezafibrato (10-97%) y el ibuprofeno (12-86%) se eliminan parcialmente en las EDAR, con rendimientos claramente dependientes de la edad del fango (Strenn, 2004; Clara, 2004). Mediante ensayos a escala de laboratorio empleando SBR han demostrado que con SRT superiores a 4 días se observa una reducción de más del 90% de ibuprofeno y bezafibrato. Para el diclofenaco, la reducción era independiente de la edad del fango.

Ternes (1998), Heberer (2002), Clara (2004) y Strenn (2004), en sus estudios para la carbamacepina diversos autores han constatado que no se elimina de forma significativa a su paso por las depuradoras; de los 4 analgésicos más comúnmente utilizados (paracetamol, ácido acetilsalicílico, ibuprofeno y diclofenac) los tres primeros son fácilmente degradados en las depuradoras y sólo el diclofenac tiene bajos rendimientos de eliminación (Heberer, 2002). Parece ser que entre el grupo de los antibióticos, las penicilinas se hidrolizan fácilmente en el agua y las tetraciclinas precipitan fácilmente con cationes como el calcio acumulándose en los fangos (Daughton & Ternes, 1999, citado por Cortacans T, Hernández L, & et al.).

La mayor parte de estas sustancias no son totalmente degradadas en las depuradoras de aguas residuales, por lo que son vertidas con los efluentes y acaban en las aguas superficiales y subterráneas (Halling Sorensen, 1998, citado por Cortacans T, Hernández L, & et al.).

Petrovic, M. 2005, en Alemania han detectado valores de carbamacepina de hasta más de 1075 ng/l en aguas superficiales. (Heberer, 1998). En el río Ebro los fármacos que se han detectado en mayor cantidad han sido los siguientes con los valores medios indicados: ibuprofeno (60 ng/l), acetaminofen (42 ng/l), gemfibrozil (46 ng/l), carbamacepina (30 ng/l) y atenolol (72 ng/l) (Petrovic, González, & et al., 2003).

Benítez, F.J. Acero, J.L. And Roland, G., Entre los principales compuestos que están presentes en este tipo de aguas, se encuentra en los antibióticos de baja biodegradabilidad; el 90% de estos compuestos luego de su administración no son metabolizados y si excretados por medio de la orina o las heces. Varios estudios han demostrado que estos componentes no son removidos cuantitativamente por medio de

procesos de tratamiento convencionales, como consecuencia de esto son encontrados en fuentes de agua potable lo que constituye un potencial riesgo para la salud humana.

Los fármacos han sido encontrados en aguas superficiales y subterráneas e incluso en el agua potable. La contaminación proviene no solo de las excreciones, con las que una parte importante del fármaco es eliminado del cuerpo sin metabolizarse, sino que proviene también de la fabricación y disposición inadecuada de los desechos de estos productos (Acero, Benitez, & et al., 2010).

Stumpf et al, 1999, indica que los principales problemas sanitarios relativos a la contaminación ambiental y su impacto en la salud pública es el vertido de tóxicos a las aguas, por ello es importante efectuar investigaciones de los riesgos que puedan producir los contaminantes presentes en las aguas residuales hospitalarias sobre los ecosistemas (Stumpf, Ternes, Wilken Rodriguez, & Baumann, 1999). Paz y col. (2004) reportan que el consumo de agua por día, estimado por la comisión de ingeniería del hospital teniendo en cuenta el volumen del tanque reservorio, es de aproximadamente 705 metros cúbicos; lo que indica que el gasto de la descarga vario de 0.16 a 0.37 lp/s, esto significa un gasto promedio de 0,32 m³/cama/día (Paz, y otros, 2004).

La caracterización fisicoquímica, biológica y toxicológica de los efluentes hospitalarios es una de las etapas iniciales en los procesos de gestión para encarar acciones que eviten vertidos inadecuados al medio ambiente. La mayoría de estos compuestos son tóxicos para los organismos acuáticos en concentraciones bajas, con tendencia a bioacumularse llegando incluso a transmitirse hasta el ser humano a través de la cadena alimenticia (Paz, y otros, 2004). Las condiciones ambientales no permiten la degradación de estas sustancias ejerciendo efectos negativos sobre las aguas receptoras y las especies que viven en ellas. Chitnis et al., (2000) y Kummeret et al, (2001) catalogaron la parte de los desechos hospitalarios como una fuente de metales en el medio ambiente, y demostraron la existencia de los metales pesados en este tipo de aguas residuales. Jarnheimer PA, Ottosson J, Lindberg R y Col (2004) refieren que el alcantarillado hospitalario puede tener un ecosistema único y extraordinario, con todas las condiciones

necesarias para la selección y diseminación de la resistencia a antibióticos por parte de las bacterias. La mayoría de las bacterias y sedimentos pasan poco tiempo en las tuberías, pero existe la posibilidad de que en ciertas partes del tránsito del vertimiento disminuya la velocidad con mayor tiempo a exposición a los antibióticos y demás medicamentos. También puede haber riesgo de generar resistencia tanto en el sedimento como en los biofilms, los genes resistentes pueden dispersarse luego y terminar finalmente en el ambiente (Manonmani, Ramar, & et al.). Jarnheimer PA, Ottosson J, Lindberg R y Col (2004) en su estudio pudieron determinar y medir distintos antibióticos en diferentes matrices y calcularon el coeficiente de distribución: el análisis químico en la fase líquida se cuantificó ciprofloxacina 0.5 µg/l y ofloxacina 0.4 µg/l luego de tres meses. Otros cinco antibióticos fueron identificados en la muestra: netilmicina, imipenem, meropenem, amoxicilina y norfloxacina (Ryd Ottosson, Jamheimer, & et al., 2012). Los antibióticos son uno de los más grandes logros de la medicina, para el control de la mayoría de enfermedades infecciosas; actualmente se disponen de una amplia variedad incluyendo penicilinas, cefalosporinas, tetraciclinas y análogos como las glicilciclinas, amnioglicosidos, monobactam, carbapenem, macrólidos y derivados como los ketolidos, estreptograminas, quinolonas, glicopeptidos, oxazolidinonas, péptidos catiónicos como las bactericidas, crecropinas y magaininas (aisladas a partir de bacterias, insectos y piel de ranas). A pesar de todos estos avances y perspectivas son muchas las personas que mueren hoy en día debido al problema de la multiresistencia bacteriana a los antibióticos. Se conoce que el 95% de las cepas de *Staphylococcus aureus* son resistentes a la penicilina (Tzoc, Arias, & et al., 2001). Durante los años 40 y 50 se introdujeron varios tipos de nuevos antibióticos, naturales y semisintéticos (esto ocasiono también un problema de multiresistencia). En 1953 se describe una epidemia de *Shigella* multiresistente al cloranfenicol, tetraciclina, estreptomycinas y sulfonamidas (Tzoc, Arias, & et al., 2001).

El uso indiscriminado de antibióticos en las prácticas médicas veterinarias, agrícolas resulta en la descarga hacia el ambiente de antibióticos y bacterias multiresistente a antibióticos.

Los límites de detección para todos los antibióticos se concentraron en 10 y 100 ng/l utilizando un volumen de muestra de 1000 ml. Después de 2 meses se analizaron los sedimentos, se encontraron altas concentraciones de fluorocinonas: 151.4 µg/g y ofloxacina 31.6 µg/g (Tzoc, Arias, & et al., 2001).

Ciertas cantidades de citostáticos no metabolizados y sus metabolitos son liberados a través de las excretas de los pacientes internados a las aguas cloacales (Heberer, 2002). En investigaciones realizadas en países desarrollados encontraron residuos de drogas citostáticas en concentraciones mayores a 1 µg/l así como efectos genotóxicos en muestras de efluentes hospitalarios (Jolibios & col., 2003; Jolibois & Guerbet 2005).

Gupta y col., 2009 refiere en el 2009 que las aguas residuales procedentes de hospitales no son tratados in situ, sino que son transportadas a través del sistema de alcantarillado y se vierten, con o sin un mínimo tratamiento previo. Por eso es importante efectuar estudios de los riesgos que pueden producir los contaminantes presentes en los efluentes sobre el sistema fluvial. Bedner M y Maccrehan (2006) en sus estudios nos dice que el paracetamol sometido a tratamiento terciario (cloración) produce subproductos de reacción tóxica (genotóxicos y mutagénicos) tales como la 1,4 benzoquinona y la imina N-acetil-p-benzoquinona (Paz, y otros, 2004).

Yu J, Bouwer E. y Coelhan M. (2006) reportan que la remoción de fármacos en los sistemas de tratamiento es solo aparente, pues se le puede encontrar en los lodos donde han sido absorbidos. En ensayos a nivel de laboratorio se elimina cerca del 65% de la ciprofloxacina, luego el 78% de esta cantidad puede ser extraída de los lodos lo que significa que no ha ocurrido una verdadera biodegradación, y por lo tanto, esto no elimina el peligro que estos compuestos representan (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Ternes TA, Joss A and Siegrist et al 2004 reporta que los lodos constituyen entonces una nueva ruta de entrada de contaminantes al medio si estos se usan para enriquecer los suelos para la agricultura (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Tales riesgos incluyen los posibles efectos patogénicos de numerosos microorganismos y los efectos tóxicos y genotóxicos de una gran variedad de sustancias químicas generadas en los centros de salud (Bassi & Moretton, 2003). Dremont y Hadjali (1997), Pruess et al, (1999), Bassi y Moretton (2003), Paz y et al, (2004) y, Nuñez y Moretton (2006) refieren que la magnitud del impacto de presencia de fármacos en aguas residuales ha comenzado a evaluarse en los ámbitos científicos y gubernamentales (Paz, y otros, 2004). Giuliani et al, (1996), Steger-Hartman et al, (1997, 1999) y Jolibois et al, (2003) refieren que son pocos los estudios que se ocupan de la genotoxicidad de las aguas residuales del hospital (Paz, y otros, 2004). Gartiser, 1996 concluye que todos los estudios muestran que las aguas residuales del hospital podría tener un potencial genotóxico. Sin embargo, el conocimiento sobre la toxicidad de las aguas residuales del hospital es escaso y se debe estudiar (Gartiser, Brinker, Erbe, Kummerer, & Willmund, 1996). Santos y col., 2010 define la presencia de los fármacos en aguas residuales como un riesgo potencial para el balance biológico natural de los ecosistemas acuáticos, en particular para las algas fotosintéticas ya que representan la base de la cadena trófica y cualquier alteración en la abundancia y composición de esta comunidad puede ocasionar efectos severos en los organismos superiores (Olvera & Corina, 2013). Pro y Col. (2003), Ferrari y col (2004), Sano y Col. (2005), Liu y Col. (2011) infieren que en la actualidad son bien conocidos los efectos tóxicos de varias concentraciones de fármacos y desinfectantes sobre los organismos acuáticos (Olvera & Corina, 2013). Blaise y col (2006) destaca la importancia de las algas Fito planctónicas en la detección de los efectos ecotóxicas de bajas concentraciones de algunos fármacos encontrados en muestras ambiental (Santa Paella & Martins Pestana, 2006) es. Existen pocos datos documentados sobre los efectos combinados de fármacos en algas, pero en bacterias se han reportado efectos tóxicos sinérgicos de ciertos antibióticos con otras drogas de uso común en hospitales como los citostáticos (Kumemerer, 2001). Sano y col., (2005) altas concentraciones de Glutaraldehído de amplio uso en actividades de desinfección, podrían resultar toxico para las algas en concentraciones entre 1,0 y 2,5 mg/l (Kumemerer, 2001).

Las concentraciones de sustancias halogenadas (AOX) superiores a 10 mg/L se han demostrado en los efluentes de los servicios de hospitalización de un centro hospitalario universitario; Sprehe et al en 1999 establecen que estas sustancias tienen una baja biodegradabilidad y una alta adsorción transportada por medios de contraste yodados de rayos X, disolventes, desinfectantes, limpiadores y medicamentos clorados (Paz, y otros, 2004). En 1994 Gartiser et al., refieren estudios realizados en varios hospitales de Alemania que demuestran que la concentración de sustancias halogenadas (AOX) en la mezcla de muestras diarias en los puntos de vertido al alcantarillado público está en el rango de 0.13-0.94 mg/L, pero que la contaminación de las aguas residuales de AOX en parte se deriva de los distintos sectores de los hospitales pueden ser sustancialmente más altos (Gartiser, Brinker, Erbe, Kummerer, & Willmund, 1996). Emmanuel et al, (2001) Informa de la concentración de AOX en los efluentes de un servicio de infecciosas y tropicales de un centro hospitalario académico francés se encuentra en el rango de 0.38-1.24 mg/L. Kümmerer et al., 1998, define que la contribución máxima de los medicamentos a los AOX no está por encima del 11%. Más allá de eso también se sabe que la concentración de AOX en la orina de los pacientes no tratados con medicamentos es muy baja en tanto que Koppe y Stozek, 1993 refiere concentraciones de 0,2 mg/L. Schütz y Hahn, 1997 define estas concentraciones como normales entre 0,001 mg/L (Kumemerer, 2001). Los compuestos orgánicos halogenados se forman por reacción del cloro con compuestos orgánicos de aguas residuales (Schulz & Hahn, 1997). Kümmerer (2001) compuestos orgánicos bromados son insignificantes para la AOX en los efluentes hospitalarios. Sin embargo, los hospitales no pueden dejarse de lado como participantes en el aporte de sustancias halogenadas (AOX) en las aguas residuales urbanas.

Ohe y col. (2004), Uerbet (2005), Ferk y col. (2009), Gupta y col (2009) Jolibois y G, documentan la genotoxicidad producida por los efluentes hospitalarios mediante ensayos de Ames utilizando cepas mutadas de *Salmonella typhimurium* (Paz, y otros, 2004).

Kummerer y col. (2000); Zounkova y col, (2010) Jolibois y col (2003) reportan que las drogas antineoplásicas (citostáticos) tienen una baja degradabilidad en el ambiente y son capaces de interferir en la estructura y función del ADN produciendo efectos citotóxicos, genotóxicos, mutagénicos, carcinogénicos o teratogénicos en los organismos (Paz, y otros, 2004).

Berto y col. (2009), Turkdogan y Yetilmezsoy (2009), Liu y col. (2011): los antibióticos merecen una especial atención debido a su actividad biológica y potencial ecotoxicológico sobre varios organismos tales como las algas y los micro crustáceos afectando el crecimiento y los procesos fisiológicos (Caicedo Asprilla, 2011). En una investigación llevada a cabo por Guiliani F., Koller T., et al, (1996) observaron respuesta mutagénico en las aguas residuales hospitalarias; entre los posibles compuestos con estas características se encontraron antineoplásicos como el cis-platino y la mitomicina C en muy bajas concentraciones (Giuliani, 1994). Falck K., GrohnP., et al, detectaron mutagenicidad en muestras de orina de pacientes de la sección de oncología de un hospital. Ferguson, L.R. et al determinaron que los compuestos utilizados en la terapia del cáncer son mutágenos, reportan su alta toxicidad y los efectos secundarios no deseados como la genotoxicidad y los efectos secundarios no deseados como la posibilidad de generar tumores secundarios como consecuencia del tratamiento quimio terapéutico (Giuliani, 1994).

Para Moretton et al. (1991), Vargas y et al. (1993), Houk (1992) De Marini (1998), Ausley (2000) reportan que la mezcla de productos químicos es con frecuencia diferente de lo previsto para los componentes estudiados por separado, ya que pueden observarse sinergismo o antagonismos entre distintos agentes químicos (Paz, y otros, 2004). Wurgler y Kramers (1992), Ferreira La Rosa et al. (2000), Pitot y Dragan (2001), Emmanuel et al. (2005) refieren que entre los contaminantes ambientales se encuentran sustancias que poseen la capacidad de inducir mutaciones y cambios genéticos en el ecosistema acuático. Monge et al. (2007) los efectos tóxicos y mutagénicos de los metales pesados, así

como la capacidad de los organismos de bioconcentrarlos, conllevan a provocar efectos nocivos a los ecosistemas (Paz, y otros, 2004).

Analgésicos, antibióticos, hormonas, psicofármacos y citostáticos pueden encontrarse dentro del rango de concentraciones de ng/l y µg/l en aguas superficiales (Kumemerer, 2001).

Ingerslev y Halling-Sorensen 2000 informan que medicamentos como las quinolonas nitromidazoles, sulfamidas; y los citostáticos presentan baja biodegradabilidad en el ambiente; la actividad toxica y genotóxica dependerá de las interacciones sinérgicas y antagónicas que pueden ocurrir entre sus distintos componentes. En general, bajas concentraciones de ciertos agentes tóxicos pueden ser químicamente no detectables por métodos analíticos lo que hace necesaria la utilización de sistemas biológicos para su detección (Ingerslev & Halling Sorensen, 2001).

Las Fluorquinonas son un grupo de compuestos sintéticos que se asocian con los mecanismos de resistencia bacteriana, son sumamente potentes, estables y poco biodegradables, este tipo de medicamentos podrían ser uno de los grupos de drogas más importantes en el impacto ambiental y de salud pública por la resistencia bacteriana. La ciprofloxacina ha sido detectada en aguas hospitalarias a concentraciones de 3 a 87 µg/l y se demostró que es la principal fuente de genotoxicidad en las aguas residuales en hospitales suizos y alemanes.

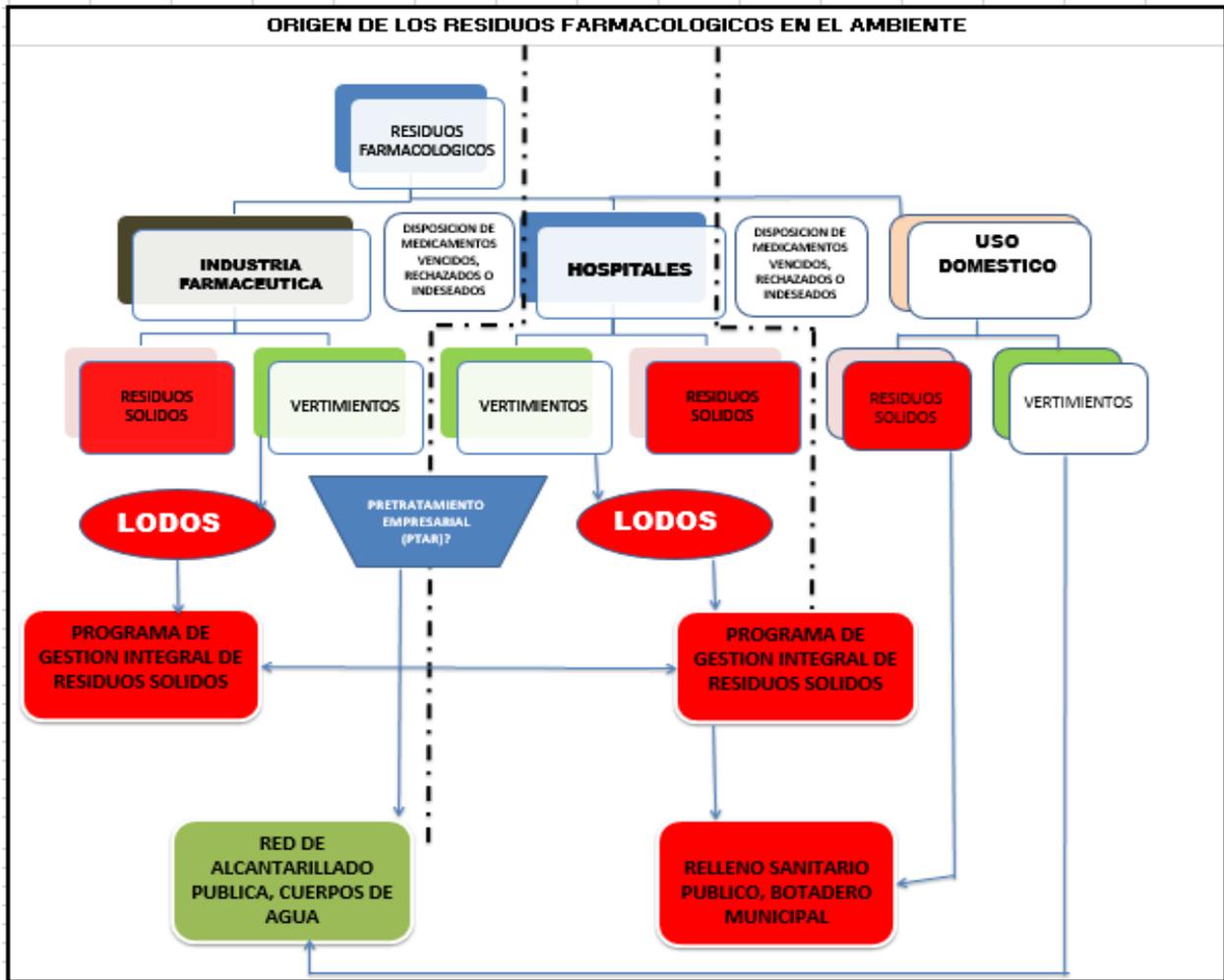
Los antiinflamatorios no esteroideos tales como el ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno y el ácido acetilsalicílico, ejercen un efecto inhibitor (crecimiento, movilidad) sobre determinadas funciones en vertebrados (no mamíferos) e invertebrados. Inhibición del crecimiento y la reproducción, cambios morfológicos, feminización y mortalidad son algunos de los efectos reportados. Estos daños persisten en presencia de pequeñas concentraciones de estos compuestos (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

McArdell CS, L.Kovalova, J Eugster, M. Hagebunch, A. Wittmer, y Siegrist H. (2009), en un estudio que tuvo una durabilidad de 40 días aproximadamente en un hospital Suizo con muestreos semanales,

refieren que los hospitales son conocidos por ser fuentes locales para la descarga de productos farmacéuticos en el medio acuático en donde detectaron una lista de 100 sustancias activas de estos productos farmacéuticos: En un tanque de aguas residuales con capacidad de 200 litros, con un caudal de 200 l/día, generación de lodos de 4 g/L. Se analizaron 69 compuestos, de los cuales 52 fueron encontrados en las aguas residuales del hospital; compuestos como X-ray diatrizoato (permanece 900g/L a pesar de que se retira el 70% con el tratamiento). Otros cuatro medios de contraste (ácido ioxitalamic, diatrizoato, iomeprol y iomepromida se utilizan en el hospital en grandes cantidades y se producen en concentraciones medias superiores a 100 g/l después del tratamiento con carbón activado, ozono y reactores de membranas; la sulfadiazina, sulfonamida y sulfametoxazol mostraron bajas tasas de eliminación. El resto de compuestos permanecen en las aguas residuales después de un tratamiento con bioreactores de membrana, carbón activado y ozono (Kovalonga, Siegrist, & et al., 2012).

Tzoc Edgardo, Arias Laura María Laura Arias, et al. (2004) evaluaron el impacto de un efluente hospitalario sobre los patrones de resistencia bacteriana a antibióticos de poblaciones bacterianas en agua fresca recolectada en una quebrada aledaña a un hospital clase A en San José de Costa Rica. Aislaron 120 muestras de *Escherichia coli* y 75 de *Aeromonas Sp.*, a las cuales les evaluaron su patrón de susceptibilidad a antibióticos. La más alta prevalencia de resistencia en *E. coli* y *Aeromonas* se obtuvo para los antibióticos relacionados, ampicilina, tetraciclina y amoxicilina (Tzo, Arias, & Valiente, 2004). Los medicamentos llegan al ambiente a través de un conjunto de rutas principalmente.

Figura 27. Origen de los residuos farmacológicos en el ambiente



Fuente: (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

1.9.1. Eco-toxicidad de los productos farmacéuticos.

El conocimiento actual sobre la ecotoxicidad de los medicamentos hasta la fecha es insuficiente; los datos más difundidos son los de toxicidad aguda, pero poco se conoce sobre los efectos que a largo plazo los fármacos pudieran provocar. Para una evaluación más objetiva del riesgo que un fármaco produce en el ambiente, se necesitan nuevos ensayos de toxicidad que tenga en cuenta el modo de acción particular del medicamento, así como su toxicidad crónica. Elementos tales como los volúmenes de venta, el

metabolismo, la toxicidad, la biodegradabilidad y la capacidad de algunos fármacos de adsorberse sobre los lodos son de vital importancia para evaluar los riesgos que ellos representan. Se requiere aumentar el conocimiento respecto a la toxicidad de las mezclas de productos farmacéuticos, así como su toxicidad sobre los organismos terrestres.

Los medicamentos están diseñados para tener una ruta y una acción específica tanto en los seres humanos como en los animales, pero poseen también efectos secundarios indeseables. Una vez que estos productos llegan al ambiente pudieran afectar a los animales con similares órganos, tejidos, células o biomoléculas (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Los medicamentos se diseñan para que sean persistentes, es decir que pueden mantener su estructura química un tiempo suficientemente grande como para como para ejercer su trabajo terapéutico, por lo tanto, una vez que entra en los cuerpos de agua persisten en ellos. Los antibióticos en el ambiente, tales como las tetraciclinas, oxitetraciclina y la clortetraciclina afectan el crecimiento, la reproducción y la movilidad de diferentes organismos, además de crear resistencia antibacteriana.

Los antiinflamatorios no esteroideos tales como el ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno y el ácido acetilsalicílico, usados ampliamente a nivel mundial, ejercen un efecto inhibitor del crecimiento y de movilidad sobre determinadas funciones en vertebrados (no mamíferos) e invertebrados.

Pepín JM en 2006, en su estudio *Impacts ecotoxicologiques de certains médicaments dans l'environnement*, realizado en Quebec, Canadá, recoge de manera sintética los daños provocados por el 17α -etinilestradiol y estradiol, componentes de las tabletas anticonceptivas, a diferentes organismos. Inhibición del crecimiento y la reproducción, cambios morfológicos, feminización y mortalidad son algunos de los efectos reportados. Estos daños aparecen incluso en concentraciones muy pequeñas (Pépin, 2006).

La toxicidad aguda y crónica de analgésicos, antiinflamatorios no esteroideos, antidepresivos, antiepilépticos y citostáticos, en algas, zooplancton, otros invertebrados y peces han sido reportados por Fent y Colaboradores (Fent, Weston, & Caminada, 2006).

Cleuvers evaluó el potencial efecto ecológico de una mezcla de productos antiinflamatorios con otros medicamentos, utilizando para ellos ensayos con *Daphnia magna* y algas. Sus resultados demuestran que el efecto de la mezcla aparece a concentraciones en las cuales los productos solos poseen muy poca o ninguna toxicidad (Cleuvers, 2003). Kummerer, Al-Ahmad, y Mersch Sundermann (2000) Describieron los efectos tóxicos provocados por las aguas residuales hospitalarias que contenían antibióticos β -Lactámicos y cefalosporinas sobre *Daphnia magna* y bacterias luminiscentes. Gartiser y Cols demostraron el potencial efecto mutagénico de las aguas residuales por el método de Ames (Kummerer, Al-Ahmad, & Mersch Sundermann, 2000).

Es necesario realizar estudios que nos conduzcan a conocer el efecto a largo plazo de una mezcla diluida de pesticidas, antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y productos de la quimioterapia presentes en aguas residuales, superficiales y subterránea, aun en concentraciones bajas, así como tener presente las múltiples interacciones que pueden ocurrir en una mezcla de compuestos químicos tan compleja.

En los últimos años, se dirigen los esfuerzos a realizar una evaluación más completa sobre el riesgo que los productos farmacéuticos pueden presentar para el ambiente y la salud pública. Esta metodología se basa en la predicción de a concentración que los fármacos tendrían en los cuerpos de agua teniendo en cuenta los volúmenes de venta, tamaño de la población, metabolismo, la biodegradabilidad y la citotoxicidad de los fármacos.

Aplicando esta metodología, Stuer-Lauridsen y col y Jones y cols reportan que el ácido acetilsalicílico, paracetamol, ibuprofeno, amoxicilina, oxitetraciclina y el ácido mefenámico representarían un riesgo para el ambiente en Dinamarca e Inglaterra. Este riesgo es confirmado por las autoridades suizas en

medicamentos como paracetamol y la oxitetraciclina, e incluyen el diclofenaco, etinilestradiol, ibuprofeno, metrolpolol, noretisterona y la tilosina. En Corea Younghee y colaboradores, reafirman el riesgo que representan el paracetamol e incluyen el sulfametoxazol (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Figura 28. Productos Farmacológicos más frecuentemente encontrados en el ambiente



Fuente: (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

1.9.2. Biodegradabilidad de las aguas residuales de la industria farmacéutica y las instalaciones hospitalarias.

Las aguas residuales hospitalarias son variables en cuanto a su composición y depende de factores tales como, la cantidad de pacientes, el tiempo de estadía, la respuesta a los medicamentos y las enfermedades tratadas. Por su parte, las aguas residuales provenientes de la fabricación de fármacos poseen características especiales debido a la naturaleza del proceso productivo. Normalmente las plantas

productoras de medicamentos son polivalentes y sus aguas residuales son intermitentes, fluctuantes y poseen una composición variable dependiendo del régimen de producción y de los productos fabricados (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

La información disponible, demuestran que en la mayor parte de los casos, las aguas residuales de la industria farmacéutica y las instalaciones hospitalarias reciben tratamiento antes de ser vertidas al medio, pero los procesos aplicados son biológicos (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Varias publicaciones ofrecen una caracterización detallada de las aguas residuales hospitalarias antes y después de ser tratadas en un sistema biológico convencional y demuestran que ciertos productos abandonan la planta sin haber experimentado alguna transformación. Algunos científicos alertan sobre el hecho de que las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales no son capaces de eliminar muchos fármacos que llegan a ellas, pues están diseñadas para remover fundamentalmente fosfatos y nitratos.

Fármacos tales como las quinolonas, nitromidazoles o sulfonamidas poseen una baja biodegradabilidad. Estas últimas son menos biodegradables que el pentaclorofenol, considerado como un compuesto recalcitrante (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Otros productos como el paracetamol según estudios a nivel de laboratorio y en plantas de tratamiento son biodegradables sin embargo, su paso a través de un tratamiento terciario como la cloración produce subproductos de reacción tóxicos (genotóxicos y mutagénicos) tales como la 1,4-benzoquinona y la Imina N-acetil-p-benzoquinona (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Por su parte, los agentes citostáticos que se emiten al medio en cantidades inferiores a otros fármacos, tienen un impacto importante por su carcinogenicidad, mutagenicidad y fetotoxicidad, poseen una baja biodegradabilidad (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009). De 20 compuestos estudiados por Kummerer solo dos fueron biodegradables. Estos productos pasan inalterables por los sistemas de tratamiento de aguas residuales y pueden alcanzar los cuerpos de agua.

Un elemento muy importante a tener en cuenta es que en ocasiones, la remoción de los fármacos en los sistemas de tratamiento es solo aparente, pues se les puede encontrar en los lodos donde han sido adsorbidos. Por ejemplo en ensayos a nivel de laboratorio se elimina cerca del 65% de la ciprofloxacina que entra al sistema, luego el 78% de esta cantidad puede ser extraída de los lodos lo que significa que no ha ocurrido una verdadera biodegradación y, por lo tanto, esto no elimina el peligro que estos compuestos representan. Los lodos constituyen entonces una nueva ruta de entrada de contaminantes al medio si estos se usan para enriquecer los suelos para la agricultura (Kinney, Furlong, Zaugg, & Et al., 2006).

Tabla 10. Presencia de productos farmacéuticos en lodos de diferentes plantas de tratamiento

| COMPUESTO | A | | B | | C | | D | E | F | | G | | H | | I |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | LODO | PTAR | LODO | PTAR | LODO | PTAR | LODO | LODO | LODO | PTAR | LODO | PTAR | LODO | PTAR | LODO |
| Paracetamol | 200 | 1400 | 170 | 71 | 28 | 23 | 67 | 75 | 33 | ND | 230 | 130 | 70 | ND | ND |
| Albuterol | 30 | 850 | ND | 380 | ND | 45 | 51 | ND |
| Carbamazepina | 40 | 33 | 12 | 17 | 9 | 11 | 8 | 19 | 17 | 29 | 21 | 13 | 26 | 44 | 390 |
| Dehidronifedipina | 26 | 21 | ND | 26 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 3 | ND | 21 | ND | ND |
| Dialtizem | 59 | 49 | 10 | ND | 3 | ND | 6 | ND |
| Eritromicina | ND | ND | ND | 41 | 2 | 5 | 26 | ND | 8 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Fluoxetina | 32 | 15 | 25 | 19 | 7 | 2 | 5 | 30 | 29 | 38 | 68 | ND | 65 | 25 | 1500 |
| Genfibrozil | ND | ND | 420 | 330 | 120 | 140 | ND | ND | 170 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Sulfametoxazol | 160 | 150 | ND |
| Trimetropina | 22 | 18 | ND | ND | 2 | ND | 0,7 | ND | ND | ND | ND | 3 | ND | ND | ND |
| Cimetidina | 14 | ND | ND | 13 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 50 | 53 | 71 | ND | ND |
| Codeina | 22 | ND | 3 | 8 | ND | ND | ND | ND | 5 | ND | ND | 8 | ND | ND | ND |
| Difenhidramina | 170 | 190 | 92 | 89 | 23 | 32 | 53 | 15 | 230 | 330 | 230 | 180 | 250 | 250 | 7000 |
| Miconazol | 360 | 160 | 70 | 100 | 14 | 33 | 57 | 92 | 85 | 460 | 340 | 200 | 320 | 330 | ND |
| ND: No detectable Concentracion promedio (µg/Kg peso) | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: (Kinney, Furlong, Zaugg, & Et al., 2006).

La evidencia técnica sugiere la valoración del empleo de tratamientos no convencionales tales como las técnicas avanzadas de oxidación o la oxidación catalítica en aquellos casos en los que el tratamiento biológico no sea factible (Kinney, Furlong, Zaugg, & Et al., 2006).

1.9.3. Características de las aguas contaminadas con fármacos.

Los productos farmacéuticos, una vez que llegan al ambiente, pueden ser transportados y distribuidos en el agua, aire, suelo o sedimentos dependiendo de factores tales como las propiedades fisicoquímicas del producto y las características del medio receptor. Los medicamentos pueden encontrarse en los efluentes de las plantas de tratamiento de los hospitales, las industrias productoras de ellos y por ende en los diferentes cuerpos de agua (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Los estudios sobre la presencia de fármacos en el ambiente es un problema de indiscutible actualidad, las investigaciones provienen de países desarrollados, pero ya se han reportado estudios provenientes de América del sur y centro América (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

El conocimiento del impacto de los productos farmacéuticos sobre el ecosistema, la biota, los seres humanos y sus interacciones es limitado. Por otro lado, se espera que el uso de los productos farmacéuticos crezca con el envejecimiento de la población (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009). Estas razones han llevado a los estudiosos del tema a utilizar el principio de precaución, que plantea que cualquier contaminación por pequeña que sea tiene efectos negativos sobre la naturaleza y que, por lo tanto, se debe actuar mucho antes de tener las pruebas concretas del efecto nocivo que causen los productos en cuestión (Quesada Peñate, Jáuregui Haza, Wilhelm, & Delmas, 2009).

Estrategias para enfrentar la Contaminación Con Fármacos. En cuanto al seguimiento de productos farmacéuticos, la tendencia actual es establecer prioridades de forma tal que pueda restringirse esta tarea a un número limitado de compuestos moleculares, pero es escasa la información que indique como hacer esta selección. La mayor parte de los científicos priorizan los productos según su tonelaje,

aunque también, se incluyen algunas, que aunque se venden en pequeñas cantidades, tienen gran toxicidad y actividad biológica (hormonas y quimioterapéuticos). Es grande la lista de fármacos a muestrear y para reducir la lista se necesita información como el grado de degradación en plantas de tratamiento de aguas residuales y aguas superficiales. La velocidad de degradación de muchos productos farmacéuticos en el medio es desconocida y cuando se encuentra, ha sido estimada bajo condiciones de laboratorio (Fent, Weston, & Caminada, 2006).

Según Kummerer, los compuestos más prioritarios y que requieren de una atención especial son:

- ✓ Los agentes citostáticos y compuestos inmunosupresores debido a sus propiedades carcinogénicas y mutagénicas.
- ✓ Antibióticos y desinfectantes debido a su toxicidad bacteriana y su potencial para inducir resistencia antibacteriana.
- ✓ Clorofenoles y compuestos clorados debido a su escasa biodegradabilidad.
- ✓ Metales pesados, compuestos no biodegradables y muy tóxicos en algunos estados de oxidación.
- ✓ Analgésicos y sedativos, por su elevado consumo (Fent, Weston, & Caminada, 2006).

El conocimiento del impacto de los productos farmacéuticos sobre el ecosistema, la biota, los seres humanos y sus interacciones es limitado, por otro lado, se espera que el uso de los productos farmacéuticos crezcan con el envejecimiento de la población. Estas razones han llevado a los estudiosos del tema a utilizar el principio de precaución, que plantea que cualquier contaminación por pequeña que sea tiene efectos negativos sobre la naturaleza y que, por lo tanto, se debe actuar mucho antes de tener las pruebas concretas del efecto nocivo que causen los productos en cuestión (Fent, Weston, & Caminada, 2006).

Vías propuestas para disminuir, prevenir y controlar la presencia de fármacos en el medio. Toda gestión integral de residuos tiene en cuenta el ciclo de vida del producto, es decir, desde que se produce hasta que se elimina. Dentro de esas etapas, se contempla la necesidad de gobernar los siguientes

aspectos: peligrosidad, factibilidad de reciclado y reutilización, minimización de la generación, y control del tratamiento final. En toda gestión integral de residuos, la responsabilidad del generador adquiere vital importancia en el ciclo de vida del residuo, es decir, debe tenerse en cuenta su almacenamiento, transporte y disposición final.

Otro aspecto a considerar es el impacto en el ambiente, la salud pública y la evaluación de los riesgos reales y potenciales de los contaminantes de agua, suelo, aire que genera la industria farmacéutica y las actividades hospitalarias, fundamentalmente el tratamiento de los desechos de residuos peligrosos y tóxicos generados en los distintos procesos y en el tratamiento de los efluentes vertidos a la red pública. Control de los fármacos en la Fuente; la segregación de las aguas contaminantes, fundamentalmente de origen hospitalario; el desarrollo de nuevos tratamientos capaces de eliminar estos compuestos, el mejoramiento y adopción de tecnologías de punta en los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Cleuvers, 2003).

La exposición a varias sustancias químicas o condiciones peligrosas de manera simultánea puede llevar a interacciones de potenciación o de antagonismo. La potenciación resultara en efectos que son mayores que las respuestas causadas por las sustancias químicas individuales o condiciones peligrosas por sí mismas y estas situaciones se han observado con las cianotoxinas (Cleuvers, 2003).

Las aguas residuales procedentes de hospitales no son tratados in situ, sino que son transportadas a través del sistema de alcantarillado y se vierten, con o sin un mínimo tratamiento previo. Es importante efectuar estudios de los riesgos que pueden producir los contaminantes presentes en los efluentes sobre el sistema fluvial. Tales riesgos incluyen los posibles efectos patogénicos de numerosos microorganismos y los efectos tóxicos y genotóxicos de una gran variedad de sustancias químicas generadas en los centros de salud (Gupta & col, 2009, citado por, República de Colombia, 1991).

En general la presencia de residuos farmacéuticos en el ambiente y en los sistemas acuáticos, constituye un serio problema ya que son extremadamente resistentes a la degradación biológica y

usualmente escapan intactos al tratamiento de las plantas convencionales; razón por la cual se hace necesario el uso de tecnologías no convencionales como procesos de oxidación avanzada (POA), los cuales se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios en la estructura química de los contaminantes por medio de la generación y el uso de especies transitorias poderosas principalmente el radical OH que es un agente con alto poder de oxidación, tiempo de vida corta y ataca las moléculas orgánicas no selectivamente con velocidades constantes en el orden de $10^6 - 10^9 \text{ m}^{-1}\text{s}^{-1}$. El ozono, se considera como un POA de tipo homogéneo, es el segundo oxidante más poderoso superado solamente por el Flúor (Kummerer, Al-Ahmad, & Mersch Sundermann, 2000).

Estudios recientes han demostrado que los antiinflamatorios contenidos en el grupo amino y los antiepilépticos con doble cadena, ambos compuestos han demostrado alta reactividad con el ozono; antibióticos y anticonceptivos hormonales también contienen estructuras elementales que reaccionan rápidamente con el ozono, la oxidación de estos fármacos reacciona de forma más rápida con el radical OH (Kummerer, Al-Ahmad, & Mersch Sundermann, 2000).

Los productos farmacéuticos en las aguas residuales y potables. Los avances en la sensibilidad de los métodos analíticos han conducido a la detección de los productos farmacéuticos en las aguas residuales, en varias fuentes de agua y en algunas aguas potables. Las concentraciones en las aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas parcialmente tratadas eran por lo general inferior a $0,1 \text{ g} / 1$ ($100 \text{ ng} / 1$), mientras que las concentraciones en el agua tratada fueron en general inferiores a $0,05 \text{ mg} / 1$ ($50 \text{ ng} / 1$) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Los datos disponibles indican que hay un margen sustancial de seguridad entre las concentraciones muy bajas de productos farmacéuticos en el agua potable y las dosis terapéuticas mínimas. En base a este hallazgo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera innecesario desarrollar un estándar de valores de contaminación de los productos farmacéuticos en sus Guías para la calidad del agua de consumo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Entre los fármacos identificados en los

suministros de agua se encuentran los antibióticos, analgésicos y antiinflamatorios, bloqueadores beta, estatinas, hormonas, inhibidores antiepilépticos selectivos de la recaptación, diuréticos, antiasmáticos, antidepresivos, antineoplásicos, antipsicóticos, estimulantes, sedantes y anticoagulantes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Estados Unidos. Un estudio de aguas subterráneas reveló que la sufamethoxazole se detectó (a una concentración máxima de 1,11 microgramos por litro) en el 23,4% de las 2000 muestras en 25 sitios de todo el país [6]. Fármacos incluyendo la fluoxetina, un antidepresivo y la dehydronifedipina, para el tratamiento de la angina de pecho, aparecieron en el 4,3% de las muestras de agua subterránea. En fuentes superficiales de agua potable de 49 sitios se encontró eritromicina-H₂O en el 8,1% de las muestras, así como carbamazepina en el 21,6% de las muestras y el antihistamínico difenhidramina en el 5,4% de las muestras. Los niveles de los medicamentos que se encontraron fueron significativos (0,3 a 0,23 mg / L). En aguas de superficie se detectaron en niveles de hasta el 176 ng / L (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Los productos farmacéuticos se detectaron a bajas concentraciones en el 2,3% de 1.231 muestras de aguas subterráneas utilizadas para el suministro público de agua potable en California.

Europa. En un estudio realizado en los Países Bajos se monitoreó 17 productos farmacéuticos comunes en 9 fuentes de recurso incluyendo aguas superficiales, aguas superficiales pre-tratadas, filtrados de ribera de río, muestras de aguas subterráneas afectadas por las aguas superficiales y aguas potables. Se detectaron 12 productos farmacéuticos y productos de transformación. Las concentraciones fueron generalmente más altas en las aguas superficiales 176 ng / L, intermedias en las aguas superficiales tratadas y en los filtrados de ribera de río y ausentes en el agua potable producida excepto el agua potable obtenida a partir de filtrados de ribera de río con fenazona. Sin embargo, las concentraciones de fenazona y su producto ambiental de transformación AMPH (de hasta 35ng / L y 19ng / L, respectivamente) fueron significativamente mayores en los filtrados de ribera de río, probablemente debido a la contaminación

histórica. El estudio realizado en Holanda es importante porque se midieron los productos de transformación de los fármacos. Tales productos pueden ser tan activos como el fármaco padre (original) o incluso más tóxicos en comparación (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Los Grandes Lagos y Canadá. En el estudio elaborado por Dow Chemical Company de Midland, en Michigan detectaron compuestos farmacéuticos en el 34% de las muestras de agua superficial de los Grandes Lagos, incluyendo medicamentos con y sin prescripción y con más frecuencia en otras ciudades cerca del punto de vertido de aguas residuales de las plantas de tratamiento o de operaciones agrícolas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

En agosto del 2005, las muestras de agua superficial se recolectaron en 10 sitios a lo largo de la cuenca del río Yamaska en Quebec, que pasa a través de importantes zonas agrícolas, y recibe las aguas residuales de varios centros urbanos con poblaciones de hasta 44.000 personas. Los fármacos naproxeno, ibuprofeno, gemfibrozil, cafeína, cotinina carbamazepina, sulfametoxazol antibiótico de sulfonamida se detectaron en la mayoría de las muestras de agua de superficie. El Sulfametoxazol y la carbamazepina estuvieron presentes en las máximas concentraciones de 578 ng / L y 106 ng / L, respectivamente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Un estudio en Calgary, en Alberta Canadá. Identificaron un número de productos farmacéuticos y productos químicos perturbadores endocrinos en concentraciones que van desde ng/L a varios g/L (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El Ministerio de Ambiente de Ontario realizó un estudio en el 2006 sobre los contaminantes orgánicos emergentes, que incluyen productos farmacéuticos, hormonas y bisfenol A. Diecisiete sitios de muestreo fueron seleccionados de una muestra representativa de 17 sistemas de agua potable que participan en el programa de vigilancia de consumo de agua, que incluye 8 nichos de agua superficial de río, 7 de lagos, y 2 de agua subterránea. Los compuestos más frecuentemente detectados ($\geq 10\%$) en el agua potable fueron la carbamazepina, gemfibrozil, el ibuprofeno y el BPA; Los 13 compuestos más frecuentemente

detectados en más del 10% de las muestras analizadas en las aguas de origen son: carbamazepina (50%), gemfibrozil (33%), BPA (22%), ibuprofeno (21%), naproxeno (21%), lincomicina (19%), sulfametoxazol (18%), Acetaminofén (11%), monensina (11%), y benzafibrato, trimetoprim, eritromicina y sulfametazina (todos a 10%). La monensina, tilosina, tetraciclina, eritromicina, enrofloxacin, lincomicina, roxitromicina y benzafibrato se detectaron en 2 a 9% de las muestras de agua potable. La carbamazepina fue el compuesto más frecuentemente detectado en el agua potable, ya que estaba en el 25% de las muestras de ocho sitios diferentes, tenía un percentil de 95a, y un valor máximo de 0.21, 37, y 601 ng / L, respectivamente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El informe publicado en la revista *Science of the Total Environment* no identifica la ubicación exacta de las muestras recogidas de agua potable. Los editores de las revistas parecen haber fracasado al no requerir una de las bases fundamentales de la ciencia ya que los experimentos deberían ser informados de forma completa y verídica. Esto es un grave abuso de la información científica que permite a burócratas y políticos controlar y decidir cómo y qué datos se van a utilizar (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

La actividad biológica del agua potable contaminada con productos farmacéuticos. La genotoxicidad representa un grave riesgo, ya que puede conducir al desarrollo de cáncer. El poder genotóxico y los mecanismos de seis productos farmacéuticos frecuentemente detectados en la superficie del agua en todo el mundo se han investigado usando líneas celulares isogénicas de pollo. Estos productos farmacéuticos incluyen eritromicina, sulfametazina, sulfatiazol, clortetraciclina, oxitetraciclina, y diclofenaco. Los efectos genotóxicos de estos fármacos se evaluaron a través de sus efectos sobre la cinética de crecimiento de varias líneas de células mutantes. Los datos indican que los productos farmacéuticos inducen un daño en el ADN que detiene su replicación, dando lugar a roturas cromosómicas así como mutagénesis mediada por la síntesis del ADN translesionado (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Los fármacos antidepresivos (asociado con autismo), se han encontrado también en el agua potable de superficie, proporcionando otra posible vía de exposición y planteando interrogantes sobre las consecuencias para la salud humana. Los hallazgos sugieren un nuevo y potencial disparador para el autismo idiopático en una fuente de contaminación ambiental pasada por alto (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

La genotoxicidad de efluentes, antes y después de la biodegradación, se evaluó in vivo en médula ósea de ratón mediante la evaluación del porcentaje de células portadoras de diferentes aberraciones cromosómicas. Los resultados indicaron que los productos farmacéuticos contenidos en las aguas residuales incluyen una mezcla de compuestos orgánicos entre los que se encuentran celiprol, losartan, enalapril, buflomedil y carvedilol; oseltamivir; sucralosa y simvastatina y, finalmente, la ciprofloxacina. El agua residual mostró una significativa capacidad para inducir daño en el ADN. Además, el agua indujo una notable peroxidación lipídica (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Existe evidencia clara y sustantiva de que los productos farmacéuticos en el agua deterioran los organismos acuáticos y son genotóxicos, tanto los fármacos como sus productos de degradación son susceptibles de estar dañando a las personas y causar el deterioro del sistema nervioso (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

1.10. Comparación de la normatividad colombiana a nivel mundial

1.10.1. Comparación de la Normatividad Colombiana con 7 países suramericanos. (Ecuador, Brasil, Perú, Venezuela, Argentina, Chile, Bolivia).

Comparando la norma Colombiana con la de siete países Suramericanos (Venezuela, Perú, Brasil, Ecuador, Chile, Bolivia y Argentina), se identifica que la Normatividad de Colombia (Decreto 1594 de 1984 Artículo 74 y la resolución 631 de 2015) no establecen mediciones en las concentraciones para los

siguientes parámetros: Aluminio, Nitrógeno amoniacal, Antimonio, Benceno, Cloruro, Boro, Estaño, Hidrocarburos totales, Fosforo, Hierro, Litio, Manganeso, Molibdeno, Nitrógeno total, Sulfatos, NTK, Zinc y Amonios.

En los ocho países analizados la relación con los parámetros de Salud Pública (Colombia, Venezuela, Perú, Brasil, Ecuador, Chile, Bolivia y Argentina) no se establece ningún valor o medición en su concentración para los siguientes parámetros; Benceno, Cloruro, Nitrógeno total y NTK.

Comparando los parámetros de interés sanitario que se establecen en las mediciones, las concentraciones de los ocho países suramericanos se representan en el siguiente comportamiento de normas:

PH: Colombia presenta un mayor control 5.5-9 de PH de las aguas residuales, mientras que Argentina es más laxa en la normatividad para este parámetro 5.5-10.

Plata: Solamente se mide este parámetro en Colombia 0.5 y Brasil 0.1, este parámetro no se mide en Argentina, Chile, Venezuela, Bolivia, Ecuador y Perú.

Plomo: Se mide la concentración de este metal en todos los países, siendo permitido un nivel máximo de vertimiento de 0,5 mg/l, excepto para Chile que tiene un valor mínimo de 0,2 mg/l, y un valor máximo de vertimiento de 0,5 mg/l.

Selenio: Este parámetro de interés sanitario solamente se mide en Colombia 0,5 mg/l y Brasil que en su normatividad es mucho más laxo en sus valores permisibles 5 mg/l. No se mide este parámetro en Argentina, Chile, Venezuela, Bolivia, Ecuador y Perú.

Sólidos suspendidos: Colombia en su normatividad exige que en los vertimientos Industriales no posee sólidos suspendidos, mientras que en Chile establece su máximo valor permisible en 80 mg/l y Brasil 1 mg/l; en los demás países suramericanos no establece un valor de referencia (Venezuela, Ecuador, Argentina, Perú).

Sulfuros: Colombia, Argentina y Ecuador establecen como valor de referencia para esta sustancia 1 mg/l, mientras que Chile establece este valor permisible en 5m/l, Brasil No establece valor en la norma; Venezuela y Bolivia establecen 2mg/l.

Temperatura: Venezuela, Bolivia, Ecuador y Perú no establecen valores permisibles para este parámetro, mientras que Colombia y Brasil establecen la temperatura máxima de 40°C y Chile establece una temperatura máxima de 32°C.

Detergentes: Colombia establece como valor máximo detectable de detergentes de 7mg/l, mientras que Chile establece un valor de 1mg/l; en los demás países suramericanos no se determina un valor de referencia.

Cianuro: Argentina, Brasil, Chile no establece un valor permisible para este parámetro, mientras que Colombia, Ecuador y Perú establece un valor de control de 1mg/l; Venezuela y Bolivia establece un valor de 0,2 mg/l.

Arsénico: Colombia, Chile, Venezuela, Perú establecen como valor máximo de 5 mg/l; Argentina no establece un valor permitido en su normatividad, mientras que Brasil 0,1-0,5 mg/l y Bolivia 1 mg/l.

Bario: Este parámetro solo es controlado en la normatividad de Colombia y Brasil con un máximo permisible de 5 mg/l, en Argentina, Perú, Chile, Venezuela y Ecuador no existe control en los vertimientos.

Cadmio: Colombia, Argentina y Brasil, establece un valor máximo permisible en sus vertimientos de 0,1 mg/l; mientras que Venezuela, Ecuador, Perú establecen un valor máximo de 0,2 mg/l; Chile presenta una norma más laxa en cuanto al valor máximo permisible de 0,5 mg/l.

Cobre: Argentina no establece un valor permisible; mientras que Colombia, Chile, Venezuela, Perú establece un valor de 3 mg/l como valor permisible; Bolivia y Ecuador lo establecen en 1mg/l; Brasil 0,5-1 mg/l.

Cromo total: Colombia, Brasil, Venezuela, Ecuador, Perú establecen 0,5 mg/l como valor máximo permitido en los vertimientos Industriales. Mientras que Argentina no define un valor; Bolivia es más restrictivo en el valor máximo 0,1 mg/l y Chile es mucho más laxo en la norma permitiendo un valor de 10 mg/l.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno: Colombia en la normatividad de vertimientos Industriales exige la remoción del 80% del DBO en sus aguas residuales; mientras que Perú y Ecuador permiten un máximo de 250 mg/l; Argentina 200 mg/l; Chile 300 mg/l, Venezuela 350 mg/l; Bolivia es más restrictiva en este parámetro exigiendo un máximo permitido de 80 mg/l; Brasil es más laxo permitiendo valores de 150-500 mg/l.

DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno: Colombia en la normatividad de vertimientos industriales exige la remoción del 80% del DQO en sus aguas residuales. En Argentina, Brasil, Chile no establece un valor máximo permisible; mientras que Perú y Ecuador establece un valor de 500 mg/l; Venezuela 900 mg/l; Brasil establece valores de 250-300 mg/l.

Compuestos fenólicos: Colombia exige como máximo valor permisible 0,2 mg/l; Brasil establece valores de 0,1-0,5 mg/l; Argentina, Chile, Venezuela, Bolivia, Ecuador y Perú no establece un máximo valor permisible.

Mercurio: Colombia, Chile, Bolivia y Perú establece un valor de 2 mg/l; Brasil, Venezuela, Ecuador establece un valor de máximo de 1 mg/l, mientras que Argentina es más estricta frente al máximo valor permitido 0,5mg/l.

Grasas y aceites: Colombia exige la remoción del 80% de las grasas en sus vertimientos industriales; mientras que Ecuador, Perú establece un máximo de 100 mg/l, Chile y Venezuela 150 mg/l. Argentina y Brasil no establece un valor máximo permitido.

Níquel: Argentina y Bolivia no establece un valor máximo permitido; mientras que Colombia, Venezuela, Ecuador establecen un valor de 2 mg/l; Perú y Chile son más laxos en la normatividad al permitir 4 mg/l; Brasil es más estricto en este parámetro al exigir un valor de 1-2 mg/l como máximo.

Tabla 11. Comparación de la normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la normatividad de siete países suramericanos

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | ARGENTINA | BRASIL | ECUADOR | PERU | CHILE | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | | |
|--------------------------|-------------------|----------------|-----------|---------|---------|------|--------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | | | | | ATENCION N SALUD | HEMODIALISIS | POMPAS FUNEBRES |
| DBOS | TEXTILES | TEXTILES | - | 200 | - | - | 35 | - | - | | |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | 250-300 | - | - | - | - | - | | |
| | CURTIEMBRES | CURTIEMBRES | - | 400 | - | - | - | - | - | | |
| | ALIMENTOS | ALIMENTOS | - | 150 | - | - | - | - | - | | |
| | PTAR | PTAR | - | 40-180 | - | - | - | - | - | | |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 50 | 40-180 | 100 | - | 35-300 | 1000 | 150 | | |
| | | | | | | | | 150 | 600 | 250 | |
| DQO | TEXTILES | TEXTILES | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | PTAR | PTAR | - | 150-400 | - | - | - | - | - | | |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 150-400 | 250 | - | - | 2000 | 200 | | |
| | | | | | | | | 200 | 800 | 600 | |
| FOSFORO TOTAL | PTAR | PTAR | - | 1-3 | - | - | - | - | - | | |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 1-4 | 10 | - | 2-15 | - | - | | |
| | | | | | | | | | Analisis y reporte | | Analisis y reporte |
| GRASAS Y ACEITES | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | 20-50 | 100 | - | | |
| | | | | | | | | | 10 | 10 | 20 |
| GRASAS Y ACEITE VEGETAL | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 30-50 | - | - | - | - | - | | |
| GRASAS Y ACEITES MINERAL | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 10-20 | - | - | - | - | 10 | | |
| NITROGENO TOTAL | PTAR | PTAR | - | - | - | - | 10 | - | - | | |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 10-20 | 40 | 80 | 50-75 | 800 | Analisis y Rept. | | |
| | | | | | | | | | Analisis y reporte | Analisis y reporte | Analisis y reporte |
| NITRATOS | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | - | - | Analisis y Rept. | | |
| | | | | | | | | | Analisis y reporte | | Analisis y reporte |
| NITRITOS | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | - | - | Analisis y Rept. | | |
| | | | | | | | | | | | |
| NITROGENO AMONIACAL | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | - | - | Analisis y Rept. | | |
| | | | | | | | | | Analisis y reporte | | Analisis y reporte |
| PH | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 5,5-10 | 5-9 | 6-9 | 6-9 | 5,5-9 | 5-9 | - | | |
| | | | | | | | | | 6-9 | | |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | ARGENTINA | BRASIL | ECUADOR | PERU | CHILE | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | | |
|----------------------|-------------------|----------------|-----------|---------|---------|------|-----------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|
| | | | | | | | | | ATENCIÓN N SALUD | HEMODIALISIS | POMPAS FUNEBRES |
| SST | METALMECANICA | METALMECANICA | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | PTAR | PTAR | - | 50-180 | - | - | 25 | - | - | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | 50-180 | 100 | 8.5 | 80-300 | 800 | 50 | - | - |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 0,5 | 1 | - | - | 5 | 2 mg/l | 5 | 100 | 100 |
| | | | | | | | | | 5 | 1 | 1 |
| SULFATOS | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | 500 | 1000-2000 | - | - | - | - |
| SULFUROS | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 1 | - | - | 5 | 1-10 | 1 | - | - | - |
| TEMPERATURA | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | <45 | <40 | - | - | <35 | <30 | - | - | - |
| ALUMINIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 10 | - | - | 1-10 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 10 | 10 | - | - | - | - |
| ANTIMONIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ARSENICO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,5 | - | - | - | 0,1-1 | 0,1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | 0,1-0,5 | - | 0,5 | 0,5 | | - | - | - |
| BARIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 5 | - | - | - | 5 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CADMIO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | 0,2 | 0,01-0,3 | 0,003 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | 0,1 | 0,1-0,2 | - | - | 0,5 | | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| CINC | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 2-5 | - | - | 3-20 | 5 | - | - | - |
| ALCANTARILLADO | | - | | - | 10 | 5 | - | | - | - | |
| COBALTO | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | - | - | - | - |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | ARGENTINA | BRASIL | ECUADOR | PERU | CHILE | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | | | |
|---------------------------|-------------------|----------------|-----------|--------|---------|------|------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|------|
| | | | | | | | | | ATENCIÓN N SALUD | HEMODIALISIS | POMPAS FUNEBRES | |
| CROMO HEXAVALENTE | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,1 | - | - | 0,05-0,2 | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | 0,2 | | - | - | 0,5 | - | - | | | |
| CROMO TOTAL | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | CURTIEMBRES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,5 | - | - | 2,5 | 1 | - | - | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 10 | 10 | | 0,5 | | | |
| | | | | | | | | 0,5 | | | 0,5 | |
| COBRE | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | QUIMICO | H2O | - | 0,5-1 | - | - | - | - | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | | - | - | 0,1-3 | 0,25 | - | - | | |
| | ALCANTARILLADO | - | - | - | 3 | 3 | - | | - | | | |
| ESTAÑO | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 4 | - | - | 0,5 | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | - | - | - | | |
| HIERRO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 10 | - | - | 2-10 | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | - | - | - | | |
| LITIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 10 | - | - | - | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | - | - | - | | |
| MANGANESO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | 0,3-3 | 0,02 | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 4 | 4 | | - | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| MERCURIO | QUIMICO | H2O | 0,005 | 0,01 | - | - | - | 0,02 | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | | | - | - | 0,001-0,01 | | - | - | | |
| | | ALCANTARILLADO | | | - | 0,01 | 0,02 | | 0,02 | 0,01 | | |
| | | | | | | | | | | | | 0,01 |
| SUSTANCIAS HALOGENADAS | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| BENCENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| BERILIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| BORO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,5 | - | - | 0,75-3 | - | - | | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | 4 | - | - | | |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | ARGENTINA | BRASIL | ECUADOR | PERU | CHILE | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | | |
|----------------------------|-------------------|----------------|-----------|---------|---------|-------|----------|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|
| | | | | | | | | | ATENCIÓN N SALUD | HEMODIALISIS | POMPAS FUNEBRES |
| CIANURO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,1 | 0,2 | - | 1 | 0,2-1 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | | - | - | 1 | 1 | 0,5 | - | - |
| | | | | | | | | 0,50 | | | |
| CLORO | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CLOROFORMO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CLORURO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | 400-2000 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FENOL | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,1-0,5 | 0,2 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 0,5-1 | 0,2 | 0,2 | - | - | |
| | | | | | | | | 0,2 | | 0,2 | |
| DIFENIL POLICLORADOS | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | ND | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | | - | - | - |
| FLUOR | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 5.0 | - | - | - | - | - | - |
| HIDROCARBUROS TOTALES | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 50 | - | - | - | 5-50 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 20 | - | 20 | - | - | - | - |
| SELENIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 0,05 | - | - | 0,01-0,1 | 0,1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 0.2 | - | | - | - | - |
| SULFURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | 0.5 | - | | - | - | - |
| TETRACLORURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | | - | - | - |
| TOLUENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 0,7-7 | - | - | - | - |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | ARGENTINA | BRASIL | ECUADOR | PERU | CHILE | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|--------|---------|------|-------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | ATENCION N SALUD | HEMODIALISIS | POMPAS FUNEBRES |
| TRICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | - | 1 | - | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | | - | | |
| XILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | 0,5-5 | - | - | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | | |
| DICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | 1 | - | - | - | - | - | | |
| | | ALCANTARILLADO | - | | - | - | - | 1 | - | | |
| NIQUEL | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 2 | 4 | - | - | - | | |
| PLATA | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 0.1 | - | - | - | - | | |
| | | | | | | | | | Analisis y reporte | Analisis y reporte | |
| PLOMO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 0.5 | 0,5 | - | - | 0,10 | | |
| | | | | | | | | | 0,1 | | 0,1 |
| SELENIO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | 0,1 | - | | |
| ORGANOCLORADOS | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 0.05 | - | - | - | - | | |
| BORO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | 4 | - | - | - | | |
| SAAM | | | | | | | | | Analisis y reporte | | Analisis y reporte |
| MINIMO CONTROL | MAXIMO CONTROL | EN LIMITE DE CONTROL | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

1.11. *Comparación de la normatividad colombiana con la normatividad de México, Estados Unidos y Canadá*

Comparando la norma colombiana para vertimientos con la de México, EE.UU. y Canadá, se identifica que la Normatividad de Colombia (Decreto 1594 de 1984 Artículo 74), no establece mediciones en las concentraciones para los siguientes parámetros: Aluminio, Nitrógeno amoniacal, Antimonio, Benceno, Cloruro, Boro, DQO, Fosforo, Estaño, Hidrocarburos totales, Molibdeno, Hierro, Litio, Manganeso, Nitrógeno total, Sólidos suspendidos, NTK, Sulfatos, Amonios y Zinc.

En los cuatro países analizados en relación con los parámetros de Salud Pública (Colombia, México, EE.UU. y Canadá) no se establece ningún valor o medición en su concentración para los siguientes parámetros: Hierro, Litio, Nitrógeno total y Amonios.

Comparando los parámetros de interés sanitario en que se establecen mediciones en las concentraciones, en Colombia, México, EE.UU. y Canadá se representa el siguiente comportamiento de las normas:

Sulfuros: Colombia y Canadá establecen valores permisibles para este parámetro así: Colombia 1 mg/l y Canadá 0,3-2 mg/l., EE.UU. y México no establecen medición para este parámetro.

Temperatura: Colombia, Canadá y México establecen medición para este parámetro donde Colombia permite una máxima de 40°C y Canadá una mínima de <60°C. EE.UU. no establece medición para este parámetro.

Detergentes: Colombia establece como valor máximo detectable de detergentes en los vertimientos industriales de 7,01 mg/l, mientras que EE.UU., Canadá y México no establecen mediciones para este parámetro.

Sólidos suspendidos totales: Los cuatro países establecen mediciones para este parámetro, donde México establece el mínimo permitido con 75-200 mg/l y EE.UU. el máximo con 300-1500.

Cianuro: De los cuatro países solo Colombia ha establecido medición para este parámetro con 1mg/l permisible.

Arsénico: Los cuatro países establecen mediciones para este parámetro, aunque EE.UU. establece el valor permisible más laxo con 0,06-4,5 mg/l representando el valor más bajo y más alto a la vez.

Bario: De los cuatro países solo Colombia establece una medición para este parámetro y es de 5 mg/l.

Cobre: Los cuatro países han establecido la medición de este parámetro en sus vertimientos, donde Canadá establece la mínima concentración permisible con 1 mg/l y México la máxima con 10-15 mg/l.

Cromo total: Colombia, EE.UU. y Canadá han establecido mediciones de este parámetro en sus vertimientos industriales, siendo Canadá quien establece la mínima concentración permisible con 0,37-5 mg/l y EE.UU. la más alta con 1-7 mg/l. México no ha establecido mediciones para este parámetro.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno: Los cuatro países establecieron la medición de este parámetro, Colombia en la normatividad de vertimientos industriales exige la remoción del 80% del DBO en sus aguas residuales; mientras que México maneja la concentración más baja permisible con 75-200 mg/l y EE.UU. la más alta con 250-1500 mg/l.

Compuestos fenólicos: México no establece medición para este parámetro, Colombia exige como máximo un valor permisible de 0,2 mg/l, mientras que EE.UU. establece un valor permisible de 1,5-30 mg/l.

Mercurio: Los cuatro países han establecido mediciones para este parámetro en sus vertimientos, Canadá con una concentración permitida de 0,001-0,1 mg/l corresponde a la concentración permitida más baja, mientras que EE.UU. y México han establecido la misma máxima concentración de 0,01-0,015 mg/l.

Níquel: Los cuatro países establecen mediciones para este parámetro, sin embargo, EE.UU. con las concentraciones establecidas para sus vertimientos de 0,5-7,8 mg/l, representa la mínima y máxima concentración establecida la vez para este parámetro.

pH: Colombia y México comparten similitud en sus rangos permisibles de pH en las aguas residuales con 5-9 y 5-10 respectivamente, mientras que EE.UU. y Canadá manejan el mismo rango permisible de pH de 5,5-11,5.

Plata: Este parámetro se mide en Colombia, EE.UU. y Canadá, la mínima concentración permisible la maneja EE.UU. con 0,25-4,8 (mg/l) y la máxima Canadá con 0,29-5 (mg/l), México no establece medición para este parámetro.

Plomo: La concentración de este metal se mide en los cuatro países, siendo EE.UU. quien cuenta con el valor permisible más bajo con 0,3-1,3 y el más alto Canadá con 0,1-5 mg/l.

Selenio: Este parámetro de interés sanitario se mide en Colombia, EE.UU. y Canadá, Colombia establece el mínimo valor permisible para este parámetro con 0,5 mg/l mientras que Canadá el máximo con 0,82-5 mg/l. México no ha establecido medición para este parámetro.

Grasas y aceites: Canadá no establece medición de este parámetro en sus vertimientos, Colombia exige la remoción del 80% de las grasas en sus vertimientos industriales, México establece una concentración de 50-75 mg/l siendo la mínima, mientras que para EE.UU. es 100-300 mg/l que corresponde al rango más alto permisible.

Cadmio: Los cuatros países establecieron la medición de este parámetro en sus vertimientos industriales, correspondiendo a Canadá de 0,02-0,2 mg/l con la mínima permisible y México de 0,5-0,75.

Tabla 12. Comparación de la Normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la Normatividad de México, Estados Unidos y Canadá

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | CANADA | ESTADOS UNIDOS | MEXICO |
|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|----------|----------------|----------|
| DBO5 | TEXTILES | TEXTILES | - | - | - | - | 150 |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | - | - | 111-267 | - |
| | CURTIEMBRES | CURTIEMBRES | - | - | - | - | - |
| | ALIMENTOS | ALIMENTOS | - | - | - | - | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | 25 | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 1000 | 150 | - | - | 30-200 |
| DQO | TEXTILES | TEXTILES | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | - | - | 856-1675 | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | - | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 2000 | 200 | - | - | - |
| FOSFORO TOTAL | PTAR | PTAR | - | - | - | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | 5-30 |
| GRASAS Y ACEITES | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 100 | - | - | - | 15-25 |
| GRASAS Y ACEITE VEGETAL | | | - | - | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES MINERAL | | | - | 10 | - | - | - |
| NITROGENO TOTAL | PTAR | PTAR | - | - | - | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 800 | Analisis y Rept. | - | 194 | 15-60 |
| NITRATOS | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - |
| NITRITOS | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - |
| NITROGENO AMONIACAL | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - |
| PH | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 5-9 | - | 5,5-11,5 | 5,5-11,5 | 5-10 |
| SST | METALMECANICA | METALMECANICA | - | - | - | 13,4-20 | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | 25 | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 800 | 50 | - | - | 40-200 |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 2 | 5 | - | - | 1-2 |
| SULFATOS | CUALQUIER CASO | | - | - | - | - | - |
| SULFUROS | | | 1 | - | - | - | - |
| TEMPERATURA | | | <30 | - | <60 | - | <40 |
| ALUMINIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 50 | - | - |
| ANTIMONIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 5 | 5 | - |
| ARSENICO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | 0,1-0,4 |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,1 | - | - | - | 0,1-0,4 |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 0,1-1 | 0,06-4,5 | 0,5-0,75 |
| BARIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 5 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | CANADA | ESTADOS UNIDOS | MEXICO |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|-----------|----------------|------------|
| CADMIO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 1,2 | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,003 | - | - | - | 0,1-0,4 |
| | | ALCANTARILLADO | | 0,05 | 0,02-0,2 | 0,12-0,7 | 0,5-0,75 |
| CINC | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 4,2 | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 5 | - | - | - | 10-20 |
| | | ALCANTARILLADO | | - | 0,03-3 | 2,6-10 | 6-9 |
| COBALTO | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 5 | - | - |
| CROMO HEXAVALENTE | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 0,37-5 | 0,19-0,25 | 0,5-0,75 |
| CROMO TOTAL | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 7 | - |
| | CURTIEMBRES | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | - | - | 0,5-1,5 |
| | | ALCANTARILLADO | | 0,5 | 0,37-5 | 1-7,0 | - |
| COBRE | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 2,7-4,5 | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,25 | - | - | - | 4-6 |
| | | ALCANTARILLADO | | - | 1-3 | 1-3,19 | 10-15 |
| ESTAÑO | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 5 | - | - |
| HIERRO | METALMECANICA | H2O | - | - | 0,3-0,45 | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| LITIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| MANGANESO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,02 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | 5 | - | - |
| MERCURIO | QUIMICO | H2O | 0,02 | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | | - | - | - | 0,005-0,05 |
| | | ALCANTARILLADO | | 0,01 | 0,001-0,1 | 0,0005-0,02 | 0,01-0,015 |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | CANADA | ESTADOS UNIDOS | MEXICO |
|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|-----------|----------------|--------|
| SUSTANCIAS HALOGENADAS | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| BENCENO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| | | H2O | - | - | 0,01 | 0,05 | - |
| BERILIO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | 0,75 | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| BORO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 25 | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| CIANURO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 1-1,9 | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 9,4-33,5 | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| CLORO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 1 | 0,5 | 1-2 | 0,5-1,84 | 1-3 |
| | | H2O | - | - | - | - | 1-1,5 |
| CLOROFORMO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 1500 | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| CLORURO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | 0,04-0,08 | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| FENOL | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 0,2 | 0,2 | 1 | 1,5-30 | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| DIFENIL POLICLORADOS | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | ND | - | - | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| FLUOR | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| HIDROCARBUROS TOTALES | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| SELENIO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 0,1 | - | - | 0,82-5 | 0,5-2 |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| SULFURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 1 | - | - | - | - |
| | | H2O | - | - | - | - | - |
| TETRACLORURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 1 | - | - | - | - |
| | | H2O | - | - | 0,057 | - | - |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | CANADA | ESTADOS UNIDOS | MEXICO |
|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|--------|----------------|--------|
| TOLUENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | 0,08 | 0,06 | - |
| TRICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | 0,054 | - | - |
| XILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | 0,01-0,03 | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| DICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | 1 | - | - | - | - |
| NIQUEL | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| PLATA | | - | - | - | - | - | |
| PLOMO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | 0,10 | - | - | - |
| SELENIO | | 0,1 | - | - | - | - | |
| ORGANOCOLORADOS | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - |
| BORO | | - | - | - | - | - | |
| MINIMO CONTROL | MAXIMO CONTROL | EN LIMITE DE CONTROL | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

1.12. *Comparación de la normatividad colombiana con la 7 países de Europa, Asia, Oceanía*
(Alemania, Francia, España, Rusia, Japón, Nueva Zelanda)

Aluminio: Este parámetro de interés sanitario, no se determina un valor máximo permitido en Colombia, Japón, Alemania; en España y Francia se determina un valor de 2mg/l y 5 mg/l respectivamente.

Nitrógeno: En Colombia, Japón, Alemania, Francia y Rusia no se determina el máximo valor permitido en los vertimientos, mientras que si lo hace España (35mg/l) y Australia (50-100mg/l) y Rusia 50 mg/l.

Antimonio: Este parámetro no se determina un valor máximo permitido en los vertimientos de Colombia, Japón, Rusia, Alemania, Francia, España; mientras que en Nueva Zelanda establece un máximo permitido de 10 mg/l.

Benceno: En Colombia, Japón, Alemania, España, Rusia y Nueva Zelanda no se determina en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido; situación contraria en Francia (1.5 mg/l) y Alemania (0,1 mg/l).

Boro: En Colombia, Japón, Alemania, Francia y Rusia no se determina en su normatividad de vertimientos industriales un máximo valor permitido; situación contraria en España (5 mg/l), Australia (25-100 mg/l), Nueva Zelanda (25 mg/l).

Cloruros: En Colombia, Japón, Alemania, Francia y Rusia, Nueva Zelanda, Rusia, Australia no se determina en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido, mientras que solamente en España se determina un valor máximo permitido de 2 mg/l.

Estaño: En Colombia, Japón, y Rusia no se determina en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido, mientras que en Alemania, España y Francia se determina un valor máximo permitido de 2mg/l; Australia determina un valor de (5-10 mg/l) y Nueva Zelanda 20 mg/l.

Fosforo: Colombia, Japón y Rusia no determina en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido, mientras que Alemania (2 mg/l), España (60mg/l), Francia 50 mg/l, Australia (10-50mg/l) y Nueva Zelanda 150 mg/l.

Hidrocarburos: Colombia, Japón, Alemania, Rusia no determina en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido, mientras que España, Francia y Australia exigen un máximo valor de 2mg/l.

Hierro: Colombia, Japón, Alemania, Rusia no determinan en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido, mientras que España (2mg/l), Francia (5mg/l), Australia 50-100 mg/l) y Nueva Zelanda (300 mg/l)

Litio: Solamente Australia (10 mg/l) determina en su normatividad un máximo valor permitido en sus vertimientos; mientras que Colombia, Japón, Alemania, Rusia, España, Francia, Nueva Zelanda no establecen un máximo valor permitido.

Manganeso: Colombia, Japón, Alemania, Rusia No determinan un valor máximo permitido en sus vertimientos, mientras que si lo hace España y Francia con un máximo valor de (1 mg/l); Australia (10 mg/l), y Nueva Zelanda (20 mg/l).

Molibdeno: Solamente Australia establece un valor máximo permitido en sus vertimientos para este parámetro (10-100mg); mientras que Colombia, Japón, Alemania, Francia, Rusia, Nueva Zelanda no establecen un máximo valor permitido.

Nitrógeno: En Colombia, Japón, Alemania, España y Rusia, no se determina un máximo valor permitido en los vertimientos, mientras que Francia (150 mg/l), Australia 50mg/l, Nueva Zelanda 500mg/l.

Sulfatos: Colombia, Japón, Alemania, Francia no determinan un máximo valor permitido en sus vertimientos; España, Rusia y Nueva Zelanda establecen un máximo valor de 500 mg/l, mientras que Australia establece un valor de 50-100 mg/l.

Zinc: Colombia y Japón no establece un máximo valor permitido en sus vertimientos, mientras que Alemania, España, y Francia establecen un valor máximo de 2 mg/l; Rusia y Australia 5mg/l; Nueva Zelanda de 100 mg/l.

Amonios: En los países consultados para esta comparación normativa no se establece un máximo valor permitido en sus vertimientos.

Cianuros: Colombia es el único país que establece en su normatividad un máximo valor permitido en los vertimientos (1mg/l) mientras que los demás países no establecen un valor máximo permitido: Japón, Alemania, Francia, Rusia, Nueva Zelanda, España.

Arsénico: Los países que establecen un máximo valor permitido en su normatividad de vertimientos son Colombia (0,5 mg/l), España 1 mg/l, Francia 0,05 mg/l, Australia 1-2 mg/l, Nueva Zelanda 5 mg/l. Países como Japón, Alemania, y Rusia no establecen un máximo valor permitido en su normatividad de vertimientos.

Bario: Japón, Alemania, Francia y Rusia no establecen un máximo valor permitido en su normatividad de vertimientos mientras que los siguientes países si establecen en su normatividad un máximo valor: Colombia 5mg/l, España 20mg/l, Australia 2mg/l, Nueva Zelanda 10mg/l.

Cadmio: Francia y Rusia no establecen un máximo valor permitido en la normatividad de los vertimientos; mientras que Alemania y España establecen un valor máximo de 0,2 mg/l; Nueva Zelanda 0,5 mg/l, Colombia y Japón establecen un máximo de 1mg/l; Australia 1-2 mg/l.

Cobre: Colombia, Japón y Rusia Establecen un máximo valor permitido en la normatividad de vertimientos de 3 mg/l; Alemania, España y Francia de 0,5 mg/l; Australia 5 mg/l, Nueva Zelanda de 10 mg/l.

Cromo hexavalente: Colombia, Alemania, España, y Francia establecen 0,5 mg/l como máximo valor permitido en la norma de vertimientos; Japón y Rusia, lo establecen en 3 mg/l; Austria 3-5 mg/l; Nueva Zelanda 5 mg/l.

Compuestos fenólicos: Colombia establece un máximo valor permisible en la normatividad de vertimientos de 0,2 mg/l; España y Francia 0.3 mg/l; Australia 10 mg/l, Nueva Zelanda 50 mg/l mientras que Alemania y Rusia no establecen un máximo valor en la normatividad.

Grasas y aceites: Colombia exige en su normatividad de vertimientos la remoción del 80% total de las grasas, mientras que Japón, Alemania, España y Francia no establecen un valor permitido; Rusia Establece un valor de 200 mg/l; Australia (50-500 mg/l), Nueva Zelanda de (20-100 mg/l).

Mercurio: En la normatividad de vertimientos Colombia establece como máximo valor permitido 0,2 mg/l, mientras que Australia establece un valor permitido de 0,2-03 mg/l; Nueva Zelanda, Alemania y España establece este valor en 0,5 mg/l; No establece valor alguno Francia y Rusia.

Níquel: Colombia establece en su normatividad de vertimientos un máximo valor permitido de 2 mg/l; Alemania, Francia, España lo establecen en 0,5 mg/l; Rusia en 0,3mg/l; Austria (3-5 mg/l); Nueva Zelanda 10 mg/l.

Tabla 13. Comparación de la Normatividad Colombiana de Vertimientos, frente a la Normatividad de varios países de Europa, Asia, Oceanía

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | JAPON | ALEMANIA | ESPAÑA | FRANCIA | REINO UNIDO | AUSTRALIA | NUEVA ZELANDA |
|--------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|---------|----------|--------|---------|-------------|-----------|---------------|
| DBOS | TEXTILES | TEXTILES | - | - | - | 25 | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | - | - | 20 | - | - | - | - | - |
| | CURTIEMBRES | CURTIEMBRES | - | - | - | 25 | - | - | - | - | - |
| | ALIMENTOS | ALIMENTOS | - | - | - | 25 | - | - | - | - | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | - | 5-40 | - | 25 | - | - | - |
| | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 1000 | 150 | 120-160 | - | - | 30-100 | - | - | - |
| DQO | TEXTILES | TEXTILES | - | - | 160 | 16-250 | - | 125-300 | - | - | - |
| | QUIMICO | QUIMICO | - | - | - | 75-2500 | - | - | - | - | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | - | 15-150 | - | 125 | - | - | - |
| | | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 2000 | 200 | 120-160 | - | - | 125-300 | - | - |
| FOSFORO TOTAL | PTAR | PTAR | - | - | - | 1-2 | - | 1-2 | - | - | - |
| | | CUALQUIER CASO | - | - | 16-80 | - | - | 10 | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 100 | - | - | - | - | - | - | - | |
| GRASAS Y ACEITE VEGETAL | | | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - |
| GRASAS Y ACEITES MINERAL | | | - | 10 | 5 | - | - | - | - | - | - |
| NITROGENO TOTAL | PTAR | PTAR | - | - | - | 18-25 | - | 10-15 | - | - | - |
| | | CUALQUIER CASO | 800 | Analisis y Rept. | 60-120 | - | - | 30 | - | - | - |
| NITRATOS | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - | - | - | - | - |
| NITRITOS | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - | - | - | - | - |
| NITROGENO AMONIACAL | | | - | Analisis y Rept. | - | - | - | - | - | - | - |
| PH | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | 5-9 | - | 5-9 | 5.5-9.5 | - | 5,5-8,5 | - | - | - |
| SST | METALMECANICA | METALMECANICA | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | PTAR | PTAR | - | - | - | - | - | 35-60 | - | - | - |
| | | CUALQUIER CASO | 800 | 50 | - | - | - | 35-100 | - | - | - |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | CUALQUIER CASO | 2 | 5 | 120-200 | - | - | - | - | - | - | |
| SULFATOS | CUALQUIER CASO | CUALQUIER CASO | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| SULFUROS | | | 1 | - | - | - | - | - | - | - | |
| TEMPERATURA | | | <30 | - | <40-45 | <40 | - | <30 | - | - | - |
| ALUMINIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | 5 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 2 | - | - | 100 | 300 |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | JAPON | ALEMANIA | ESPAÑA | FRANCIA | REINO UNIDO | AUSTRALIA | NUEVA ZELANDA |
|------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|-------|----------|---------|---------|-------------|-----------|---------------|
| ANTIMONIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| ARSENICO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 0,05 | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | 0,1 | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,1 | - | 0,1 | - | - | 0,05 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | 1 | - | | 1-2 | 5 | |
| BARIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | 20 | - | - | 2 | 10 | |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 2 | - | - | - | - | |
| CADMIO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 0,05 | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | 0,1-0,2 | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,003 | - | 0,1 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | 0,05 | 0,1 | - | 0,2 | - | - | 1-2 | 0,5 |
| CINC | TEXTILES | H2O | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 1-4,2 | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 5 | - | 5 | - | - | 2 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | 2 | 3 | | 5 | 10 | |
| COBALTO | QUIMICO | H2O | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 10 |
| CROMO HEXVALENTE | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 0,5 | - | - | 0,1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 0,1 | | - | - | - |
| CROMO TOTAL | TEXTILES | H2O | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 0,25-7 | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | 0,1-0,5 | - | - | - | - |
| | CURTIEMBRES | H2O | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | 2 | - | - | 0,5 | - | - | - |
| ALCANTARILLADO | | 0,5 | | 3 | - | 0,5 | 3 | | 3-5 | 5 | |
| COBRE | TEXTILES | H2O | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 0,25 | - | - | - | - | - |
| | | QUIMICO | H2O | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,25 | - | - | - | - | 0,5 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | 3 | - | 0,5 | | 3 | 5 | 10 |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | JAPON | ALEMANIA | ESPAÑA | FRANCIA | REINO UNIDO | AUSTRALIA | NUEVA ZELANDA |
|------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|--------------------------------|--------|----------|--------|---------|-------------|-----------|---------------|
| ESTAÑO | TEXTILES | H2O | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 1-2 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 2 | 2 | - | 5-10 | 20 |
| HIERRO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 2 | 2 | - | 50-100 | 300 |
| LITIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - |
| MANGANESO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,02 | - | 10 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 1 | 1 | - | 10 | 20 |
| MERCURIO | QUIMICO | H2O | 0,02 | - | - | 0,05 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | 0,01 | - | - | 0,05 | 0,05 | - | 0,02-0,03 | 0,005 |
| SUSTANCIAS HALOGENADAS | TEXTILES | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | METALMECANICA | H2O | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 3 | 1 | - | - | - |
| BENCENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 0,1 | - | - | 1,5 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | 0,1 | - |
| BERILIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,005 |
| BORO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 5 | - | - | 25-100 | 25 |
| CIANURO | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 1 | - | - | 0,1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | 1 | 0,5 | - | - | 0,1 | - | 1 | 1-5 | 5 |
| CLORO | QUIMICO | H2O | - | - | - | 0,2 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 3 |
| CLOROFORMO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | 0,1 | - |
| CLORURO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - |
| FENOL | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 5 | - | - | 0,3 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | 0,2 | 0,2 | 50-100 | - | 0,3 | - | - | 10 | 50 |
| DIFENIL POLICLORADOS | EN CUALQUIER CASO | H2O | ND | - | - | - | - | 0,05 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| PARAMETRO | SECTOR INDUSTRIAL | RECURSO | COLOMBIA 1074 DE 1997 | COLOMBIA RESOL. 0631-2015 mg/L | JAPON | ALEMANIA | ESPAÑA | FRANCIA | REINO UNIDO | AUSTRALIA | NUEVA ZELANDA |
|-------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------|----------|--------|---------|-------------|-----------|---------------|
| FLUOR | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | 15 | - | - | 15 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | | - | 20 | 10 |
| HIDROCARBUROS TOTALES | METALMECANICA | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | QUIMICO | H2O | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | 10 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | 10 | | - | 10 | - |
| SELENIO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 0,1 | - | 0,1 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | 0,1 | - | - | 5 | 10 | |
| SULFURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | - | - | - | - | - | |
| TETRACLORURO DE CARBONO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | - | - | - | - | - | |
| TOLUENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | | - | 0,5 | - |
| TRICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | 1 | - | 0,03 | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | | - | - | - | - | - | - | 0,1 | - |
| XILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | | - | - | - |
| DICLOROETILENO | EN CUALQUIER CASO | H2O | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ALCANTARILLADO | 1 | - | - | - | - | - | - | - | |
| NIQUEL | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PLATA | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PLOMO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | 0,10 | - | - | - | - | - | - | - |
| SELENIO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | 0,1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ORGANOCORADOS | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| BORO | EN CUALQUIER CASO | ALCANTARILLADO | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MINIMO CONTROL | MAXIMO CONTROL | EN LIMITE DE CONTROL | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Comparación de la Normas de Vertimientos en cuerpos de agua y alcantarillado Colombia y Bogotá D.C. frente al rango Mundial

| PARAMETRO | CUERPOS DE AGUA | | | ALCANTARILLADO | | | LIMITE DETECCION LAB. |
|----------------------------|-----------------|--|---------------|----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|
| | BOGOTA mg/l | COLOMBIA | RANGO MUNDIAL | BOGOTA mg/l | RANGO MUNDIAL mg/l | COLOMBIA | |
| ARSENICO | 0,1 | Rango mundial | 0,05-1 | 0,1 | 0,06-5 | Rango estricto | 0,95 µg/L-As |
| BARIO | 5 | Rango mundial | 2-5 | 5 | 2-20 | Mas baja del rango mundial | 0,2mg/L |
| CADMIO | 0,003 | Rango severo | 0,01-1,2 | 0,003 | 0,02-2 | Rango severo | 0,001 mg/l |
| CARBAMATOS | 0,1 | - | - | 0,1-5 | - | - | - |
| CIANURO | 1 | Rango mundial | 0,1-33,5 | - | 0,1-5 | Rango mundial | 0,05mg/l |
| CINC | 5 | Rango mundial | 1-20 | 0,03-10 | 0,03-10 | Rango mundial | 0,05mg/l |
| CLOROFORMO | 1 | Solo regula Bogota | - | - | - | - | - |
| COBRE | 0,25 | Rango mundial | 0,1-6 | 0,5-15 | 0,5-15 | Inferior al rango mundial | 0,02mg/l |
| COMPUESTOS FENOLICOS | 0,2 | Rango mundial | 0,1-5 | 0,1-100 | 0,1-100 | Valor minimo rango mundial | 0,06mg/l |
| COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS | 0,05 | - | 0,05 | 0,05 | 0,05 | - | - |
| CROMO HEXAVALENTE | 0,1 | Rango laxo | 0,05-0,5 | 0,1-0,75 | 0,1-0,75 | - | 0,003mg/l |
| CROMO TOTAL | 0,5 | Rango laxo | 0,1-7 | 0,37-10 | 0,37-10 | Rango mundial | 0,01mg/l |
| DBOS | 1000 | rango flexible | 30-300 | 75-1500 | 75-1500 | Rango mundial | 2,0 mg/l |
| DICLOROETILENO | 1 | - | 1 | 1 | 1 | - | - |
| DIFENIL POLICLORADOS | ND | - | 0,05 | 0,05-0,2 | - | - | - |
| DQO | 2000 | Rango flexible | 120-2500 | 550-2500 | 550-2500 | Altas concentraciones | 4 mg/l |
| GRASAS Y ACEITES | 100 | Rango mas alto | 15-50 | 50-300 | 50-300 | Maximo rango mundial | 0,5 mg/l |
| MANGANESO | 0,2 | Rango severo | 0,3-10 | 1-20 | 1-20 | Inferior rango mundial | 0,01 mg/l |
| MERCURIO | 0,02 | Rango mundial | 0,001-0,05 | 0,0005-0,05 | 0,0005-0,05 | Rango mundial | 1,2 µg/l |
| NIQUEL | 0,2 | Rango severo | 0,2-4,1 | 0,5-10 | 0,5-10 | Inferior limite mundial | 0,01 mg/l |
| PLATA | 0,5 | Solo rega y Brasil | 0,1 | 0,1-5 | 0,1 -5 | Rango mundial | 0,01 mg/l |
| PLOMO | 0,1 | rango mundial | 0,01-1 | 0,1-10 | 0,1-10 | Rango severo | 0,01 mg/l |
| SELENIO | 0,1 | Solo regulado por Brasil, Chile Colombia | 0,01-0,1 | 0,05-10 | 0,05-10 | Rango mundial | 0,92 mg/l |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | 2 mg/l | - | 1-200 ml/l | 1,0-50ml/l | 1,0-50 ml/l | - | 0,1 ml/l |

| PARAMETRO | CUERPOS DE AGUA | | | ALCANTARILLADO | | | LIMITE DETECCION LAB. |
|-----------------------------|-----------------|------------------------------|---------------|----------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| | BOGOTA mg/l | COLOMBIA | RANGO MUNDIAL | BOGOTA mg/l | RANGO MUNDIAL mg/l | COLOMBIA | |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | 2 mg/l | - | 1-200 ml/l | 1,0-50ml/l | 1,0-50 ml/l | - | 0,1 ml/l |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 800 | Por encima del rango mundial | 35-300 | 40-600 | 40-600 | Superior al rango mundial | 2,5 mg/l |
| SULFURO DE CARBONO | 1 | Rango mundial | 1 | 1 | 1 | - | - |
| TETRACLORURO DE CARBONO | 1 | Rango mundial | 1 | 0,057-1 | 0,057-1 | - | - |
| TRICLOROETILENO | 1 | - | 0,3-1 | 0,054-1 | 0,054-1 | - | - |
| TENSOACTIVOS | 20 | Rango mundial | 2 | 2-500 | 2-500 | Rango mundial | 0,05 mg/l |

Fuente: Elaboración propia.

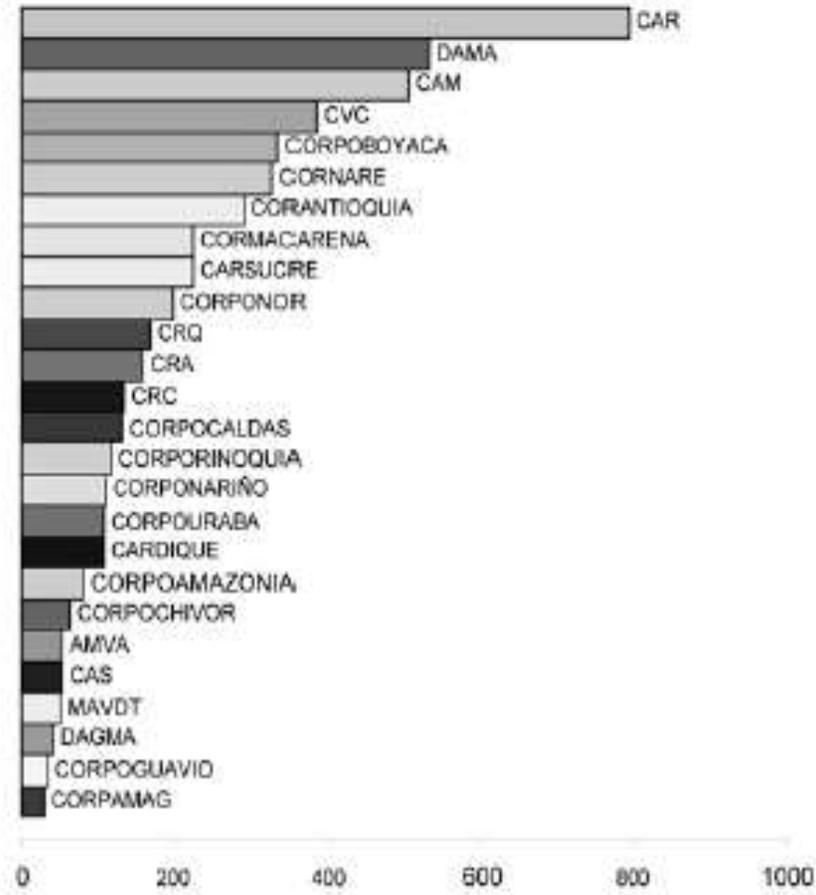
1.13. Análisis de cumplimiento de la normatividad que regulan los vertimientos hospitalarios en Bogotá.

En aras de evidenciar la efectividad de los instrumentos jurídicos que utiliza el Estado para sancionar y exigir la reparación de los daños que afectan el Ambiente en el presente trabajo se analiza el cumplimiento y seguimiento de las sanciones administrativas realizadas en Bogotá, D.C., y denunciar las conductas constitutivas de delitos ambientales a la autoridad competente.

En Colombia, Guiza Suarez Leonardo (2008) reporta información recopilada por la Defensoría del Pueblo de 5.600 sanciones administrativas impuestas durante los años 2003-2005 por 28 autoridades ambientales del país, y sobre 600 denuncias que autoridades ambientales hicieron ante la Fiscalía General de la Nación por la presunta comisión de delitos ecológicos en vigencia del actual Código Penal. Igualmente se informa por parte de la Contraloría General de la Republica los ingresos económicos recaudados por las autoridades ambientales por concepto de sanciones administrativas de carácter ambiental (Güiza Suárez, 2008).

Guiza Suarez Leonardo, 2008, evidencia la brecha evidente en lo relacionado a la vigilancia y control de los daños ambientales, dado que algunas corporaciones imponen más de doscientas sanciones ambientales por año, otras no pasan de diez, siendo las que imponen menor número de sanciones administrativas aquellas que mayores recursos ambientales poseen a su cargo. Evidencia además un contraste de los recursos económicos debido a la magnitud de su jurisdicción y a la riqueza natural que custodian.

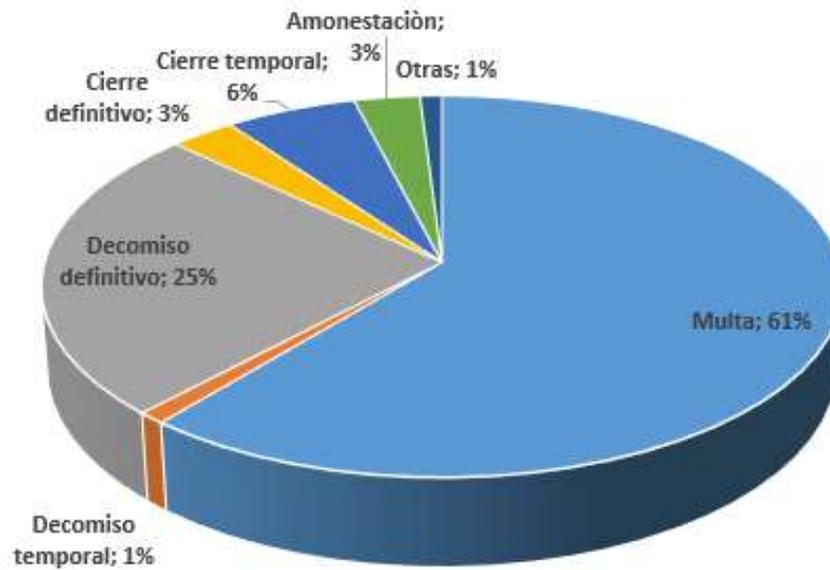
Figura 29. Número de sanciones administrativas discriminado por autoridad ambiental, impuestas durante los años 2003.2005



Fuente: (Güiza Suárez, 2008).

La CAR, el DAMA, la CAM y la CVC, fueron las autoridades ambientales que mayor número de sanciones impusieron en este periodo. Las autoridades ambientales que menor número de sanciones impusieron fueron CORPOMAG, CORPOGUAVIO, DAGMA y el MAVDT. En cuanto al número de tipo de sanciones impuestas por daños al ambiente, a través del estudio se logró establecer que el tipo de sanción más utilizado es la multa, en un 61% de los casos, seguido del decomiso definitivo, en un 25% de los casos (Güiza Suárez, 2008).

Figura 30. Tipos de sanciones administrativas de carácter ambiental impuestas durante el periodo 2003-2005



Fuente: (Güiza Suárez, 2008).

Se puede apreciar que las personas naturales cometieron en mayor número de este tipo de infracciones. Las diferentes administraciones municipales cometieron en los últimos tres años más de 260 infracciones ambientales. La mayor parte de estas sanciones o reparaciones impuestas a las autoridades municipales no han sido cumplidas y además no se ha iniciado el respectivo cobro coactivo por parte de la autoridad ambiental (Güiza Suárez, 2008).

En relación con el cumplimiento de las sanciones administrativas, se evidencio que el 50% cumplió. Con respecto a los recursos ambientales afectados, la investigación evidencio que las sanciones administrativas fueron impuestas por daños a la flora silvestre 62%, la fauna silvestre 8%, los recursos hídricos 14%, el suelo 4% y la atmosfera 12%. En estos casos, la Policía Nacional, Fuerzas Militares, El DAS, y la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales quienes pusieron a disposición de las autoridades ambientales el conocimiento de la infracción (Güiza Suárez, 2008).

Exigencia de la reparación de los daños causados por la infracción ambiental: Solamente en el 7% de los casos que concluyeron con sanciones se incluyó la obligación de reparación. Es decir que en el 93% de los daños ambientales conocidos, probados y endilgados no se exigió su reparación, con lo que se evidencia por omisión de las autoridades ambientales (violación del inciso 2 del artículo 80 Constitución Política de Colombia) y la normatividad ambiental que lo desarrolla (Güiza Suárez, 2008).

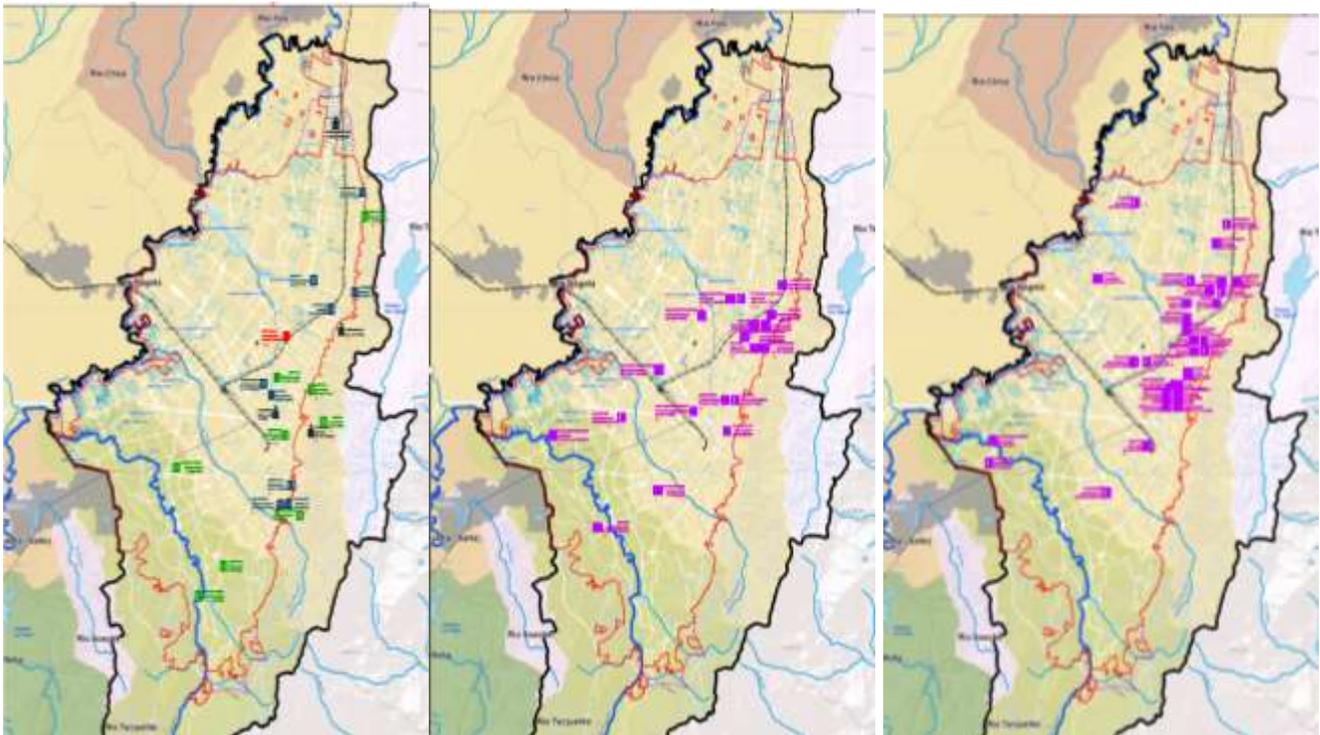
Denuncias de la autoridad ambiental ante la jurisdicción por la configuración de delitos ambientales: Según la gravedad del daño y su dimensión los infractores merecen un castigo penal o una sanción administrativa. La autoridad ambiental que mayor número de denuncias realizó fue CORPOCALDAS, seguida de Corantioquia, Corpoboyaca y la CRQ. Estas autoridades suman el 60% del total de las denuncias impuestas hasta el año 2005. El 40% de las autoridades ambientales no están cumpliendo con la función de dar a conocer a las autoridades competentes los hechos que dan origen a un ilícito penal de carácter ambiental. Las demás corporaciones autónomas regionales no remitieron expedientes a la fiscalía que conjugue hechos que puedan tipificar un delito ecológico. Aunado a esto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en los últimos cinco años solo han enviado un expediente a la fiscalía general de la Nación para que conozca de un delito ecológico (Güiza Suárez, 2008).

En Bogotá, para nuestro estudio se solicitó ante la Secretaría Distrital del Medio Ambiente información relacionada con el estado de sanciones administrativas en donde nos reportan la cifra de 109 sumarios de investigación administrativa por incumplimiento de la Normatividad que regula los vertimientos emitidos por las Instituciones Hospitalarias, y se encontró:

1. Durante el periodo 2006 al 2014 la Secretaria Distrital de Ambiente, inicia 109 procesos a diferentes Instituciones públicas y privadas por incumplimiento en la normatividad Nacional y Distrital que regula los vertimientos en Colombia. Los análisis muestran que el 38% fueron sancionados por no contar con permiso de vertimientos, 31% por incumplimientos de los

parámetros de interés ambiental y/o sanitarios, no contar con sistemas de pretratamiento de aguas residuales; 33% por no presentar permiso de vertimientos e incumplir el máximo valor de los parámetros ambientales y sanitarios.

Figura 31. Instituciones (Hospitales, Clínicas, laboratorios clínicos y Servicios Fúnebres) con procesos administrativos ordenados por la Secretaría Distrital del Medio Ambiente. Bogotá, 2014



Fuente: Elaboración propia.

Analizando en conjunto se observa que el 68% de las Instituciones investigadas por la Secretaria Distrital de Ambiente, no cuentan cumplen con el máximo valor establecido en la normatividad que

regula los vertimientos en Colombia y en la Ciudad de Bogotá, D.C. comportamiento que se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 15. Año apertura de investigación sancionatoria por incumplimiento de la normatividad que regula vertimientos Industriales 1996-2014

| AÑO APERTURA INVESTIGACION | PARAMETROS PERMISO | PARAMETROS SANITARIOS | PARAMETROS, PTAR | PERMISO VERTIMIENTOS | Total general | % |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 1996 | | | 1 | | 1 | 0,9 |
| 1998 | | 2 | 5 | | 7 | 6,4 |
| 1999 | | 2 | 2 | 1 | 5 | 4,6 |
| 2000 | | | | 1 | 1 | 0,9 |
| 2002 | | | 3 | | 3 | 2,8 |
| 2003 | | 1 | | | 1 | 0,9 |
| 2005 | | 8 | 11 | 10 | 29 | 26,6 |
| 2006 | | 3 | 4 | 6 | 13 | 11,9 |
| 2007 | | 1 | 1 | 11 | 13 | 11,9 |
| 2008 | 1 | 9 | 2 | 5 | 17 | 15,6 |
| 2009 | | 5 | | | 5 | 4,6 |
| 2010 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 3,7 |
| 2011 | | | | 2 | 2 | 1,8 |
| 2013 | | | 3 | 3 | 6 | 5,5 |
| 2014 | | 1 | | | 1 | 0,9 |
| (en blanco) | | | 1 | | 1 | 0,9 |
| TOTAL GENERAL | 1 | 33 | 34 | 41 | 109 | 100,00 |
| % | 1 | 30 | 31 | 38 | 100 | |

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el sector institucional que incumple la normatividad de vertimientos en la Ciudad de Bogotá, se determina que: El sector privado Hospitalario presentó una mayor frecuencia de violación a la norma 78% (85 casos), mientras que el sector público presentó un 20% (20 casos).

Tabla 16. Año apertura de investigación sancionatoria por incumplimiento de la normatividad que regula vertimientos Industriales y sector Institucional.

| TIPO ENTIDAD AÑO APERTURA INVESTIGACION | PARAMETROS PERMISO | PARAMETROS SANITARIOS | PARAMETROS, PTAR | PERMISO VERTIMIENTOS | TOTAL GENERAL | % |
|---|-----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------|
| ONG | | 1 | | 1 | 2 | 2 |
| 2006 | | 1 | | 1 | 2 | 2 |
| PRIVADA | 1 | 22 | 29 | 33 | 85 | 78 |
| 1998 | | 2 | 3 | | 5 | 5 |
| 1999 | | 2 | 2 | 1 | 5 | 5 |
| 2000 | | | | 1 | 1 | 1 |
| 2002 | | | 3 | | 3 | 3 |
| 2005 | | 2 | 10 | 10 | 22 | 20 |
| 2006 | | 2 | 3 | 5 | 10 | 9 |
| 2007 | | 1 | 1 | 4 | 6 | 6 |
| 2008 | 1 | 6 | 2 | 5 | 14 | 13 |
| 2009 | | 5 | | | 5 | 5 |
| 2010 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 |
| 2011 | | | | 2 | 2 | 2 |
| 2013 | | | 3 | 3 | 6 | 6 |
| 2014 | | 1 | | | 1 | 2 |
| PUBLICA | | 10 | 5 | 7 | 22 | 20 |
| 1996 | | | 1 | | 1 | 1 |
| 1998 | | | 2 | | 2 | 2 |
| 2003 | | 1 | | | 1 | 1 |
| 2005 | | 6 | 1 | | 7 | 6 |
| 2006 | | | 1 | | 1 | 1 |
| 2007 | | | | 7 | 7 | 6 |
| 2008 | | 3 | | | 3 | 3 |
| TOTAL GENERAL | 1 | 33 | 34 | 41 | 109 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

Según el tipo de la entidad investigada y su respectivo análisis de caracterización, se determinó que: en las Instituciones privadas se presentaron 42% (46 caracterizaciones domiciliarias) y 35,8% (39 caracterizaciones tipo industrial), mientras que en el sector público se presentaron 16 caracterizaciones tipo domiciliaria e industriales.

Tabla 17. Sector de Entidad y tipo de caracterización de aguas residuales realizada e incumplimiento de la normatividad de vertimientos.

| TIPO ENTIDAD TIPO CARACTERIZACION | PARAMETROS PERMISO | PARAMETROS SANITARIOS | PARAMETROS, PTAR | PERMISO VERTIMIENTOS | TOTAL GENERAL | % |
|---|-----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|------------|
| ONG | | 1 | | 1 | 2 | 1,8 |
| DOMICILIARIA | | 1 | | 1 | 2 | 1,8 |
| PRIVADA | 1 | 22 | 29 | 33 | 85 | 78 |
| DOMICILIARIA | | 15 | 3 | 28 | 46 | 42,2 |
| INDUSTRIAL | 1 | 7 | 26 | 5 | 39 | 35,8 |
| PUBLICA | | 10 | 5 | 7 | 22 | 20,2 |
| DOMICILIARIA | | 8 | 1 | 7 | 16 | 14,7 |
| INDUSTRIAL | | 2 | 4 | | 6 | 5,5 |
| TOTAL GENERAL | 1 | 33 | 34 | 41 | 109 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

En los 109 procesos sancionatorios que adelanta la Secretaria Distrital de Ambiente, se observa: 47,7% (52 instituciones) investigadas prestan servicios de consulta, hospitalización y cirugía; 27,5% (30 instituciones) tienen servicio de consultorio médico; 8,3% (9 instituciones) son Empresas Sociales del Estado; 4,6% (5 empresas) prestan servicios funerarios; 5.5% (6 empresas) prestan servicio de laboratorio.

Tabla 18. Tipo de Servicio que presta la institución y violación de la normatividad de vertimientos industriales por el cual se inicia sanción ambiental

| SERVICIOS QUE PRESTA | PARAMETROS PERMISO | PARAMETROS SANITARIOS | PARAMETROS, PTAR | PERMISO VERTIMIENTOS | TOTAL GENERAL | % |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|----------------------|---------------|------------|
| CONSULTORIO MEDICO | | 5 | 2 | 23 | 30 | 27,5 |
| CONSULTORIO ODONTOLOGICO | | 2 | | 2 | 4 | 3,7 |
| CONSULTORIO, HOSP. CIRUGIA | 1 | 21 | 24 | 6 | 52 | 47,7 |
| DIAGNOSTICOS MEDICOS | | | 3 | | 3 | 2,8 |
| EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO | | 2 | | 7 | 9 | 8,3 |
| LABORATORIO CLINICO | | 2 | | 3 | 5 | 4,6 |
| LABORATORIO CLINICO TOXICOL | | 1 | | | 1 | 0,9 |
| SERVICIOS FUNERARIOS | | | 5 | | 5 | 4,6 |
| TOTAL GENERAL | 1 | 33 | 34 | 41 | 109 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar que los resultados obtenidos están aún vigentes, dado que no se registran cambios significativos en la normatividad Ambiental y sanitaria.

Una manera de determinar la efectividad en la aplicación instrumentos sancionatorios por parte de la autoridad ambiental sería relacionar el número de sanciones impuestos con los impactos ambientales surgidos en el área de jurisdicción durante la investigación.

Hasta la fecha de consulta no fue posible determinar la aplicación de instrumentos sancionatorios.

Componente estratégico

1. Valores máximo permitidos para el vertimiento en fuentes de agua

La normatividad de vertimientos de algunos países establecen valores límites máximos permitidos para llegar a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua de países como Colombia, Argentina, Brasil, Perú, Ecuador, Brasil, Bolivia, Chile, Estados Unidos, México y Canadá, así como países Alemania, Rusia, España, Japón, Nueva Zelanda.

Arsénico: Este compuesto se considera cancerígeno y es bioacumulable, además se clasifica como toxico para el medio acuático. Francia establece una concentración máxima de 0,05 mg/l; Los límites permisibles más laxos se encuentran en Argentina y Chile con una concentración de 0,5 mg/l. Bogotá se encuentra dentro del rango mundial (0,1 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Bario: Se regula en Alemania, Brasil y Colombia. En Alemania se reglamenta para la industria química con una concentración límite de 2 mg/l, a comparación de Brasil y Colombia donde la concentración es 5mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cadmio: Metal pesado bioacumulable. Bogotá establece el límite de 0,03 mg/l, es el más estricto del rango mundial. Estados Unidos establece 1,2 mg/l siendo el más flexible con los vertimientos de este elemento (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cianuro: La Industria farmacéutica en Estados Unidos es muy flexible con una concentración máxima diaria de 33,5 mg/l y promedio mensual de 9,4mg/l. Argentina y Francia regula este contaminante con un valor de 0,1 mg/l siendo los países más estrictos. Bogotá se encuentra dentro del rango mundial de 0,1 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Zinc: México tiene valores de 10 mg/l mensual. Mientras que Francia (2mg/l) y Alemania 1 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cobre: Chile tiene los valores más estrictos en el rango mundial, con una concentración de 0,1 mg/l para vertimiento en lagos, Bogotá, tiene límite de 0,2 mg/l. El valor más laxo está regulado en México (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Fenol: Japón tiene el límite más laxo para la regulación de este parámetro (5mg/l). Los países más estrictos son Brasil (0,1 mg/l), Estados Unidos (0,05 mg/), El Bogota la concentración máxima permisible es de 0,2 mg/l. Inferior a las concentraciones reguladas en Francia (0,3 mg/l) y Chile (0,5 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cromo hexavalente: Este elemento metálico con su estado de oxidación es el más toxico y bioacumulable relacionado con sustancias cancerígenas. El valor más laxo se encuentra regulado en Japón y Colombia (0,5 mg/l) y el más estricto en Chile para vertimientos a ríos (0,05 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

DBO5: Bogotá presenta el valor límite más flexible regulado para este parámetro 1000mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá)

DQO: Este parámetro es regulado de manera flexible en Bogotá con un valor límite de 2000 mg/l y en Alemania para la industria Química 2500 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Grasas y aceites: Chile regula este parámetro con una concentración de 20 mg/l, México con un promedio mensual de 15 mg/l y Colombia con el valor límite más alto del rango mundial (100 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Manganeso: Bogotá regula este elemento metálico de manera estricta (0,02 mg/l), con un valor cercano al límite de detección (0,01 mg/l), seguido con Chile con una concentración límite de 0,3 mg/l. Japón es el país con el valor máximo permitido de 10 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Mercurio: En Alemania la concentración límite de este metal es la más elevada del rango mundial 0,05 mg/l. Chile presenta el valor más estricto de 0,001 mg/l por debajo del límite de detección (1,2 µg/l). Bogotá se encuentra dentro del rango mundial con una concentración de 0,02 mg/l similar a México (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Níquel: México regula este parámetro con el valor más alto del rango mundial (4 mg/l), Estados Unidos establece (4,1 mg/l); Los valores más exigentes se encuentran en Chile y Colombia (0,02 mg/l) y Alemania (0,01 mg/l) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Plata: Solo es regulado por Colombia y Brasil (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Plomo: Metal cancerígeno y mutagénico. La mayoría de países regulan este parámetro con un valor de 0,5 mg/l, Bogotá y Japón regula la concentración para vertimientos a cuerpo de agua 0,1 mg/l (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Selenio: Solo se regula en Brasil (0,05 mg/l), Chile (0,01 mg/l) y Colombia (0,1 mg/l) (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Sólidos sedimentales: Solo se regula en Argentina, Brasil, y México.

Sólidos suspendidos totales: Japón establece como máximo valor permitido (200 mg/l); mientras que Colombia establece un valor de 800 mg/l. Francia establece el valor más estricto 35 mg/l (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Detergentes (SAAM): Solo regulado en Colombia, Brasil, Chile. El límite más elevado es Bogotá 20 mg/l (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Sulfuro de carbono, tetracloruro de carbono y tricloroetileno: Regulados únicamente en Brasil y Bogotá (1mg/l) para vertimientos a cuerpos de agua y redes de alcantarillado (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Organoclorados: Regulados únicamente en Brasil y Bogotá con una concentración máxima de 0,05 mg/l (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Carbamatos: El valor límite en Colombia es de 0,1 mg/l y Brasil es de 1 mg/l.

2. *Valores máximo permitidos para el vertimiento sistemas de alcantarillado.*

Arsénico: En Iowa (Estados Unidos) establece un valor límite local de 0,06mg/l, seguido de Bogotá y Canadá con una concentración máxima de 0,1 mg/l. Nueva Zelanda es el país más permisivo con este parámetro de 5 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Bario: Parámetro regulado por Brasil, Colombia, España y Nueva Zelanda. España establece un valor máximo permisible de 20 mg/l; mientras Colombia y Brasil establecen los valores más rigurosos del rango mundial 5mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cadmio: Bogotá reglamenta este parámetro de manera muy estricta comparado con los otros países (0,003 mg/l) donde Canadá presenta el valor más severo 0,02 mg/l y Australia el más alto (2 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cianuro: Argentina, España, y Francia establece el limite más bajo para este contaminante (0,01 mg/l), mientras que Australia y Nueva Zelanda, el valor más elevado (5mg/l). El límite establecido en Bogotá se encuentra en el rango mundial (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cobre: Colombia se encuentra por debajo del rango mundial (0,25 mg/l). El valor mínimo de este rango se establece en Brasil, España, y Francia (0,5 mg/l), el valor máximo se regula en México (10-15 mg/l) y Nueva Zelanda (10 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Compuestos Fenólicos: Brasil presenta el valor mínimo del rango mundial para vertimientos en alcantarillado (0,1 mg/l) seguido de Bogotá con una concentración de 0,2 mg/l. El valor máximo es reglamentario en Nueva Zelanda (50 mg/l) y Japón (50/100 mg/l) dependiendo del tamaño de la empresa (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Cromo total: El valor mínimo del rango mundial es establecido en Canadá (0,37 mg/l), seguido de Brasil, España, y Francia con 0.5 mg/l. El valor máximo del rango es el regulado en Chile (10 mg/l). Colombia se encuentra dentro de este rango 1mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

DBO5. México regula este parámetro con el valor mínimo del rango mundial de 75 mg/l, Francia 800 mg/l, Estados Unidos 1500 m/l; Colombia se encuentra en el rango mundial, aunque presenta un valor elevado comparado con el promedio del resto de los países (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

DQO: Colombia y Francia presentan concentraciones muy altas en comparación con otros países 2000mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Grasas y aceites: Estados Unidos presenta el valor máximo del rango mundial 300 mg/l, seguido de Chile y Colombia. Los valores mínimos se encuentran en México, Australia con una concentración de 50 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Manganeso: Colombia se encuentra muy por debajo del rango mundial: 0,02 mg/l. El valor mínimo de este rango es reglamentado en Brasil, España, y Francia 1mg/l. Los valores límites de Australia y Nueva Zelanda están por encima del promedio mundial, con concentraciones de 10 y 20 mg/l respectivamente (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Mercurio: Todos los países están dentro del mismo rango (0,01-0,003 mg/l) a excepción de Canadá con una concentración de 0,001 mg/l y España con 0,05 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Níquel: Bogotá se encuentra por debajo del límite mundial, donde el valor máximo es regulado por Nueva Zelanda con una concentración de 10 mg/l y el valor mínimo de 0,5 mg/l por Canadá, España y Francia (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Plata: Los valores regulados más valorados para este parámetro se encuentra en Canadá y Australia (5mg/l) al contrario de Brasil donde la concentración limite es de 0,1 mg/l. Bogotá se encuentra dentro de rango Mundial (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Plomo: Colombia, Japón y México son los países más restrictivos en el vertimiento de este contaminante a sistemas de alcantarillado. El resto de países están dentro del mismo rango 0,1-1 mg/l a excepción de Nueva Zelanda (10 mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Selenio: Bogotá se encuentra dentro del rango mundial, donde el valor mínimo es regulado por Brasil 0,05 mg/l y el máximo reglamentado por Nueva Zelanda (10 mg/l).

Sólidos sedimentales: Argentina establece el valor más estricto 0,5 mg/l mientras Nueva Zelanda regula el valor más flexible 50 mg/l (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Sólidos suspendidos totales: Todos los países están en el mismo rango 300-600 mg/l sin embargo Bogotá se encuentra por encima (800mg/l) (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Tensoactivos: Este parámetro se regula en Bogotá, Brasil, Nueva Zelanda y Reino Unido. Colombia se encuentra dentro del Rango Mundial (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Zinc: Estados Unidos y Nueva Zelanda regulan este parámetro de manera más laxa 10 mg/l. Canadá se encuentra en el límite inferior del rango mundial (0,03 mg/l). Colombia se encuentra dentro del rango mundial (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Tabla 19. Comparación de parámetros de vertimientos en cuerpos de agua y alcantarillado

| PARAMETRO | CUERPOS DE AGUA | | | | ALCANTARILLADO | | | | LIMITE DETECCION LAB. |
|------------|-------------------------------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|
| | BOGOTA Resolucion 1074 (mg/l) | Resolucion 631 de 2015 | COLOMBIA | RANGO MUNDIAL | BOGOTA Resolucion 1074 (mg/l) | Resolución 631 de 2015 | RANGO MUNDIAL mg/l | COLOMBIA | |
| ARSENICO | 0,1 | No se regula | Rango mundial | 0,05-1 | 0,1 | No se regula | 0,06-5 | Rango estricto | 0,95 µg/L-As |
| BARIO | 5 | No se regula | Rango mundial | 2-5 | 5 | No se regula | 2-20 | Mas baja del rango mundial | 0,2mg/L |
| CADMIO | 0,003 | 0.10 | Rango severo | 0,01-1,2 | 0,003 | 0.05 | 0,02-2 | Rango severo | 0,001 mg/l |
| CARBAMATOS | 0,1 | No se regula | - | - | 0,1-5 | No se regula | - | - | - |
| CIANURO | 1 | 0.50 | Rango mundial | 0,1-33,5 | - | 0.50 | 0,1-5 | Rango mundial | 0,05mg/l |

| PARAMETRO | CUERPOS DE AGUA | | | | ALCANTARILLADO | | | | LIMITE DETECCION LAB. |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|--|---------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|
| | BOGOTA Resolucion 1074 (mg/l) | Resolucion 631 de 2015 | COLOMBIA | RANGO MUNDIAL | BOGOTA Resolucion 1074 (mg/l) | Resolución 631 de 2015 | RANGO MUNDIAL mg/l | COLOMBIA | |
| CINC | 5 | 3 | Rango mundial | 1-20 | 0,03-10 | No se regula | 0,03-10 | Rango mundial | 0,05mg/l |
| CLOROFORMO | 1 | No se regula | Solo regula Bogota | - | - | No se regula | - | - | - |
| COBRE | 0,25 | 1 | Rango mundial | 0,1-6 | 0,5-15 | No se regula | 0,5-15 | Inferior al rango mundial | 0,02mg/l |
| COMPUESTOS FENOLICOS | 0,2 | Analisis y reporte | Rango mundial | 0,1-5 | 0,1-100 | No se regula | 0,1-100 | Valor minimo rango mundial | 0,06mg/l |
| COMPUESTOS ORGANOCORADOS | 0,05 | No se regula | - | 0,05 | 0,05 | No se regula | 0,05 | - | - |
| CROMO HEXAVALENTE | 0,1 | 0.50 | Rango laxo | 0,05-0,5 | 0,1-0,75 | No se regula | 0,1-0,75 | - | 0,003mg/l |
| CROMO TOTAL | 0,5 | 0.50 | Rango laxo | 0,1-7 | 0,37-10 | 0.50 | 0,37-10 | Rango mundial | 0,01mg/l |
| DBO5 | 1000 | 90 | rango flexible | 30-300 | 75-1500 | 150-600 | 75-1500 | Rango mundial | 2,0 mg/l |
| DICLOROETILENO | 1 | No se regula | - | 1 | 1 | No se regula | 1 | - | - |
| DIFENIL POLICLORADOS | ND | No se regula | - | 0,05 | 0,05-0,2 | No se regula | - | - | - |
| DQO | 2000 | 180 | Rango flexible | 120-2500 | 550-2500 | 200-800 | 550-2500 | Altas concentracion | 4 mg/l |
| GRASAS Y ACEITES | 100 | 20 | Rango mas alto | 15-50 | 50-300 | 10 | 50-300 | Maximo rango mundial | 0,5 mg/l |
| MANGANESO | 0,2 | No se regula | Rango severo | 0,3-10 | 1-20 | No se regula | 1-20 | Inferior rango mundial | 0,01 mg/l |
| MERCURIO | 0,02 | 0.02 | Rango mundial | 0,001-0,05 | 0,0005-0,05 | 0.01 | 0,0005-0,05 | Rango mundial | 1,2 µg/l |
| NIQUEL | 0,2 | 0.50 | Rango severo | 0,2-4,1 | 0,5-10 | No se regula | 0,5-10 | Inferior limite mundial | 0,01 mg/l |
| PLATA | 0,5 | Analisis y reporte | Solo rega y Brasil | 0,1 | 0,1-5 | Analisis y reporte | 0,1 -5 | Rango mundial | 0,01 mg/l |
| PLOMO | 0,1 | 0.50 | rango mundial | 0,01-1 | 0,1-10 | 0.10 | 0,1-10 | Rango severo | 0,01 mg/l |
| SELENIO | 0,1 | No se regula | Solo regulado por Brasil, Chile Colombia | 0,01-0,1 | 0,05-10 | No se regula | 0,05-10 | Rango mundial | 0,92 mg/l |
| SOLIDOS SEDIMENTALES | 2 mg/l | 5 | - | 1-200 ml/l | 1,0-50ml/l | 5-1 | 1,0-50 ml/l | - | 0,1 ml/l |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 800 | 90 | Por encima del rango mundial | 35-300 | 40-600 | 50-100 | 40-600 | Superior al rango mundial | 2,5 mg/l |
| SULFURO DE CARBONO | 1 | Analisis y reporte | Rango mundial | 1 | 1 | No se regula | 1 | - | - |
| TETRACLORURO DE CARBONO | 1 | Analisis y reporte | Rango mundial | 1 | 0,057-1 | No se regula | 0,057-1 | - | - |
| TRICLOROETILENO | 1 | Analisis y reporte | - | 0,3-1 | 0,054-1 | No se regula | 0,054-1 | - | - |
| TENSOACTIVOS | 20 | Analisis y reporte | Rango mundial | 2 | 2-500 | Analisis y reporte | 2-500 | Rango mundial | 0,05 mg/l |

Fuente: Elaboración propia.

3. Comparación de las cargas contaminantes del sector salud comparada con otros sectores industriales.

Las cargas contaminantes se establecieron teniendo en cuenta el caudal, las horas de vertimiento y la concentración de cada contaminante monitoreado para el sector salud y se compararon estos resultados con otros sectores industriales, en donde se encontró lo siguiente:

Una muestra de 43 empresas de las 59 registradas y monitoreadas por Secretaria Distrital de Salud e identificadas con actividades relacionadas con el sector salud, fueron clasificadas como Pequeñas (3), Medianas (7), grandes empresas (33) se monitorearon los siguientes parámetros de interés ambiental y sanitario: Fenoles, DBO5, DQO5, aceites y grasas, níquel, plata, plomo, solidos suspendidos totales, tensoactivos, sulfatos, sulfuros.

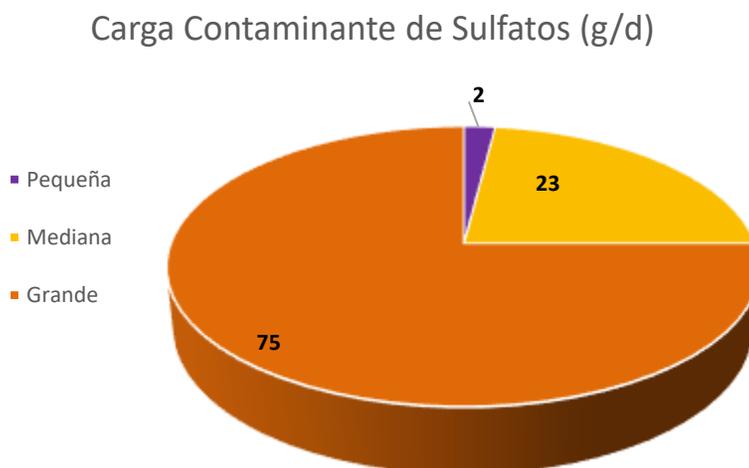
Tabla 20. Extrapolación base de datos SDA

| Extrapolación – Base de datos SDA | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|-----------|-----|---------|-----------|-----|--------|-----------|------|
| TAMAÑO | PEQUEÑA | | | MEDIANA | | | GRANDE | | |
| n. Muestra | 3 | | | 7 | | | 33 | | |
| (n)extrapolación | 9 | | | 14 | | | 36 | | |
| | Prom | Carg extr | % | Prom | Carg extr | % | Prom | Carg extr | % |
| SO4 (g/d) | 67 | 605 | 2 | 627 | 8784 | 23 | 814 | 29317 | 76 |
| SAAM (g/d) | 4 | 33 | 1 | 15 | 217 | 5 | 114 | 4115 | 94 |
| S (g/d) | 1 | 11 | 1 | 14 | 191 | 9 | 53 | 1902 | 90 |
| DQO (g/d) | 2 | 22 | 1 | 6 | 89 | 5 | 48 | 1741 | 94 |
| DBO (g/d) | 1 | 9 | 1 | 3 | 49 | 6 | 23 | 818 | 93 |
| Pb (g/d) | 0.2 | 2 | 0 | 1 | 8 | 2 | 15 | 552 | 98 |
| Grasas y Aceites (g/d) | 0.05 | 0 | 0 | 0.5 | 6 | 1 | 14 | 512 | 99 |
| SST (g/d) | 0.3 | 3 | 1 | 1 | 14 | 3 | 11 | 394 | 96 |
| Fenoles (g/d) | 0.2 | 2 | 0.5 | 1 | 17 | 4.3 | 10 | 363 | 95.2 |
| Mercurio (g/d) | 0.03 | 0 | 1 | 0.2 | 3 | 15 | 0.4 | 15 | 84 |
| Plata (g/d) | | | | | | | 0.4 | 15 | 100 |
| Níquel (g/d) | | | | | | | 0.03 | 1 | 100 |

Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

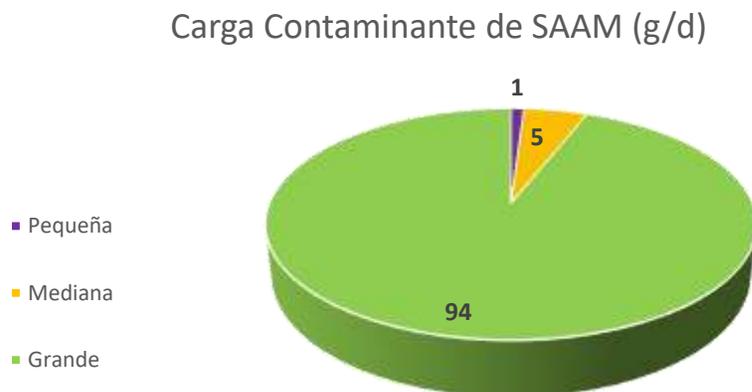
Los resultados expresados en la tabla No indican que los contaminantes más representativos de este sector son los sulfatos (SO₄), las sustancias tensoactivos (SAAM), el sulfuro, la demanda química de oxígeno (DQO) y el Plomo Pb.

Figura 32. Carga contaminante de SO₄ aportada por el sector salud según tamaño de la empresa (g/d)



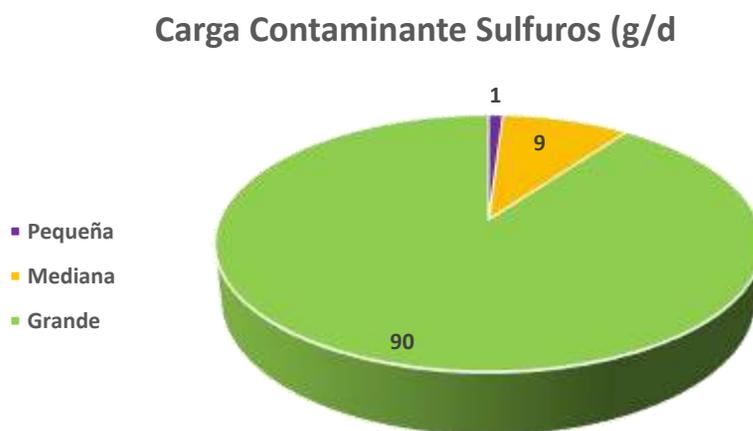
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 33. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)



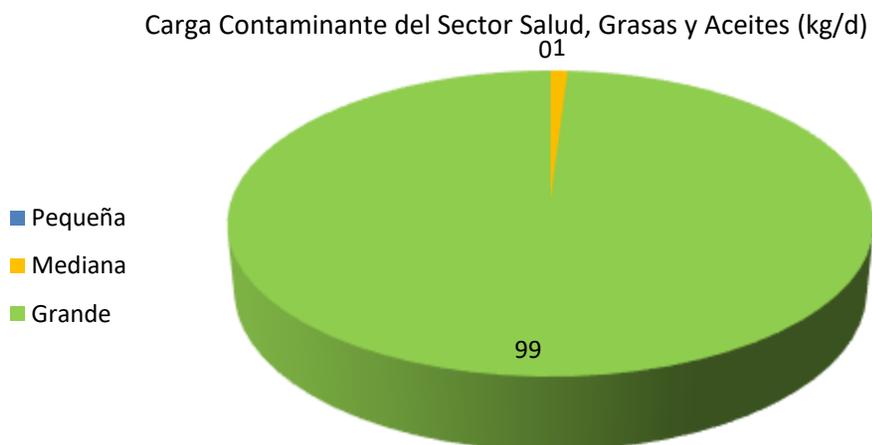
Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 34. Carga contaminante de Sulfuros aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)



Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 35. Carga contaminante de grasas y aceites aportados por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)



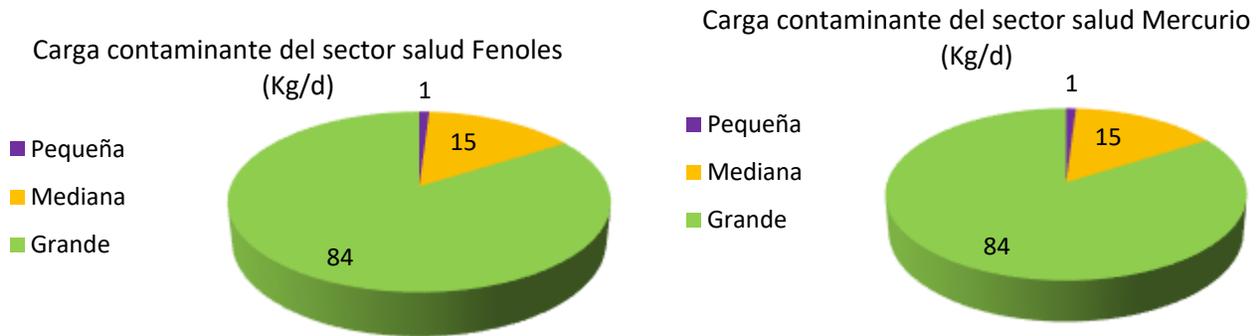
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 36. Carga contaminante de DQO5 y DBO5 aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 37. Carga contaminante de Fenoles y Mercurio aportada por el sector salud comparado según tamaño de la empresa (g/d)



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

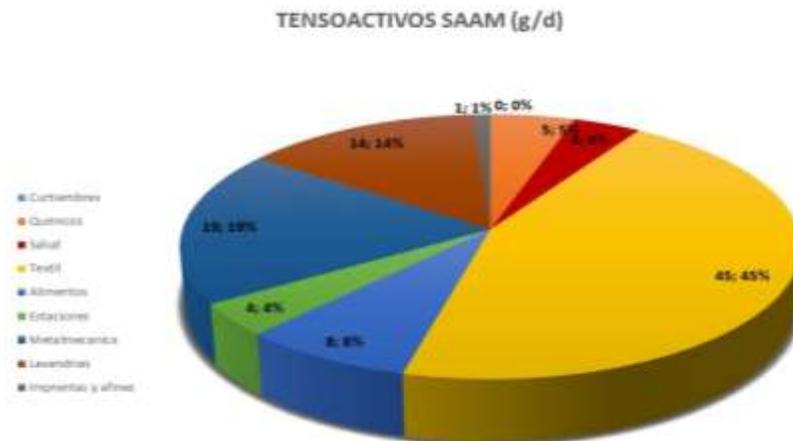
4. Participación y responsabilidad de carga contaminante del sector salud comparado con los sectores industriales

EL Comportamiento de la carga contaminante de cada uno de los parámetros de interés ambiental y sanitario del sector salud, se comparó frente a la contaminación de otros sectores industriales como Químico, Lavanderías, Metalúrgica, textiles, alimentos y bebidas, metalmecánica, lavadero de autos (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Del análisis de la información recopilada se pudo concluir que los principales responsables de la contaminación industrial corresponden a los textiles e hilanderías, químico, metalmecánica y curtiembres. El sector salud así como alimentos y bebidas, servicios de lavanderías no poseen la misma responsabilidad de contaminación pero contribuyen con aportes significativos del total de carga contaminante. Es importante anotar que la información aportada no corresponde al 100% dado que hace falta el seguimiento y monitoreo de algunos sectores productivos así como el reporte de algunos parámetros de interés ambiental y sanitario (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá). Las gráficas

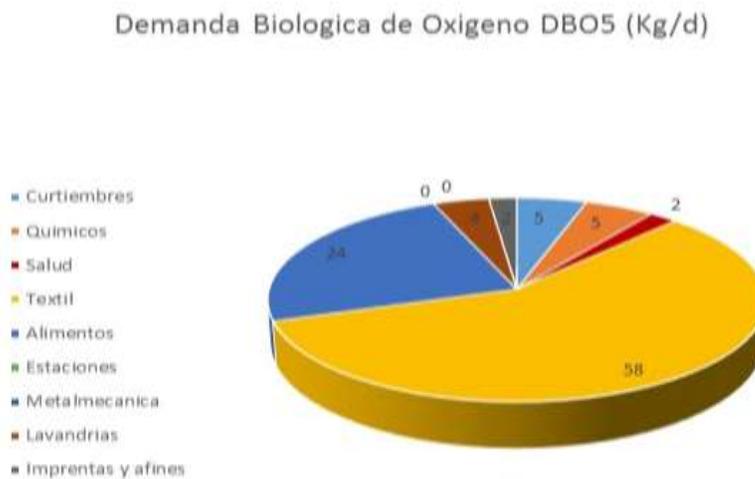
siguientes muestran el comportamiento de carga contaminante de cada uno de los sectores industriales estudiados:

Figura 38. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



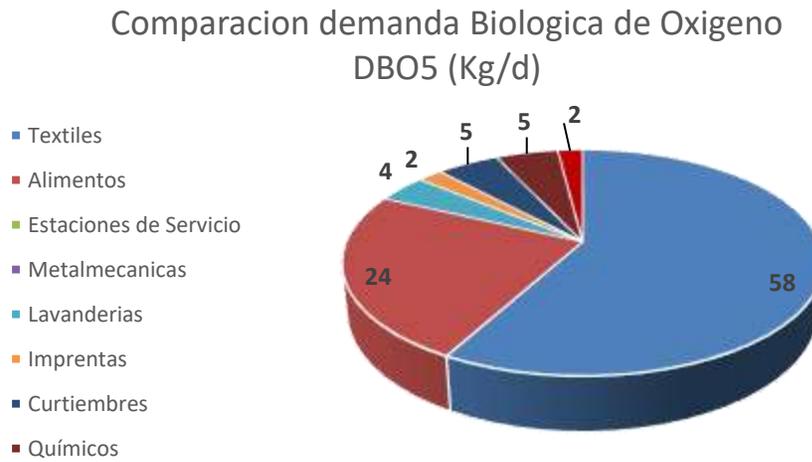
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 39. Carga contaminante de DBO5 aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 40. Carga contaminante de DBO5 aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



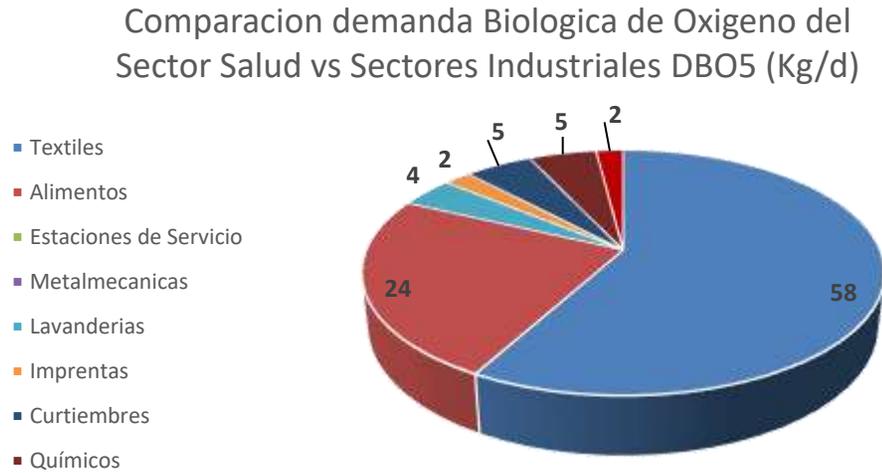
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 41. Carga contaminante de SAAM aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



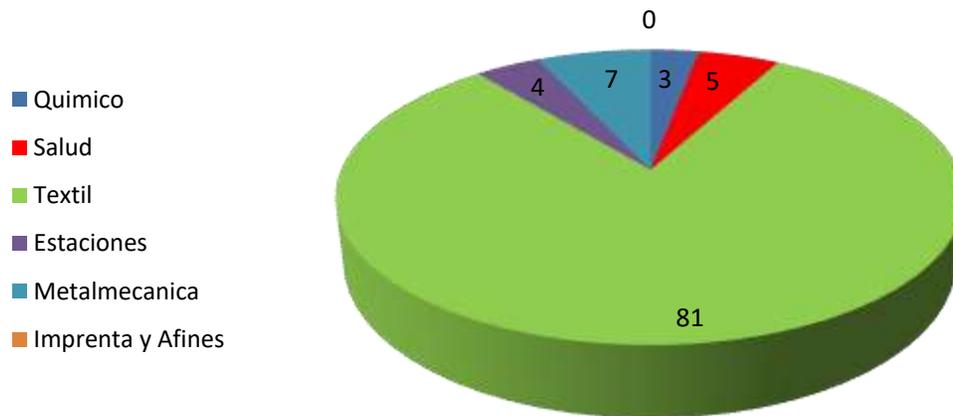
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 42. Carga contaminante de Fenoles aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



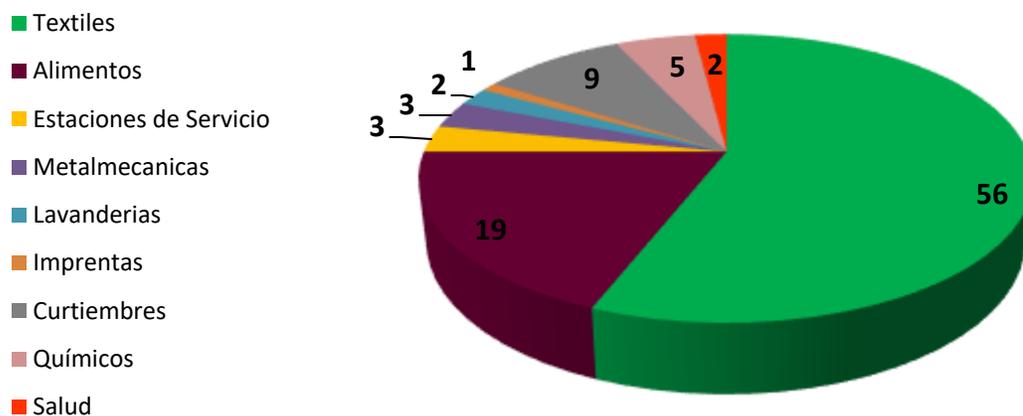
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 43. Carga contaminante de Plomo aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Figura 44. Carga contaminante de Plomo aportada por el sector salud comparado con sectores industriales (g/d)



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá).

Discusión

La investigación apuntaba a resolver la pregunta-problema: Existe en una normatividad específica que regule y controle los vertimientos hospitalarios en Colombia? existe esta norma internacionalmente?

Desde la declaración del título de la investigación y a la luz de la pregunta-problema a la que apunta, se concluye con satisfacción que el estudio realizado consigue definir un marco conceptual para el abordaje del problema planteado; logra los objetivos planteados, al evidenciar la ausencia de una normatividad específica que regule en Colombia los vertimientos hospitalarios donde se establezcan parámetros característicos y específicos relacionados; y en donde se defina las principales caracterizaciones físico químicas específicas compatibles de acuerdo con la naturaleza de la actividad que se realiza en los centros hospitalarios y los vertimientos que de ello se generen.

El objetivo General pretende realizar una revisión crítica de la normatividad vigente Colombiana que regula la gestión de los vertimientos hospitalarios con el fin de evaluar su impacto en la salud pública y ambiental, desplegado en cinco objetivos específicos: a. Revisar los parámetros ambientales en la normatividad vigente sobre vertimientos en Colombia; b. Revisar los parámetros de salud Pública en la normatividad vigente Colombiana sobre vertimientos; c. Analizar las evidencias científicas encontradas en relación con contaminantes emergentes: medicamentos hospitalarios, drogas ilícitas cianobacterias, vertimientos hospitalarios y su impacto ambiental y sanitario; d. Hacer un análisis crítico desde la Salud pública de la normatividad Colombia que regula los vertimientos hospitalarios. Y se aportaron elementos que pueden resultar de utilidad para el logro de los objetivos propuestos.

Los estudios previos consultados, el desarrollo, análisis y conclusiones permiten deducir que en Colombia y en el Mundo se requiere realizar, actualizar la normatividad ambiental y sanitaria que regula los vertimientos hospitalarios, así como realizar estudios cuali y cuantitativos de las sustancias presentes

en dichos vertimientos con el fin de dar directrices con respecto al control de nuevos parámetros a vigilar en la disponibilidad del agua de consumo humano y animal.

En Colombia, en el periodo 1909 - 2009 se han realizado movilizaciones por el la defensa del agua desde la gestión de los acueductos comunitarios; y consolidando del uso de herramientas jurídicas como acciones populares, en actuación de demandas por intereses colectivo. Dicha problemática en torno a el agua se ha centrado en torno a las privatizaciones, cobertura, incrementos de tarifas, calidad del agua, y la recurrente falta de acceso al agua y saneamiento (dimensiones ambientales, sociales y legales) acogiendo como medios de protestas las formas de acción, paros, movilización e invasiones. Las demandas realizadas se centran por el acceso a servicios públicos y demandas políticas y culturales respecto a la protección a la vida y el agua como derecho humano. Lo anterior se traduce que en Colombia no se ha efectuado una evaluación formal a la política sectorial del agua y saneamiento y en cuanto a la calidad del agua como elemento necesario para la vida, ni se han adelantado estudios en aras de determinar cuál es la lista real y actualizada de los contaminantes, sus características fisicoquímicas y su naturaleza. De otra parte no se han actualizados estudios sobre los límites máximos permisibles en cada uno de los contaminantes. Hasta la fecha son nulas las movilizaciones que se han sucedido en el País en torno a esta problemática. El último informe Nacional de la calidad del agua para el consumo humano 2013 y publicado en Diciembre de 2014 donde 857 Municipios de Colombia (76,38% de los Municipios) con una población de 27.686.803 (58.75%) habitantes consumen agua no apta para el consumo humano ya que posee algún nivel de riesgo para su salud. Es de anotar que esta información ha sido proyectada con el CENSO DANE, con 47.120.770 Habitantes en 1.122 Municipios. Lo anterior traduce que solo el 23.6% de los Municipios Colombianos disponen de agua sin riesgo para el consumo humano visto desde los parámetros del Decreto 1575 de 2007 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). La evidencia encontrada en relación con el índice de riesgo del agua de consumo humano, se puede inferir que las

funciones encomendadas a cada una de las Instituciones no se cumplen en su totalidad exponiendo a los habitantes a riesgos en su salud.

A pesar de la instauración de diferentes mecanismos de política ambiental con el fin de prevenir, controlar y mitigar los vertimientos de aguas residuales se ha demostrado que no se ha alcanzado dicho fin, es decir no son eficaces, ni eficientes dado que los nuevos peligros destruyen los pilares del cálculo convencional de seguridad: a duras penas pueden atribuirse los daños a culpables definidos, de modo que el principio el que contamina paga y las tasas retributivas pierden su cometido; ya no es posible compensar financieramente los daños. Se hace necesario fortalecerlos e implementar nuevas herramientas, eficientes, que se encaminen al aumento de la productividad de la mano con la disminución de la contaminación, del costo social, sanitario y ambiental que la misma genera. Un control eficiente sobre los focos de contaminación y los agentes que generan, permitiría además la disminución de la inequidad que actualmente se genera en cuanto existen empresas y municipios que se niegan a cumplir con la reglamentación y otras que incurren en costos para cumplir con la normatividad ambiental. Control que es deficiente o inexistente por parte de las Instituciones de Control.

Evocando a Decimo Junio Juvenal (Satírico Poeta Romano 60 D.C.) refiere: quién vigilara a los propios vigilantes? Me refiero a quien vigilara a los líderes y funcionarios de las entidades sociales, políticas y económicas, quienes tienen la función de vigilar el cumplimiento de las funciones en pro de una sociedad en general y cuál es el grado de supervisión para ser eficaz ante las funciones asumidas. En Colombia existen Instituciones que tienen esta función de vigilar a los vigilantes, (Procuraduría General de la Nación, Defensoría del Pueblo, Fiscalía General de la Nación) pero a pesar de ello vemos que no hay un control que supervise la calidad del agua para el consumo humano en cuanto a su calidad, frecuencia y cantidad necesaria para proteger la salud humana. Volviendo a Juvenal debemos suponer que se requiere un nuevo nivel de Vigilancia para los Vigilantes? es decir en una sociedad debe existir varios niveles de vigilancia para asumir una responsabilidad social?, lo que nos lleva a evocar la imagen

de una regresión infinita de vigilantes; y dado que habitualmente no se dispone de un número infinito de vigilantes, eso parece impedir el cumplimiento de lo encomendado; la capacidad de vigilar se agota impidiendo el cumplimiento satisfactorio. Estamos entonces condenados o desprotegidos ante el incumplimiento de las funciones y las violaciones de las leyes incluso por parte de las instituciones que regulan en la sociedad o por el contrario tenemos una salida pero no hacemos nada por cambiar o cuál es la solución. Para Hurwicz Leonid, en una sociedad en las que las preferencias de votantes se expresan libremente, los ciudadanos en general puede y debe actuar como vigilantes de máximo nivel (situados por encima de todos los niveles de vigilantes), los medios de comunicación tienen la obligación de informar a la ciudadanía y a su vez esta de organizarse en pro de exigir el cumplimiento de las funciones establecidas a todas y cada una de las Instituciones, lo que podría denominarse una regresión finita de vigilantes. Los medios de comunicación, la academia y los profesionales conocedores de la problemática y de los riesgos potenciales secundarios a la industrialización tenemos la obligación de informar, debatir y crear amplia conciencia sobre la problemática de los vertimientos hospitalarios, su composición cuali y cuantitativa, así como dar a conocer la ausencia de normas que regule sus vertimientos para prevenir controlar y mitigar su incidencia en la salud pública y los impactos ambientales negativos. La implementación es compleja puesto que requiere de una convocatoria amplia e incluyente a todos los actores sociales a través de los órganos representativos y de expresión.

Colombia carece de gobernabilidad del agua dado que a través de los diferentes ministerios se distribuyen las responsabilidades, sin integración de las funciones como si se tratase de recursos diferentes. El Ministerio de Salud y sus dependencias tienen la función de velar por la calidad del agua potable, mientras que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo asume el Control de los Vertimientos. La gobernabilidad del agua radica en reconocer sus funciones: ecológicas; autodepuración; reguladoras (amortiguación de impactos); geodinámicas; de salud pública; cohesión social y bienestar público; así como sus valores: patrimoniales; paisajísticos y de identidad territorial; lúdicos y emocionales; de

ecosistemas y entornos; y por supuesto también sus funciones y valores productivos en los sectores agrario, energético, industrial y de servicios, si bien este ha sido el enfoque predominante en los últimos tiempos y se origina en la prioridad dada a los objetivos del desarrollo económico (Cardona L).

En Colombia y a nivel mundial, las normas que regulan los vertimientos industriales, domiciliarios y ahora hospitalarios han quedado desactualizadas frente al sinnúmero de adelantos industriales; generación de nuevas sustancias químicas; medicamentos; drogas ilícitas y agentes de origen biológico (endotoxinas). La misma ciencia niega o desconoce los posibles impactos ambientales y sanitarios que de estas sustancias puedan suceder; coexiste la estrechez en la visión, unida al no querer ver; terminan imponiendo la inercia y la negligencia de quienes están llamados a responder, es decir el Estado y sus normas (Ulrich B. , 1998). Si toda vía no podemos saber nada sobre las consecuencias de los contaminantes emergentes (residuos farmacológicos, alimentos transgénicos, etc.), si no se basan en el conocimiento ni el optimismo de los protagonistas ni el pesimismo de sus críticos, qué reglas debemos aplicar? Este desconocimiento o falta de regulación en la norma acaso nos genera una luz verde o roja para la utilización a gran escala de la tecnología en la industria sin control ambiental y sanitario? Como puede justificarse la incapacidad de conocer las máximas de actuar o de no permitir actuar? (Ulrich B. , 1998).

Según los estudios realizados a nivel mundial, y mencionados en el presente trabajo podemos deducir que los vertimientos hospitalarios presentan en su contenido una carga de medicamentos de diferente clasificación tales como antibióticos, citotóxicos, anticancerígenos, corticoides, drogas de uso ilícito, etc. Estos constituyen una nueva fuente de riesgos no aceptados, ni calculados por los científicos, la academia y la política en general.

La contaminación por los fármacos residuales constituye una nueva era de riesgos que atraviesan las fronteras reales y simbólicas que pueden afectar a quienes en apariencia no estaban afectados y que afectan por igual a quienes los producen o se benefician de ellos. En la sociedad en general, la

contaminación del recurso hídrico por fármacos y otras sustancias químicas se sustrae por completo a la percepción humana inmediata, no lo reconoce la propia sensación, dado que no son visibles ni perceptibles; peligros que en ciertos casos no se activan durante la vida de los afectados, sino en la de sus descendientes. Estos nuevos peligros forman parte integrante de hábitos normales de consumo y sin embargo, riesgos que son y siguen siendo esencialmente dependientes del conocimiento y se mantiene vinculados a la percepción cultural, se manifiestan como alarma, tolerancia o cinismo.

Estos contaminantes emergentes son objeto de estudio prioritario para los principales organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental, tales como la Organización Mundial de la Salud, la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, y la Comisión Europea. Investigaciones académicas previas en América Latina y Europa resaltan la necesidad de evaluar y estudiar el impacto ambiental, sanitario y de salud pública relacionado con contaminantes emergentes que se generan por la gran cantidad de productos pesticidas, fármacos (humanos y veterinarios), compuestos químicos de las industrias, productos de higiene personal, antisépticos, drogas ilegales o aditivos de gasolina que son vertidos en el agua ocasionando efectos nocivos a medio y largo plazo en el medio ambiente. Estas sustancias, son capaces de penetrar en todas las etapas del ciclo del agua y son muy resistentes a los métodos convencionales de depuración. Pueden incluso acumularse en animales y plantas acuáticas.

¿Por qué nos preocupamos del problema? El principal aporte del presente estudio nos conduce a inferir que en la industria se desarrollan y generan nuevas sustancias químicas como insumos o resultados de los procesos, motivo por el cual estamos obligados a actualizar las listas de sustancias químicas a controlar en las normatividades vigentes de cada país. Estas listas de sustancias químicas nuevas se constituyen en fuente de nuevos riesgos que son invisibles e imperceptibles por los humana.

Preguntas y resultados: A nivel internacional los vertimientos o aguas residuales se encuentran sometidos a tratamiento convencionales, procesos fisicoquímicos a los cuales escapan los residuos de la

industria farmacológica y las drogas ilícitas. Por los motivos anteriormente expuestos surge la pregunta de investigación: ¿Existe en Colombia una normatividad ambiental y sanitaria que regule los residuos farmacológicos en las aguas residuales? A nivel Internacional ¿existe una normatividad al respecto? Comparado con países de América y Europa ¿cuál es la situación de la normatividad ambiental y sanitaria de Colombia?

Los resultados obtenidos a las preguntas de investigación nos permiten establecer las siguientes implicaciones:

Colombia con la resolución No 631 de 2015, actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) y se reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 (República de Colombia, 2010), y mediante esta resolución diferencia los vertimientos generados como aguas residuales domésticas y aguas residuales no domésticas (antes Industriales); “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...” Clasifica ocho (8) sectores económicos del país en donde identifica setenta y tres actividades productivas. En la tabla No. se observa que el sector No. 9 están discriminadas las actividades relacionadas con servicios de salud: 9.5 Actividades de atención a la salud humana. Atención médica con o sin internación; Actividad 9.6 Actividades de atención a la salud humana: Hemodiálisis y Diálisis Peritoneal; Actividad 9.7 Actividad Pompas Fúnebres y actividades relacionadas. La presente norma entra en vigencia a partir del 1 de enero de 2016.

Tabla 21. Clasificación de las actividades Productivas en Colombia según la resolución No. 631 de 2015

| No. Sector | SECTOR PRODUCTIVO | ACTIVIDAD |
|------------|--|--|
| 1 | VIVIENDAS UNI Y BIFAMILIARES | |
| 2 | ACTIVIDADES INDUSTRIALES COMERCIALES O DE SERVICIOS GENERAN ARD PRESTADORES SERVICIO PUBLICO DE ALCANTARILLADO | |
| 3 | AGROINDUSTRIA | Procesamiento hortalizas, frutas, legumbres, tuberculos, beneficio del café; postcosecha platano y banano; produccion azucar; aceites de origen vegetal |
| 4 | GANADERIA | Bovino, ovinos, caprinos, bufalino, porcinos, aves de corral. |
| 5 | MINERIA | Carbon, hierro, oro, niquel, arena, arcillas, yeso, minerales no metalicos |
| 6 | HIDROCARBUROS | Petroleo crudo, gas natural. Exploracion, explotacion, refinaria, transporte, comercio |
| 7 | ELABORACION DE PRODUCTOS ALIMENTOS Y BEBIDAS | Pescados, frutas, legumbres, bebidas no alcoholicas, aceites de origen animal y vegetal |
| 8 | FABRICACION Y MANUFACTURA DE BIENES | Derivados del tabaco, textiles, alfombras, cauchos, derivados del papel y carton, pigmentos organicos, productos quimicos, gases industriales y medicinales; vidrio, cemento, yeso, vehiculos |
| 9 | ACTIVIDADES ASOCIADAS A SERVICIOS | Energía electrica, gestion de residuos, reciclaje, actividades de atencion a la salud humana con o sin internacion: actividades de atencion humana hemodialisis y dialisis; actividades de pompas funebres y actividades relacionadas. |

Fuente: Elaboración propia, basado en (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Es importante resaltar que los valores y parámetros propuestos se trabajaron con los representantes de diversos sectores productivos y que son cumplibles con los recursos técnicos, tecnológicos y económicos que hay disponibles en el país.

Cabe preguntar si en Colombia solamente se adoptan los adelantos tecnológicos relacionados con tecnologías inherentes a procesos productivos y económicos, más no se investiga y acogen las tecnologías que permitan investigar, reducir, controlar y mitigar los posibles contaminantes generados por los mismos adelantos tecnológicos.

Se propone que en Colombia se adelanten investigaciones como la oxidación avanzada, oxidación húmeda catalítica, y el proceso ADOX lechos bacterianos, reactores rotatorios de contacto biológico

(biodiscos), membranas cerámicas filtración, nanofiltración con membranas (ósmosis inversa) para reducir y eliminar tres de los tipos más comunes de contaminantes emergentes en el medio urbano, industrial y agrícola: pesticidas, fármacos y surfactantes (compuestos químicos que se utilizan en la industria en múltiples sectores).

La nueva norma se construyó a partir de la revisión de normas internacionales, como puede verse en la revisión normativa, al Igual que Colombia las normas nacionales de cada uno de La mayoría de países de América, Europa, Asia y Oceanía están guiados por pronunciamientos de la Organización Mundial de la Salud.

Lo anterior traduce en una uniformidad cuantitativa en cuanto a 56 parámetros regulados pero con diferencias cualitativas frente a los mismos para ocho sectores y 73 actividades productivas.

No existe novedad en cuanto a los parámetros a regular en dichos vertimientos, se agrupan en ocho los sectores productivos para regular 73 actividades productivas, pero no hay un cambio sustancial en cuanto a la regulación de los vertimientos hospitalarios. - De otra parte existe un retroceso en cuanto a las exigencias para el control de vertimientos, dado que en el Decreto anterior 1594 de 1984 en su Capítulo VI, artículo 84, se establecía: “Los residuos líquidos provenientes de usuarios tales como hospitales, lavanderías, laboratorios, clínicas, mataderos, así como los provenientes de preparación utilización de agroquímicos, garrapaticidas y similares, deberán ser sometidos a tratamiento especial, de acuerdo con las disposición de presente decreto...” (República de Colombia, 1084). Es decir se exigía un tratamiento previo antes de su disposición de vertimientos, condición que se elimina en la presente norma. Lo anterior se puede sintetizar como un retroceso de la norma.

La normatividad ambiental nacional en su resolución 0631 de 2015 establece los valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, así como en la resolución 2115 de 2007 establece el valor máximo aceptable de algunas sustancias químicas y microbiológicas en agua para consumo humano. En la normatividad NO

reconoce establece los valores límites residuales para los fármacos, este vacío en la norma nos conduce a deducir que hay familias enteras de elementos tóxicos sobre las que no existe ningún control; legalmente no existen, así que pueden ser puestas libremente en circulación.

Internacionalmente se observa que solamente países como Estados Unidos, Francia, Alemania regulan los vertimientos hospitalarios, pero no existen parámetros relacionados con los residuos de fármacos en dichos vertimientos.

Urge actualizar la normatividad ambiental y sanitaria que regula los vertimientos en Colombia y el Mundo, dada su necesidad de actualizar la lista de sustancias químicas a regular, su nivel máximo permitido en aguas residuales y su nivel máximo permitido en agua potable.

Es necesario articular las normatividad ambiental y sanitaria de los diferentes países con el fin de actualizar y consensuar el control de sustancias químicas presentes en aguas residuales incluyendo fármacos y sustancias tóxicas biológicas (endotoxinas).

Estamos enfrentados a una nueva era de riesgos modernos globales que no respetan fronteras. Los nuevos contaminantes son invisibles se sustraen por completo a la percepción humana, no reconocidos por la propia sensación, sus efectos se manifiestan en las próximas generaciones, en enfermedades de largo curso, de difícil diagnóstico o en enfermedades cuya etiología aún se desconoce.

Para Ulrich Beck en sus libros *la Sociedad del Riesgo* y *la Sociedad Global del Riesgo*, la emergencia de nuevos contaminantes (fármacos, energía nuclear, alimentos transgénicos, Ingeniería genética) hacen parte de los riesgos civilizatorios que se sustraen a la percepción y que tienen su origen en una sobreproducción industrial; son riesgos de la modernización, producto global de la maquinaria del progreso industrial y agudizados sistemáticamente con su desarrollo posterior. Estos contaminantes causan daños sistemáticos, a menudo irreversibles y suelen permanecer invisibles, se caracterizan por su inaccesibilidad a los sentidos humanos. Operan fuera de la capacidad de la percepción humana (sin la ayuda de instrumentos) la vida cotidiana es ciega respecto a los peligros que amenazan la vida y, por

tanto, depende, en sus decisiones íntimas, de expertos y contra expertos. No se trata únicamente del daño potencial, sino también de que esta expropiación de los sentidos por los riesgos globales hace insegura la vida (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los daños al medio ambiente y la destrucción de la naturaleza causada por la industria farmacéutica, con sus diversos efectos sobre la salud y la convivencia de los seres humanos, se caracterizan por una pérdida del pensamiento social. De otra parte, no se toma en cuenta que las mismas sustancias nocivas pueden tener un significado completamente diferente para personas diferentes de acuerdo con la edad, el sexo, los hábitos alimenticios, el tipo de trabajo, la información, la educación. Estamos ante la conciencia moderna y civilatoria del riesgo con su causalidad latente, no perceptible y presente por doquier, tras estas inofensivas fachadas se esconden sustancias peligrosas, hostiles. El mundo de lo visible tiene que ser interrogado, relativizado y valorado en relación a una segunda realidad pensada y sin embargo escondida en él. La invisibilidad e imperceptibilidad de los fármacos en las aguas residuales y en el agua potable no es una prueba de su no existencia, sino que (como su realidad se mueve en las esferas de lo invisible) da un espacio casi ilimitado a su actividad conjeturada (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

La situación de amenaza no desemboca necesariamente en la toma de conciencia del peligro, sin que también puede provocar lo contrario: la negación por miedo. La negación de los riesgos ocasionados por los fármacos pueden ser eliminados mediante una falsa interpretación (en el caso que no se ha presentado). La ausencia de conciencia sobre este riesgo puede ocasionar el daño: con la medida de peligro crece la posibilidad de su negación, de su minimización. Los riesgos surgen en el saber, y por tanto en el saber pueden ser reducidos, engrandecidos o simplemente eliminados de la conciencia (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

¿Cuáles son las implicaciones del resultado de estudio? La Emergencia de nuevos contaminantes industriales se convierten en riesgos modernos: definidos como el enfoque moderno de la previsión y

control de las consecuencias futuras de la acción humana, las diversas consecuencias no deseadas de la modernización radical.

El régimen del nuevo riesgo ocasionado por los contaminantes emergentes no es nacional sino global, íntimamente relacionado con el proceso administrativo y técnico de decisión. En una época de estas nuevas incertidumbres fabricadas, quién tiene que definir los riesgos de un producto, de una tecnología, y ¿con qué criterios?

El paradigma de estos peligros son las mutaciones genéticas y la contaminación por fármacos, que imperceptibles para los afectados, dejan de estar por completo a la merced del juicio, de los errores, de las controversias de los expertos y se basan en interpretaciones causales, por lo que solo se establecen en el saber científico o anticientífico de ellos, y en el saber pueden ser transformados ampliamente o reducidos, dramatizados o minimizados, por lo que están abiertos en una medida especial a los procesos sociales de definición (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Ulrich Beck, refiere que los nuevos riesgos de la modernización entre ellos los contaminantes emergentes (por fármacos) se presentan de una manera universal que es mismo tiempo específico e inespecífica localmente; y cuan incalculables e impredecibles son los intrincados caminos de su efecto nocivo. Los riesgos de la modernización reúnen causalmente lo que está separado por el contenido, el espacio y por el tiempo; y de este modo es puesto al mismo tiempo en un nexo de responsabilidad social y jurídica. Mientras estos riesgos no sean reconocidos científicamente, estos no existen jurídica, tecnológicamente y socialmente; por tanto, no serán impedidos, ni tratados, ni resarcidos (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Frente a las inseguridades del juicio científico crece la zona gris de las presunciones irreconocibles del riesgo: Si de todas maneras es imposible determinar las relaciones causales de forma definitiva y terminante; si la ciencia solo es un error disimulado a la espera de nuevos datos; si cualquier cosa puede suceder de donde procede, entonces hay derecho a creer en unos determinados riesgos y no en otros?

Donde se han reconocido los riesgos de la modernización hace falta no solo el saber de ellos, sino el saber colectivo de ellos, la fe en ellos y la iluminación política de las cadenas de consecuencias y causas conectadas a ellos. Los riesgos son reales cuando los seres humanos los viven como reales. Pero si son y se hacen reales trastorna por completo el tejido de las competencias sociales, políticas y jurídicas y económicas. La realidad de los valores límite y de las variables políticamente inaccesible se hace patente (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Ulrich Beck en cuanto a los valores límites define: Quien limita la polución también la consiente. Aunque los valores límite de tolerancia quieran evitar lo peor, suponen a la vez una carta blanca para envenenar un poco a la naturaleza y al hombre. La cuestión de si planta, animal o humano pueden soportar una cantidad grande o pequeña de ese poco veneno y qué cantidad, y en este contexto qué se entiende por soportar, trata la determinación de los valores límite. Hace valer el principio que no debemos envenenarnos los unos a los otros o Debería leerse: “no envenenarnos completamente”, ya que irónicamente posibilita el famoso y controvertido “poco”. No se trata en la reglamentación de impedir el envenenamiento, sino de la medida permitida de envenenamiento. El hecho de que esto esté permitido ya no cabe dudarlo sobre la base de esta reglamentación (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los valores límites de tolerancia son pues, en este sentido, líneas de retirada de una civilización que se cubre a sí misma en abundancia con sustancias nocivas y tóxicas. La exigencia obvia de no envenenamiento es rechazada por ella como utópica. Con los valores límite de tolerancia el poco de envenenamiento deviene normalidad, posibilita una ración duradera de envenenamiento colectivo normalizado y a la vez lo toman como no ocurrido mediante una declaración de inocuidad sobre el envenenamiento resultante.

Si uno se atiene a los valores límite de tolerancia, entonces, en este sentido, no se ha envenenado. Si se conviniese sobre el NO del todo erróneo, principio de no envenenar en absoluto, no habría problemas. Los problemas se hallan pues en el carácter de concesiones, en la doble moral, en el sí, y no de una

reglamentación sobre cantidades máximas tolerables. Esto no es cuestión de ética, sino hasta qué punto puede violarse las reglas mínimas de convivencia ósea, envenenarse los unos a los otros. Hasta cuando el envenenamiento no podrá llamarse envenenamiento y a partir de cuándo podrá denominarse así. Estas son cuestiones importantes como para confiar su respuesta a los expertos en toxinas.

Si se tolera el envenenamiento en general, se precisa, por tanto, una reglamentación sobre valores límite de tolerancia. Pero entonces, lo que no esté contenido en ella tendrá mayor importancia que aquello que si lo este. Ya que lo que la reglamentación no contenga, que no esté cubierto por ella, no equivale a toxico y puede ser puesto en circulación libremente y sin restricciones. El silencio de la reglamentación sobre los nuevos contaminantes y sus valores límite de tolerancia, sus lagunas, son manifestaciones más peligrosas sobre aquello que no habla, es lo que más nos amenaza. La reglamentación sobre cantidades máximas tolerables se basa entonces en una falacia tecnocrática altamente dudosa y peligrosa: “lo que aún no está regulado o no es regulable no es toxico” (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

La actualización de la lista de sustancias contaminantes va renqueando sin esperanza, desde el punto de vista del contenido y del tiempo, tras la producción y la utilización de sustancias químicas de las que hoy sabemos muy poco acerca de los posibles efectos que tienen para la salud; la variedad de utilización y los efectos negativos, a punto de producirse, de algunos de ellos hacen que sea cada vez más probable que las sustancias químicas contaminantes se conviertan en un significado factor determinante de la salud y expectativa de vida humana en nuestro entorno. Cuantas más sustancias contaminantes se pongan en circulación, cuantas más valores límite relacionados con sustancias individuales se establezcan y cuanto más libremente se fijen aquellos, mayor sinsentido tendrá todo el embuste de los valores límites de tolerancia, porque aumenta el peligro toxico global sobre la población suponiendo la ecuación simple de que el volumen total de diferentes tipos de fracciones de toxinas equivalen también a un mayor grado de intoxicación total.

En relación con el Sinergismo y antagonismo de las sustancias químicas y residuos de medicamentos:

En el caso de la acción combinada o sinérgica de las sustancias tóxicas, de que sirve saber que esta o aquella toxina en determinada concentración es o no nociva, si a la vez se ignoran reacciones desencadenadas por la acción combinada de esos múltiples residuos tóxicos? Para esta situación la ciencia de los límites máximos no tiene respuesta alguna.

El problema de las investigaciones que parten únicamente de sustancias nocivas individuales jamás puede averiguar la concentración de sustancias nocivas en el ser humano. Lo que puede no ser peligroso en relación a un producto individual tal vez sea extremadamente peligroso en el receptáculo del consumidor final en que se ha convertido el ser humano en el estadio avanzado de la comercialización total. Lo arriesgado del riesgo no puede ser suprimido mediante la matematización o la experimentación (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Es un sarcasmo o un cinismo, el determinar, por un lado valores límite de tolerancia y permitir con ello en parte la intoxicación y, por otro lado, sin ningún esfuerzo intelectual, el despreocuparse totalmente acerca de que consecuencia tiene la acumulación de toxinas en su acción combinada. Resulta una patraña fijar valores límites de tolerancia a sustancias contaminantes individuales cuando a la vez se permiten miles de sustancias nocivas cuyos efectos por su combinación se silencian completamente. Bajo el dominio de la protección legitimadora de la racionalidad científica de los valores límites de tolerancia ¿cuántas listas de protestas, estadísticas de enfermedades y muertes se esconden? (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los resultados con los animales de experimentación solo tienen respuestas a preguntas limitadas bajo condiciones artificiales y con frecuencia muestran variaciones extremas en las reacciones, únicamente las habilidades clarividentes llevan a la dosis tóxica razonable para el ser humano.

Los valores límites de tolerancia son tranquilizadores simbólicos contra las noticias que se van acumulando acerca de las toxinas, anuncian que hay alguien que se ocupa de ello haciendo un esfuerzo y prestando atención. Solamente cuando la sustancia es puesta en circulación es cuando pueden descubrirse cuáles son sus efectos.

Los efectos que en las personas solo pueden estudiarse con fidelidad en definitiva, solo en las personas; valores que no se constatan ni se valora de forma sistemática; por tanto el modo de obrar de las sustancias en los animales no tiene validez en los humanos. Los experimentos en personas tienen lugar en forma invisible, sin control científico sistemático, sin recogida de datos, sin estadísticas, sin análisis de correlación, en condiciones de desconocimientos de los afectados y con la inversión de la carga de la prueba si detectarían algo (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

No es que no pueda saberse como afectan las dosis de toxinas de manera individual o total a las personas, sino que no se quiere saber. Se supone que las personas mismas son las que deben descubrirlo por su cuenta. Las personas como animales de laboratorio en un impulso en su propia defensa, tienen que recoger u aportar los datos acerca de sus propios síntomas de intoxicación para su validación contra el ceño crítico de los expertos. También las estadísticas recién publicadas sobre enfermedades y muertes no aparecen lo suficiente elocuente para los magos de los valores límites de tolerancia (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004). Se trata de un experimento permanente a gran escala con un requerimiento de cobayas humanas involuntarias sobre las que se acumulan síntomas de intoxicación con una carga invertida y elevada de la prueba y cuyos argumentos no se deben tener en cuenta ya que los valores límites de tolerancia a los cuales se atuvieron. Los valores límites de tolerancia, que realmente solo podrían determinarse a partir de las reacciones de las personas, son sostenidos para contrarrestar los miedos y las enfermedades de las cobayas humanas afectadas en nombre de la racionalidad científica.

El problema no es que los acróbatas de los valores límites no lo sepan; la aceptación de un tampoco lo sabemos sería reconfortable; el hecho de que lo ignoren pero que actúen como si lo supiesen es lo

indignante y peligroso, así como que insistan de forma dogmática sobre su saber, imposible, precisamente allí donde hace tiempo que deberían haberlo sabido mejor. La ciencia se ha convertido en el administrador supremo de la contaminación global del hombre y la naturaleza (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Interpretación de los resultados obtenidos: Podemos deducir que los problemas ambientales y de salud pública no son problemas externos, sino problemas sociales, problemas de ser humano, de su historia, de sus condiciones de vida, de su referencia al mundo y a la realidad, de su ordenamiento económico, cultural y político.

En términos de política social: la crisis ecológica y sanitaria implica una violación sistemática de los derechos básicos, una crisis de los derechos básicos cuyo efecto a largo plazo en el debilitamiento de la sociedad difícilmente cabe subestimar.

Sus temas y perspectivas centrales tienen que ver con la incertidumbre fabricada dentro de nuestra civilización: riesgo, peligro, efectos colaterales, asegurabilidad, individualización y globalización, una profunda crisis institucional de la primera fase (nacional) de la modernidad industrial.

Los actuales riesgos mundiales están contruidos sobre las bases de modelo democrático nacional y económico de la primera modernidad y las instituciones dominantes (económica, derecho, ciencia, etc.) y su devaluación historia de las bases de la racionalidad. En el umbral del siglo XXI, los desafíos de la era de la tecnología nuclear, genética y química se manipulan con el concepto y recetas derivadas de la primera sociedad industrial del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

En términos de la industria: para Ulrich Beek, los peligros se están produciendo en la industria, son exteriorizados por la economía, individualizados por el sistema legal, legitimizados por las ciencias naturales y presentados como inofensivos por la política. El resultado es la subpolitización de la sociedad mundial. No hay ninguna institución, ni concreta ni, probablemente, tampoco concebible, que esté

preparada para el peor accidente imaginable, como tampoco existe ningún orden social que pueda garantizar su constitución social y política en este peor caso posible. La ambigüedad de los riesgos también tiene su base en las revoluciones que ha tenido que provocar su falta de ambigüedad oficial (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Las instituciones de la sociedad industrial desarrollada política, derecho, ciencias de la ingeniería, grupos industriales, disponen, en conformidad con esto, de un amplio arsenal para la normalización de los peligros no calculables. Estos pueden ser subestimados, reducidos a la inexistencia a través de comparaciones o reducirse al anonimato causal y jurídicamente.

Evidenciamos por tanto una **crisis Institucional** que se ve agudizada por el conflicto con los productores del conocimiento imperantes socialmente frente a los destinatarios de las ciencias en la administración, la política, económica y la vida pública. Se alteran las relaciones de transferencia de resultados científicos en la práctica y en la política. Interfieren de un modo totalmente nuevo y consciente en la transferencia de la ciencia en la vida práctica (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Ante esta crisis Institucional se evidencia que los científicos están separados de la utilización de los resultados, no tienen posibilidad de influir en esto; son otros los responsables. No se les puede pedir cuentas por las consecuencias fácticas de los resultados elaborados por ellos bajo la perspectiva analítica.

En términos de racionalidad científica y social: Se denota la fractura entre la racionalidad científica y la racionalidad social en el trato con los potenciales civilizatorios de peligro. La racionalidad científica y la racionalidad social se separan pero al mismo tiempo quedan entrelazadas de muchas maneras y remitidas la una a la otra. La percepción del riesgo queda remitida a argumentos científicos; los científicos hablan sin escuchar al otro, o plantean preguntas que no pueden ser contestadas por los otros; y por otra parte, se contesta a preguntas con respuestas que así no dan con el núcleo de aquello por lo que se había preguntado.

En términos de nuevos contaminantes-nuevos riesgos: Frente a los contaminantes emergentes estamos sometidos a nuevos riesgos, dichos riesgos se refieren a un futuro que hay que evitar, son al mismo tiempo reales e irreales. Hoy debemos ponernos en acción para evitar, mitigar, prever (o no) los problemas y a las crisis del mañana y de pasado mañana.

El desarrollo de una nueva etapa Industrial (postindustrial) y la emergencia exponencial de nuevas sustancias químicas, hace que nos enfrentemos día a día a nuevas condiciones de riesgos y al enfrentamiento de efectos secundarios latentes: Se supone que los riesgos han atravesado con éxito un proceso social de reconocimiento. Estos nuevos riesgos pueden quedar legitimizados si no se ha visto ni querido su producción. A la producción industrial le acompaña un universalismo de los peligros, independientemente de los lugares de su producción, atraviesan fronteras. Esta tendencia a la globalización tiene consecuencias que en su generalidad son a su vez inespecíficas. Surge una novedosa asignación global y mundial de peligrosos frente a la cual las posibilidades individuales de decisión apenas existen, pues las sustancias nocivas y tóxicas están entrelazadas con la base natural, con los aspectos elementales de la vida en el mundo industrial (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los problemas del ambiente (y la salud pública) solo se pueden resolver mediante discusiones y acuerdos internacionales, y el camino que lleva ahí pasa por reuniones y pactos que vayan más allá de las alianzas militares.

Vacío político ante los nuevos riesgos industriales:

Los riesgos son híbridos creados por el hombre, incluyen y combinan la política, la ética, las matemáticas, los medios de comunicación de masas, las tecnologías, las definiciones y percepciones culturales, no se pueden separar estos aspectos y realidades si se quiere entender la dinámica cultural y política de la sociedad del riesgo global.

Los tomadores de decisiones actúan físicamente sin actuar moral y políticamente sin pena, vergüenza o miedo a sus decisiones. La apertura de la cuestión de cómo gestionar políticamente estas nuevas

amenazas se encuentra en una clara desproporción con la creciente demanda de actuación y de política. Las instituciones de la sociedad industrial desarrollada, de la política, del derecho, de las ciencias de la ingeniería, grupos industriales; disponen en conformidad con esto, de un amplio arsenal para la normalización de los peligros no calculables. Estos pueden ser subestimados, reducidos a la inexistencia a través de comparaciones o reducirse al anonimato causal y jurídicamente (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Ante los contaminantes emergentes crecen las amenazas, pero no son transformadas políticamente en una política preventiva de dominación del riesgo, más aún: no está claro qué clase de política y de instituciones políticas está en condiciones de hacerlo. Surge con este abismo un vacío de competencia e institucionalidad políticas, incluso de ideas al respecto. ¿A quién puede atribuirse la responsabilidad y por tanto los costes? O vivimos en un contexto de irresponsabilidad organizada (forma institucional impersonal carente de responsabilidades). Esta irresponsabilidad organizada se base fundamentalmente en una confusión de un siglo distinto al de las promesas de seguridad que intentan someterlos. La administración del estado, la política, la gestión industrial y la investigación negocian los criterios que determinan que ha de considerarse racional y seguro. La principal cuestión es como tomar decisiones en condiciones de incertidumbre fabricada, cuando no solo es incompleta la base de conocimiento, sino que el disponer de más y mejor conocimiento frecuentemente supone más incertidumbre (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

La globalización no es simplemente el intercambio de productos tangibles e intangibles implica la globalización del riesgo y la amenaza, implica el debilitamiento de las estructuras estatales, de la autonomía y del poder del estado. Hemos asistido a una erosión global de la autoridad de los estados nacionales y a una pérdida general de la confianza en las instituciones jerárquicas. El compartir riesgos implica además la asunción de responsabilidades, lo que a su vez implica convenciones y fronteras en torno a una comunidad de riesgo que comparte la carga, pero sus peligros no pueden delimitarse

socialmente ni en el espacio ni en el tiempo. Los peligros aumentan debido a que se hacen anónimos: Las antiguas rutinas de decisión, control y producción (el derecho, la ciencia, la administración, la industria y la política) causan la destrucción material de la naturaleza y su normalización simbólica. Ambos procesos se complementan y acentúan mutuamente. En concreto, no es la ruptura o incumplimiento de las normas, sino que son las propias normas las que normalizan las muertes de especies, ríos lagos.

Estos nuevos riesgos son amenazas globales que han conducido a un mundo en el que se ha erosionado la base de la lógica establecida del riesgo y en el que prevalece peligros de difícil gestión en lugar de riesgos cuantificables. Los nuevos peligros están eliminando los cimientos convencionales del cálculo de seguridad.

Los daños pierden sus límites espacio-temporales y se convierte en globales y duraderos. Hoy es difícil responsabilizar a individuos concretos de los daños: el principio de culpabilidad ha ido perdiendo su eficacia. Estas nuevas amenazas globales son la encarnación de los errores de toda una era de industrialismo; son una especie de regreso colectivo de lo reprimido, nuestro destino es tener que inventar de nuevo lo político. Con una política asociada al derecho (legalidad), una política con ética para que sea legítima. Un ejercicio de política sin ánimo de lucro. Un Estado que no funciona es una democracia que muere y los pueblos pagaran un alto costo por acción, por omisión, por indiferencia o por ignorancia, por miedo o cobardía (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Ahora que sabemos que existen nuevos riesgos, (contaminantes emergentes) nosotros nos enfrentamos a una responsabilidad que adopta la forma de medición y decisión respecto de: tomar medicamentos, usar alimentos transgénicos, ingeniería atómica, etc.

La transmisiones y movimientos de los peligros muchas veces son latentes e inmanentes, es decir, invisibles e inabordables para la percepción cotidiana. Esta invisibilidad social significa que, a diferencia de muchas otras cuestiones políticas, es preciso tomar conciencia clara de los riesgos; solo entonces

puede afirmarse que constituyen una amenaza real, y esto se refiere tanto a valores y símbolos culturales como argumentos científicos. Los impactos de los riesgos no tienen vinculación obvia con el punto de origen, aumentan precisamente porque nadie sabe o desea saber de ellos. El impacto está temporalmente abierto y solo se hace perceptible como sintomático (y por tanto cognoscible) después de que se materializa en un fenómeno cultural visible en algún tiempo y en algún lugar. (Pesticidas, radiación, productos químicos en los no nacidos, calentamiento global (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los Estados y sus gobiernos no son autónomos, dependen de las políticas económicas, industrializadas y autoridades empresariales internacionales y nacionales que actúan a la sombra del progreso del Estado, fuentes de ingresos y generación de fuentes de trabajo. Estas empresas disponen de legitimidad encubierta revalidada posteriormente por la política y ante la publicidad de la opinión pública. Estas Empresas deciden sobre la incorporación o desarrollo de la microelectrónica, tecnológica, genética, etc. Al legislador no se le ofrecen ni el derecho ni la posibilidad de hacerlo. Son las políticas económicas quienes cambian las relaciones de la vida en común aquí y ahora sin disposiciones jurídicas, garantías jurídicas ni sentencias; así se hace con la rapidez y convicción que exige el cambio en las relaciones cotidianas.

Por lo anterior no hay una responsabilidad Estatal en relación con las consecuencias no deseadas o consecuencias secundarias por las decisiones tomadas a una economía que incorpora consecuencias sociales en el carácter latente de los factores que hacen cada vez más intensos los costes y a una ciencia que dirige el proceso con la mera conciencia de la posición teórica, sin querer saber nada de las consecuencias. La política legitima las consecuencias que ni ha ocasionado ella ni realmente puede evitar; la política queda abierta a las decisiones tomadas por el empresariado en un doble aspecto, a la política le toca la misión de legitimar democráticamente las decisiones que ella no ha tomado, y además ha de «depurarlas» de sus efectos laterales; ante la opinión pública estas decisiones aparecen cuanto ya se

encuentran en fase de aplicación bajo el imperativo de la rentabilidad y fuerzas de trabajo (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

También influye negativamente el hecho de que las consecuencias secundarias y los riesgos, primero, son difíciles de ponderar y, segundo, que se requieren de muchos medios y tiempo para poder aplicar medidas contrarias. De ahí que se produzca la típica situación de que «los problemas originados por la industria en la actualidad se basan en decisiones inversoras de ayer, en innovaciones tecnológicas de anteaer y, en el mejor de los casos, conducirán a tomar medidas correctoras mañana que quizá alcancen a ser eficaces pasado mañana». Estos efectos secundarios chocan con los intereses económicos y de economía política que están comprometidos en el camino elegido del desarrollo tecnológico.

En lo político, el Progreso significa una hoja en blanco como programa político para el cual se reclama el consenso global, donde políticamente se avanza sin necesidad de consenso, un avance hacia lo desconocido, en lo imprevisto, en lo inconcebible. Confianza frente al saber consciente, sin conocer el camino, sin saber el cómo. La incompetencia de la ciencia se corresponde con la implícita competencia de la empresa y la competencia legitimadora de la política (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

El futuro del país no se resuelve en el parlamento, ni en los partidos políticos, sino en los laboratorios de investigación, en los gabinetes de los ejecutivos de las empresas económicas nacionales e internacionales. Entonces la política se convierte en una agencia, públicamente financiada, para los aspectos positivos de un desarrollo que ella misma desconoce y en el que no puede influir. Los políticos fingen mantener el statu quo, aunque fomentan el cambio a una sociedad de la que no tienen la menor idea, y a su vez aparecen como responsables ante las «protestas críticas» por las incógnitas del futuro. El cambio natural del modelo de progreso aparece con todo su carácter amenazador cuando las consecuencias secundarias adquieren la proporción y las formas de un cambio de época social. Se diluye incluso la distribución de poderes del proceso de modernización (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Los efectos laterales se atribuyen a la responsabilidad de la política y no a la de la economía. Es decir, la economía no asume lo que ha originado y la política asume lo que no cae bajo su control. Es una desventaja estructural de la política no sólo asumir los inconvenientes sino también aparecer como responsable de lo que cada vez es más difícil negar pero que no entra en su influencia directa poder (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

En aras de prevenir, controlar, mitigar y vigilar estos riesgos secundarios e indeseados es importante proponer crear autoridades e instituciones políticas dotadas de las competencias correspondientes, a fin de que combatieran eficazmente el expolio industrial de la naturaleza aunadas a cambiar, actualizar y fundamentar las reglamentaciones jurídicas que responda sobre la contaminación del ambiente, seguridad alimentaria y sanitaria de modo que la política pueda reconducir la situación hacia una construcción de iniciativas políticamente democráticas y que jurídicamente los perjudicados no tengan que soportar la carga de tener que demostrar el nexo causal de sus problemas (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Es necesaria otra concepción de la política, distinta de la especializada, que se encuentra en la base del sistema político según el modelo de la democracia, para comprender y describir el nivel alcanzado por la (sub)política diferenciada. La política ha dejado de ser el lugar central, o por lo menos el único, en el que se decide la transformación del futuro social.

En aras de la democracia, la economía, la ciencia, etc., ya no pueden transformar las condiciones de la vida. Las Instituciones deben asumir la responsabilidad de guiar los avances científicos, establecer los límites a los parámetros de contaminación, las condiciones para el control y manejo de sustancias químicas y biológicas; realizar el seguimiento, verificación de los procesos químicos y biológicos; condiciones no negociables porque la vida no es factor de negocio; ello representa cuestionarse acerca de cómo podría controlarse la investigación que redefine la muerte y la vida, si es que no se admiten normativas ni decisiones parlamentarias.

Es esencial se generen condiciones de control, autocontrol y autocritica acerca de las políticas de investigación, tecnología, con acceso a los medios de comunicación en relación a todo cuanto ocurre. Esto significa que se ha de garantizar institucionalmente una vía para la oposición al predominio de profesiones o de gestión empresarial. Se trata de expertos alternativos, prácticas profesionales alternativas, controversias internas en la empresa y en la profesión acerca de los riesgos implícitos en los desarrollos. Solo mediante esta información es posible prever y enjuiciar el tipo de futuro que se está gestando; es el único camino para descartar previamente los errores que más pronto o más tarde destruirían el mundo (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Nos enfrentamos a la paradoja de que, al tiempo que se percibe que las amenazas y los peligros se hacen más peligrosos y más obvios; se hacen crecientemente inaccesibles a los intentos de establecer pruebas, atribuciones e indemnizaciones por medios científicos, legales y políticos.

Los propios peligros desbaratan los intentos de control de las elites institucionales y de los expertos. Las burocracias de evaluación de riesgos” disponen, claro está, de rutinas de negociación harto trilladas. Utilizando la brecha entre el impacto y el conocimiento, los datos pueden ocultarse, negarse y distorsionarse. Pueden movilizarse contraargumentos. Pueden elevarse los niveles máximos permisibles de aceptación. Puede presentarse como villano al error humano en vez de al riesgo sistemático.

Actuar sobre las causas o combatir síntomas: las sustancias toxicas y contaminantes que en principio se consideraban consecuencias secundarias latentes y posteriormente inevitables, progresivamente quedan referidas a los aspectos ocultos de las decisiones científicas y se entiende su carácter controlable.

El desarrollo técnico científico entra cada vez más en contradicción, el desarrollo de la tecnología queda al margen de la duda y en cambio los fundamentos cognoscitivos se impregnan de escepticismo institucionalizado de las ciencias. Debemos elegir variables que no cierren el futuro y que conviertan el proceso de modernización en un proceso de aprendizaje en el cual, mediante el carácter revisable de las

decisiones, permanezca abierta siempre la posibilidad de rectificación más tarde, cuando se conozcan los efectos secundarios (Ulrich B. , 1998; Columbus M., 2004).

Análisis crítico de la Normatividad Ambiental.

Los delitos ambientales son delitos sociales, conexos a la salud pública pues pone en peligro las formas de vida en cuanto implica destrucción de sistemas de relación hombre-espacio, las bases de la existencia social-económico, atenta contra las materias y recursos indispensables para las actividades productivas y culturales (Zuluaga Q, 2008).

En Colombia existe una legislación ambiental y sanitaria que consta de principios y normas constitucionales, disposiciones dictadas sobre la materia (leyes, decretos, reglamentos), tratados y convenios internacionales suscritos por el gobierno y aprobados por el Congreso; tipificación de conductas, sanciones, competencias y autoridades competentes para conocer las agresiones contra el ambiente y los derechos ambientales. No obstante la existencia de esta legislación, su gran extensión y dispersión dificultan el conocimiento de cada una de las leyes en particular y consecuentemente la correcta aplicación de estas a cada caso. Parte de la legislación vigente se muestra desactualizada frente a los objetivos actuales del derecho ambiental y sanitario contemporáneo, lo que implica su inoperancia ante la problemática ambiental-sanitaria actual; por lo anterior es necesaria la realización de estudios de vigencia, concordancia que evite la ambigüedad, y plantee una legislación que sistematice, actualice el contenido de las normas y cree un ordenamiento jurídico eficiente.

No obstante tener una de las legislaciones ambientales más completas de la humanidad, el alto grado de ineficacia de dicha normatividad en Colombia pasa por su relativo desconocimiento, por el escaso compromiso gubernativo sobre la materia, por su inapropiado desarrollo reglamentario, por la descoordinación institucional (Alvarado Martínez, 2007).

Nuestro sistema jurídico penal ambiental es ineficiente, en tanto presenta una estructuración de los tipos penales ambientales como normas jurídicas en blanco o abiertas; (delitos donde el supuesto hecho

que está en la norma no está completo sino que está en blanco y, para saber concretamente qué es lo que el legislador prohíbe, toca recurrir a regulaciones de carácter administrativo (resoluciones y decretos). Muchos de estos delitos dependen de reglamentaciones que no existen o que cambian constantemente (Güiza Suárez, 2008). Por eso a la hora de aplicar un tipo penal de éstos, el juez se encuentra con situaciones en que no sabe realmente qué hacer. Solo cinco tipos delictuales (contaminación ambiental, invasión de áreas de especial importancia ecológica, introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos, destrucción y apropiación de bienes protegidos y destrucción del medio ambiente) de los diez y nueve delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente cuentan con detención preventiva de la libertad de los infractores, siendo una de las carencias que presenta la ley penal ambiental, que no cuenta con instrumentos adecuados para su aplicación en particular los de naturaleza preventiva (Bobbio, 2002).

Ante la evidencia de la infracción a la norma, pero desconociendo los mecanismos de aplicación vemos como algunas de las normas ambientales se convierten en normas validas pero ineficaz dado que no hay aplicación de las sanciones por parte de las autoridades. La ley penal es altamente ineficaz, por cuanto se presenta una insuficiente valoración social de la legislación ambiental por sus destinatarios e incluso su desconocimiento e inaplicación por parte de las autoridades públicas. Que una norma exista en cuanto norma jurídica, no significa que también sea constantemente cumplida. Hay normas cumplidas universalmente de manera espontánea (normas eficaces), otras que se cumplen solo cuando van acompañadas de coacción. Otras que no se cumplen a pesar de la coacción (ineficaces) no depende de la justicia ni de la validez (Bobbio, 2002).

Según Ihering, una norma jurídica no tiene eficacia externa por parte del pueblo sino, su eficacia interna por parte del Estado; lo que torna jurídica una proposición normativa es el hecho de los jueces y las instituciones implicadas tengan el deber y el poder de hacerla respetar. Las normas que adquieren validez jurídica, es decir llegan a un sistema normativo, solo mediante su eficacia. La eficacia es el uso constante, regular, uniforme que se exige a una costumbre para que se vuelva jurídica, aunque ninguna

costumbre se hace jurídica por medio del uso, lo hace cuando los órganos del poder le atribuyen validez. Para ello debe ser recogida por los órganos competentes para producir normas jurídicas en un sistema (Bobbio, 2002).

En Colombia no existe una jurisdicción especializada para decidir sobre los conflictos ambientales, la competencia en temas ambientales está dispersa en las diferentes jurisdicciones, Constitucional, Contenciosos administrativo y la ordinaria. Corresponde a la Fiscalía General de la Nación ocuparse de la labor investigativa en materia penal, aplicable a delitos ambientales. Mediante sus estadísticas se constata la inactividad, insignificante y poca efectividad de la Fiscalía en la investigación y persecución de la delincuencia ambiental, en donde se encuentra que en el año 2009, se adelantaron 2.972 investigaciones en el sistema penal acusatorio y 351 investigaciones en el sistema mixto y solo se produjo una captura, amenazado el derecho a gozar de un ambiente sano, desconocido el derecho de las comunidades a participar en las decisiones que vayan a perturbar su ambiente y otros derechos y principios ambientales reconocidos por tratados internacionales ratificados por el Estado Colombiano. Todo lo anterior al situar por encima de la Constitución, el sistema jurídico ambiental, las decisiones de las autoridades públicas, los intereses económicos, políticos, particulares; se desconoce los principios constitucionales, el interés y derechos colectivos ambientales que son la guía para la construcción de una sociedad sana que viva en armonía con la naturaleza (Bobbio, 2002).

Las leyes ambientales han ido perfilándose en relación a sucesos puntuales y catastróficos; exigen sanciones ejemplares pero, al mismo tiempo, exigen unos estándares muy altos para que se produzca la sanción penal. De este modo, al no alcanzar dichos estándares, muchos comportamientos antiecológicos quedan impunes, dando la impresión de que no son reprobables. Las leyes ambientales o sanitarias pueden tratarse de leyes aparentes, cuya formulación técnicamente defectuosa las hace inaccesibles a las condiciones operativas de los procesos penales; aprobados sin recursos personales o materiales; o imperfectas, que no prevén sanciones o cuya aplicación es técnicamente imposible (Bobbio, 2002).

Para la aplicación de la sanción penal es necesario que previamente se hayan agotado los otros medios de control (Civil, administrativo). No solamente en atención al principio de protección del individuo frente al poder coercitivo del Estado, sino también por razones de utilidad y eficacia, ya que el derecho penal interviene mediante la aplicación de penas cuando el daño ya ha sido producido y casi en la totalidad de los casos, es irreversible, además de que la indemnización por perjuicios ambientales nunca es suficiente, aunque tampoco puede desconocerse que la penalización de las conductas lesivas al ambiente cumple una función disuasiva, desmotivando a los posibles infractores ya sea por temor a la pena o por generar un fortalecimiento en la conciencia ciudadana acerca de la gravedad de los atentados contra el ambiente (Ruiz G, 2005).

Es necesario contar un sistema instrumental inhibitorio idóneo, que impida que el daño suceda; bloqueando la acción ilícita y su dinamismo destructivo. La protección ambiental implica una nueva visión donde el equilibrio ecológico y la calidad de vida, la salud pública son el sustrato jurídico protegido y en sí mismo valioso (Rodríguez L., 2011). En Colombia los delitos ambientales no habían sido tomados con rigor jurídico más que el daño emergente a un individuo o grupo de personas que por causas y efectos secundarios afectaran su salud, trabajo o entorno (Valencia Hernández, Aguirre Fajardo, & Ríos Sarmiento, 2015). Sin duda, el Código penal en su Título XI trata de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente, sin embargo y pese a las pocas determinaciones de ley para los delitos ambientales, solo hasta el año 2009 se estableció condenas penales por daños al medio ambiente (Valencia Hernández, Aguirre Fajardo, & Ríos Sarmiento, 2015). No es posible a través de los instrumentos del acceso a la justicia que tenemos hoy, exigir la responsabilidad ambiental a las grandes compañías contaminadoras y a los países que las favorecen a través de sus políticas económicas (Garro P., 2013).

La jurisprudencia ha reconocido la existencia de vacíos legales cuando la norma que regula la materia, resulta insuficiente y no solo cuando carece totalmente de normas que regulen una materia determinada,

en cuyo caso se debe aplicar el carácter supletorio de las normas. Mediante la Sentencia T-120/00 la Corte Constitucional reconoce la existencia de un vacío en la forma de surtir la notificación por conducta concluyente consagrada en el artículo 48 del Decreto 01 de 1984 y por tanto debía llenarse el vacío con las normas del Código de Procedimiento Civil y mediante la sentencia del 22 de octubre de 2012 reconoce el vacío legal ante la carencia de termino para presentar los alegatos dentro del Procedimiento Disciplinario y por tanto debía acudir a la integración normativa del artículo 21 de ley 734 de 2002 (Gallego B., 2010).

Las decisiones jurídicas y legales se han realizado en una racionalidad económica del aprovechamiento del patrimonio ambiental, dejando al lado la racionalidad ambiental y la razonabilidad en la toma de decisiones que puedan afectar derechos e intereses colectivos, desconociendo mandatos internacionales (Zuluaga Q, 2008).

La emergencia de la justicia ambiental y del derecho de acceso a la justicia ambiental como propósitos políticos, sociales, y ambientales, hace que las formas jurídicas asociadas al derecho moderno, cambien y se transformen en formas jurídicas pensadas y adecuadas a los actuales contextos de globalización de la justicia y de las injusticias ambientales. Para Bobbio Norberto (2002) si las normas penales no sirven para proteger un determinado bien jurídico; otros beneficios que estas puedan comportar en orden al progreso social o la concientización de los ciudadanos respecto de ciertos valores fundamentales, no serán suficientes para entender que esas normas son verdaderamente eficiente, ni, por consiguiente, legítimas (Ruiz G, 2005).

En Colombia las normas ambientales no son cumplidas ni como individuo, colectivo o institución. Cuando una norma no respeta las condiciones formales de validez del acto de producción normativa se considera como no vigente mientras que si incumple los requisitos sustanciales de validez se entenderá que la norma no es válida, aunque esté vigente. Que una norma exista en cuanto a norma jurídica, no implica que también sea constantemente cumplida (Ruiz G, 2005).

La Ley 23 de 1973 consagro el artículo 18, que la faculta para la administración de imponer sanciones por infracción ambiental, pero no contemplo el procedimiento a seguir para el efecto. Posterior el Decreto ley 2811 de 1974 en los artículos 163, 284, 339 estipulo el deber de sancionar las conductas que atentan contra el buen uso de los recursos naturales renovables, sin embargo, el mencionado código también omitió reglamentar el procedimiento para la imposición de sanciones. Ante la anterior falencia procedimental, cada norma consagro el procedimiento a seguir para la imposición de sanciones por transgresión a las mismas, ejemplo de ello lo constituyen los Decreto 1681 de 1978 y 1594 de 1984. La expedición del régimen de Procedimiento sancionatorio ambiental mediante la Ley 1333 de 2009 dio una pauta para ejercer mecanismos de mayor coerción tanto para industrias como para personas naturales (Cañón de la Rosa & Erasso C, 2004). El artículo 29 de la Constitución establece el inciso primero que: el debido proceso se aplicará en toda clase de actuaciones judiciales y administrativas. Toda persona se presume inocente mientras no se la haya declarado judicialmente culpable.” Lo cual indica que la norma contiene un principio destinado a garantizar al investigado un tratamiento de inocente, o de no autor, o participe de los hechos que se investiguen. El debido proceso es un derecho constitucional fundamental. Acatarlo es la garantía principal del ciudadano frente al poder estatal. Es un derecho fundamental carente de limitaciones y suspensiones, porque su desconocimiento está prohibido aun en el estado de excepción constitucional (Cañón de la Rosa & Erasso C, 2004).

Aún queda poca claridad en la forma en que el derecho penal ambiental en Colombia se aplica en pro de la protección de los recursos naturales, el ambiente y la ecología. Es interesante examinar si la normativa ambiental en relación con los actos que afectan el medio ambiente es una determinación basada en un marco y línea base colombiana o es una adecuación de un modelo puramente extranjero (Valencia Hernández, Aguirre Fajardo, & Ríos Sarmiento, 2015).

El derecho penal en lo ambiental debe ser preventivo ejerciendo un **principio de precaución** frente a una condición de riesgo ambiental, social, económico y jurídico. En este contexto la certeza científica de

un posible daño o afectación ambiental sería una variable de peso ante tal medida preventiva en defensa de derechos fundamentales, colectivos y ambientales potencialmente amenazados.

En Colombia el derecho penal todavía es utópico respecto a su aplicación, se prevé un camino de construcción jurídica más clara, precisa y medible en materia de penalización por daños ambientales tanto a nivel de personas jurídicas como naturales. Se empieza a configurar una relación entre el derecho ambiental con el administrativo, el constitucional y el penal, en donde este último, es un recurso en el que se llega cuando se ha cometido actos tipificados como delitos y no como afectaciones. En relación con los delitos ecológicos, el bien jurídico protegido es el ambiente y accesoriamente se desprende que al proteger el ambiente estamos protegiendo o tutelando la vida y la vida humana (Valencia Hernández, Aguirre Fajardo, & Ríos Sarmiento, 2015).

No obstante reconocer lo positivo de la consagración de los tipos penales ambientales, su efectividad se ha visto truncada por la escasa reacción social frente a los atentados ambientales, reflejada en la ausencia de una política estatal que enfrente de manera integral la problemática ambiental, sistematice y actualice la normatividad ambiental a la que remiten los tipos penales, y tenga el poder suficiente para enfrentar la criminalidad ambiental organizada, además el estado presenta cierta debilidad institucional y carece de la capacidad técnica, científica, logística y financiera suficiente para investigar, descubrir y sancionar a los sujetos activos del ilícito penal. La sanción administrativa y la penal normalmente parten de gravedad del daño que ocasiono la realización del supuesto (Ossandon W, 2003).

Los delitos de contaminación ambiental, contaminación de aguas o violación de medidas sanitarias, son delitos cometidos en el ámbito de actividades industriales o comerciales, en las cuales la primera dificultad es definir quién es el directo responsable. Es claro que la responsabilidad penal es una responsabilidad personal, individual y no existe responsabilidad de las personas jurídicas. A este respecto, no está de más advertir que el actuar administrativo se orienta a las negociaciones y al consenso,

en un afán de cooperación más que de confrontación con el mundo empresarial, y en él se distingue un ámbito cada vez más importante de actuación informal (Gudynas, 2005).

Ante supuestos de perjuicios graves al medio ambiente, se suele actuar para lograr soluciones aceptables a largo plazo, y la resolución puede limitarse a imponer un plazo para terminar con la conducta o la actividad peligrosa. En la práctica, esto impide que el Derecho penal cumpla la función para la que originalmente fue creado: “evitar atentados graves al medio ambiente”. Por otra parte, la actividad de los órganos administrativos en la persecución de las conductas dañosas es escasa, y el déficit de ejecución termina por trasladarse al ámbito penal. En este sentido, no se puede olvidar que en la actualidad la Administración no se presenta ya como el -Estado gendarme del liberalismo, empeñado en la protección de los bienes jurídicos, sino que cada vez se perfila como un actor social más, con sus propios intereses y pretensiones. La irrupción del poder ejecutivo en la concreción del injusto penal significa que la protección que brinda el Derecho penal queda condicionada, y que éste ya no puede determinar de forma precisa y definitiva su propia vigencia y los límites de esa vigencia. Cuando los funcionarios administrativos pueden exonerar de responsabilidad penal a quien propiamente realiza un tipo penal, están amenazando la vigencia de la norma y contradiciendo el principio de protección de bienes jurídicos (Gudynas, 2005).

La tecnología avanza más rápido, otro fenómeno que perjudica la efectividad de las regulaciones es la incesante y creciente innovación en materia tecnológica y química. Las tecnologías avanzan a un ritmo muy acelerado, permitiendo extraer o producir sustancias que ni siquiera conocemos bien. Las leyes, con sus procesos burocráticos, y los estudios científicos que se requieren para poder controlar los nuevos procesos impulsados por las tecnologías, generalmente no pueden acompañar éste ritmo. Por esta razón, las leyes ambientales y sociales quedan desactualizadas y no pueden contemplar adecuadamente las nuevas situaciones que se van presentando.

La protección del medio ambiente y una política global sanitaria requiere de una estrategia global basada en la cooperación internacional, que fortalezca tanto las instituciones como las acciones regionales y nacionales. Fomentar la unificación en la toma de decisiones y la elaboración de las políticas nacionales de la dimensión económica, social y ambiental del desarrollo sustentable.

Tenemos las leyes pero en muchos casos su aplicación es muy débil o intermitente; están los ministerios, pero se suman los problemas en asegurar una fiscalización adecuada; la vía judicial sigue siendo complicada y lenta. En síntesis: el marco institucional ha mejorado sustancialmente, pero la aplicación de las normas todavía es inadecuada. La meta de años atrás que aludía a generar nuevas leyes para llenar los vacíos legales ha dejado de ser una urgencia, y en estos momentos el objetivo está en lograr que efectivamente se cumplan las normas actualmente vigentes.

Hay muchas explicaciones de este bajo cumplimiento de la normativa ambiental: Algunas de ellas se basan en la falta de recursos humanos y financieros en varias agencias ambientales de los gobiernos. Para resolver este problema es necesario jerarquizar la función estatal en temas ambientales y redistribuir los dineros presupuestales. Otra manera de debilitar la gestión ambiental ha sido apostar a las interpretaciones más flexibles y permisivas de las normas, llevándolas a sus límites. -Las capacidades e instrumentos para atacar todos estos tipos de problemas siguen siendo débiles. No es fácil adentrarse en la vía judicial allí donde se detecta la corrupción ambiental o el incumplimiento de normas, muchos abogados están dando sus primeros pasos en este tema y hay pocos jueces con experiencia frente a la complejidad ecológica, y las vías administrativas son complicadas y tortuosas. Lo que está en juego no es solamente la obediencia a la ley, sino que debe incorporar otros aspectos como la acción estatal para promover las normas, la capacidad para fiscalizarlas, identificar a los infractores, obligarlos a acatar la normativa cuando no lo hacen y sancionarlos cuando es necesario. Son varios componentes donde se juega la institucionalidad ambiental.

Interrogantes

¿Qué alcance jurisdiccional tienen las normas nacionales sobre calidad del agua para consumo humano, cómo se articulan y concilian Internacionalmente, a nivel departamental y a nivel de municipios?

¿Es adecuado el sistema nacional de control de calidad que posibilite certificar la capacidad técnica y operativa de los laboratorios y supervisar la calidad del agua que consume la población?

¿Son adecuados los controles que se aplican durante el proceso de tratamiento, como para asegurar una calidad óptima y continua de las aguas a servir?

Conclusiones

De la revisión y comparación normativa se encontró que el sector salud solo reglamentan los vertimientos de hospitales en países de Australia, Alemania, Francia, Estados Unidos. En **Alemania** se regula DBO, DQO, Nitrógeno, Fosforo y Amoniacó para descargas directas o indirectas de hospitales a cuerpos de agua; igualmente establece que para tratamientos odontológicos se debe tener un separador de amalgamas, con el objetivo de prevenir los vertimientos de sustancias tóxicas a los cuerpos de agua. En tanto que en **Estados Unidos** establece una categoría como posible para ser regulada en la norma de vertimientos a cuerpos de agua denominada Industrias de servicios médicos que incluye salud humana hospitales, centros odontológicos, laboratorios médicos, veterinarios. Los parámetros contaminantes que regula son plata, Mercurio, medicinas, disruptores endócrinos y residuos patógenos, DBO, SST (Kg) a cuerpos de agua en función de camas ocupadas (DBO Y SST/1000 Camas. Adicionalmente regula el PH. **Australia** regula para el sector salud SST, grasas, Temperatura y exigen trampas de grasas y esterilización de los residuos sólidos, plata, Sulfuros, Amoniacó, tiosulfatos y sulfitos; de otra parte Australia exige que los establecimientos tengan separador de amalgamas y trampas para retener yeso. Australia regula dentro del sector salud las actividades de cirugías dentales y médicas, laboratorios de RX. **Francia** en su regulación incluye laboratorios, consultorios, y centros médicos; en donde se regula DBO, DQO, SST, Cromo hexavalente, Cianuro, Sustancias halogenadas, Arsénico, hidrocarburos y fenoles.

El origen de la normatividad que regulan los vertimientos industriales en tiene su origen en los lineamientos orientados por la Organización Mundial de la Salud y la Comunidad Europea. Los parámetros de interés ambiental y sanitario no difieren sustancialmente cualitativamente, pero si se

encontraron diferencias en cuanto a los máximos valores permitidos y al número de parámetros que regulan así:

Tabla 22. Número de parámetros controlados en la normatividad de vertimientos a nivel Mundial

| PAÍS | NUMERO DE PARÁMETROS |
|-----------------|----------------------|
| CHILE | 44 |
| BRASIL | 42 |
| ALEMANIA | 35 |
| FRANCIA | 32 |
| JAPÓN | 28 |
| CANADÁ | 28 |
| ESTADOS UNIDOS | 28 |
| COLOMBIA | 26 |
| AUSTRALIA | 24 |
| MÉXICO | 24 |
| NUEVA ZELANDA | 20 |
| ESPAÑA | 19 |
| PERÚ | 17 |
| ECUADOR | 16 |
| ARGENTINA | 11 |

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse la norma que regula los vertimientos a nivel Mundial es mucho más completa en los países de Chile, Brasil, Alemania y Francia. Países como Perú, Ecuador y Argentina tienen normas más laxas en cuanto al control de los parámetros de interés ambiental y sanitario. Colombia se encuentra entre los países con una normatividad intermedia a nivel mundial en cuanto al número de parámetros controlados.

Al analizar las normas comparadas cualitativamente que regulan los vertimientos en Venezuela, Perú, Brasil, Ecuador, Chile, Bolivia y Argentina, se identifica que la Normatividad de Colombia (Decreto

1594 de 1984 Artículo 74 y la resolución 631 de 2015) no establecen mediciones en las concentraciones para los siguientes parámetros: Aluminio, Nitrógeno amoniacal, Antimonio, Benceno, Cloruro, Boro, Estaño, Hidrocarburos totales, Fosforo, Hierro, Litio, Manganeso, Molibdeno, Nitrógeno total, Sulfatos, NTK, Zinc y Amonios. En los ocho países analizados la relación con los parámetros de salud pública no se establece ningún valor o medición en su concentración para los siguientes parámetros; Benceno, Cloruro, Nitrógeno total y NTK.

En tanto que al comparar las normas de vertimientos de México, E.E.U.U y Canadá, Colombia, se identifica que la Normatividad de Colombia (Decreto 1594 de 1984 Artículo 74), no establece mediciones en las concentraciones para los siguientes parámetros: Aluminio, Nitrógeno amoniacal, Antimonio, Benceno, Cloruro, Boro, DQO, Fosforo, Estaño, Hidrocarburos totales, Molibdeno, Hierro, Litio, Manganeso, Nitrógeno total, Solidos suspendidos, NTK, Sulfatos, Amonios y Zinc.

Estos países analizados en relación con los parámetros de Salud Pública no establecen ningún valor o medición en su concentración para Hierro, Litio, Nitrógeno total y Amonio.

A partir de los estudios científicos analizados y la revisión de la normatividad nacional e internacional se propone que en Colombia exista una revisión y modificación de la normatividad de vertimientos en donde se tengan en cuenta los siguientes parámetros a regular: Antibióticos, corticoides, antineoplásicos, antiinflamatorios, Sustancias de contraste en Radiología, Aluminio, Nitrógeno amoniacal, Antimonio, Benceno, Cloruro, Boro, Estaño, Hidrocarburos totales, Fosforo, Hierro, Litio, Manganeso, Molibdeno, Nitrógeno total, Sulfatos, NTK, Zinc y Amonios.

De otra parte, no solo se trata de poseer una normatividad que ordene el control, regulación de un sinnúmero de parámetros de interés ambiental y sanitario, sino que exista la voluntad de cumplir dichas normas y que las instituciones encargadas de hacer cumplir dicha norma cumplan su función, al igual que los entes de control que tienen el rol de vigilar las actuaciones de estas instituciones ejerzan también sus respectivos roles de mecanismos de control.

En los últimos 15 años diferentes estudios demuestran que los fármacos representan una nueva clase de contaminantes del ambiente. Estos productos incluyen antibióticos, hormonas, analgésicos tranquilizantes y los productos de quimioterapia. Esta evidencia científica de estudios realizados en Argentina, México, Alemania, Francia, Japón, Rusia, España, Brasil nos permiten asociar la presencia de medicamentos (citostáticos, corticoides, antibióticos, Drogas de contraste de RX, antibióticos) con impactos en salud pública e impactos ambientales.

La persistencia de cianotoxinas en aguas tratadas e incluso en agua potable ha sido demostrada en diferentes publicaciones de América y Europa, lo que nos permite exponer la deficiencia de los sistemas de pretratamiento y tratamiento de aguas residuales, así como los procesos de potabilización. Condición que ha generado grandes pérdidas de vidas humanas especialmente de aquellas personas que requieren procesos de diálisis.

El impacto de los antibióticos en el ambiente es extremadamente complejo; a pesar de que se tienen algunos conocimientos acerca de las concentraciones en las aguas residuales hospitalarias, poco es lo que se conoce sobre su distribución y su actividad contra las bacterias en las distintas matrices. Debido a que muchas drogas farmacéuticas son moléculas sintéticas, son tóxicas para los organismos y provocan serios efectos colaterales, nuevas enfermedades e incluso la muerte.

El estudio de caracterización de antibióticos en aguas residuales hospitalarias contribuye en la búsqueda de la huella de resistencia a los antibióticos, a que permite identificar, medir los riesgos (prescripción, consumo y desecho) así como su prevención de la propagación de la resistencia. El precio del uso de un ciclo específico de antibióticos o de cualquier medicamento no necesariamente lo pagan las personas que los toman. Además de los beneficios terapéuticos potenciales del uso, hay una aportación a la presión selectiva sobre la resistencia que afecta otras personas y otros organismos.

Muchos autores han establecido que la multiresistencia a antibióticos provee a las cepas ventajas selectivas y que pueden mantener el fenotipo por muchos años sin la incorporación permanente de

antibióticos. En contraste, en un medio donde existe presión hacia la transferencia de genes de resistencia (medio hospitalario) existe una gran probabilidad de que la eventual reutilización de agua en actividades como la agricultura, navegación, recreación, pesca permita la llegada de cepas multiresistente al ser humano.

La presencia de genes resistentes a los antibióticos en el agua superficial, aguas subterráneas y plantas de tratamiento de aguas negras, en los vertederos y en diversos emplazamientos agrícolas, significa que la contaminación del ambiente no ha sido únicamente química. La resistencia a los tratamientos con medicamentos (resistencia microbiana) reduce la eficacia de estos medicamentos y da lugar a un aumento de la morbilidad, de la mortalidad y del gasto sanitario.

La resistencia a los tratamientos con medicamentos (resistencia microbiana) reduce la eficacia de estos medicamentos y da lugar a un aumento de la morbilidad, de la mortalidad y del gasto sanitario. Como la globalización aumenta la vulnerabilidad de cualquier país a enfermedades originadas en otras latitudes, esa resistencia supone una grave amenaza para la salud pública mundial. Ningún país que actúe en solitario protegerá adecuadamente la salud de su población.

El conocimiento de la flor patógena y de sus patrones de sensibilidad antibiótica en cada institución, área geográfica son condiciones imprescindibles para cualquier política racional de anti infecciosos.

La contaminación proviene no solo de las excreciones de los pacientes, también de la fabricación y disposición inadecuada de los desechos de estos productos; los estudios científicos concluyen que sea cual sea el cuerpo de agua escogido puede encontrarse entre 30 y 60 productos farmacéuticos. La concentración estos productos en el agua es del orden de las partes por billón, comparable con la que se encuentran en los pesticidas. En las aguas residuales además de persistir los medicamentos hospitalarios, también se han reportado la presencia de drogas ilícitas (canabinoides, Heroína, Clorhidrato de cocaína) en altas concentraciones.

A pesar de las bajas concentraciones de los productos farmacéuticos presentes en aguas residuales, superficiales y subterráneas, el efecto de una mezcla de compuestos químicos tan compleja se desconoce por el momento. Cada año aparecen nuevos reportes sobre la presencia de medicamentos en el ambiente, lo que indica que debe seguirse trabajando en la determinación de productos farmacéuticos en aguas residuales, cuerpos de agua y agua potable, pero este muestreo es una tarea difícil debido al excesivo número de fármacos y metabolitos, con diferentes estructuras químicas y propiedades fisicoquímicas.

Las guías de calidad de agua de bebida de la OMS no consideran la calidad especialmente alta que debe tener el agua necesaria para los tratamientos de diálisis, terapias endovenosas u otros usos clínicos.

Los procesos de tratamiento que usan en las plantas de tratamiento convencionales tales como coagulación, clarificación y filtración con arenas son efectivos para remover células cianobacterianas pero no lo son para remover o destruir las cianotoxinas disueltas, especialmente en fuentes de agua con altos contenidos orgánicos y dominancia de cianobacterias. Por tanto los hospitales y clínicas requieren aguas con calidad especial para sus procedimientos de diálisis, transfusión, etc. Tales tratamientos varían desde filtración con carbón activado, osmosis inversa, filtración con membranas. La extensión del tratamiento necesario dependerá de la calidad de la fuente de agua municipal.

Los organismos de regulación del sector farmacéutico deberían ser independiente y no tener tanta influencia de su propia industria, pues actualmente es más importante una empresa económicamente rentable, a los avances en materia beneficiosa para toda la sociedad. Es importante adoptar reglamentos aplicables al desarrollo y autorización, control, verificación y autorización de comercialización de los fármacos en donde se establezcan requisitos estrictos de buenas prácticas de fabricación que garanticen la integridad de las operaciones industriales, la calidad, la seguridad, eficacia, control sobre la eliminación, mitigación y reducción de los residuos de los productos farmacéuticos, así como los insumos de fabricación.

La industria farmacéutica, las drogas ilícitas son los sectores “empresariales” más rentables e influyentes del mundo. Actualmente por los grandes avances de la industria farmacéutica, prácticamente nadie está sano, las personas sanas se convierten en pacientes por el surgimiento de esta fuerza poderosa que hace olvidar la salud a las personas. Debemos plantear interrogantes frente a los objetivos de las industrias farmacéuticas que se desarrollan alrededor del negocio de la enfermedad y si estos objetivos coinciden con los intereses de las personas que acuden a los hospitales y a consulta en busca de ayuda médica.

La globalización aumenta la vulnerabilidad de cualquier país a enfermedades originadas en otras latitudes, esa resistencia supone una grave amenaza para la salud pública mundial. Se ha calculado que para que un antibiótico cualquiera la probabilidad de fracasar, en el tratamiento de algunos de los gérmenes, era al menos del 10%.

Las investigaciones en torno a la industria farmacéutica gira en torno al descubrimiento de nuevas moléculas, bioensayos, poder de marketing sobre los pacientes, pero está abandonada la investigación relacionada con efectos residuales en pacientes. -La industria farmacéutica tiene una gran responsabilidad en la generación de técnicas científicas que permitan los procesos de naturalización de los medicamentos en aguas residuales. Desafortunadamente, es nula la investigación en torno a los efectos de los residuos o metabolitos dispuestos en el ambiente a través de las aguas residuales y o el mal manejo de los medicamentos y su descarte. De hecho, hace falta una política ambiental y sanitaria sostenible relacionada con el descarte de medicamentos caducos o vencidos.

Es necesaria que las técnicas de detección de mínimos en los parámetros de vertimientos industriales y hospitalarios sean actualizadas de acuerdo con los avances científicos. Urgente continuar con los estudios científicos que determinan y asocian la presencia de medicamentos con impactos ambientales y de salud pública.

Es imperiosa la necesidad generar normativas específicas de vertimientos hospitalarios en Colombia y el Mundo, estableciendo rigurosidad en los parámetros de vertimiento; en relación con la normatividad que regula los vertimientos Industriales en el Mundo requiere realizarse estudios de actualización de acuerdo a los avances de la tecnología que ha generado un sinnúmero de sustancias químicas sintéticas y naturales nuevas; las cuales deben ser sujetas de evaluación toxicológica y ambiental con el fin de detectar, prevenir, minimizar los posibles impactos ambientales y de salud pública a través de regulación normativa. Ningún país que actúe en solitario protegerá adecuadamente la salud de su población; es fundamental la acción colectiva internacional, la responsabilidad de preservar la salud sigue incumbiendo, ante todo, a las autoridades nacionales. Es fundamental la acción colectiva internacional, la responsabilidad de preservar la salud sigue incumbiendo, ante todo, a las autoridades nacionales.

Colombia y el Mundo deben adelantar políticas de gestión integral para los medicamentos vencidos, de tal manera que se dé un uso sostenible de los medicamentos, generando estrategias ambientales de gestión aunado a políticas de gestión empresarial entre industrias farmacéuticas, hospitales, usuarios y farmacias.

Son Pocos los países que abordan la cuestión del agua y el saneamiento como una prioridad política, tal como lo evidencian las limitadas asignaciones presupuestarias. La comunidad internacional no ha logrado que la cuestión del agua y el saneamiento sea una prioridad de las asociaciones para el desarrollo que han ido formándose en torno a los objetivos de Desarrollo del milenio.

Persisten importantes diferencias en los niveles de cobertura, continuidad y calidad de servicios. La deficiencia de servicios afecta mayoritariamente a los grupos de bajos ingresos: el 70% de las personas sin acceso a agua potable y un 84% carece de servicios de saneamiento. La insuficiente cobertura y mala calidad de los servicios de agua potable y saneamiento no solo dañan la salud de la población y contribuyen al recrudescimiento de la pobreza, sino que, además afecta el ambiente, el desarrollo socioeconómico, la inserción de los países en una economía globalizada, la estabilidad política, la

cohesión social y disponibilidad de agua para diversos usos, tanto relacionados con el desarrollo productivo como en los intereses sociales y ambientales. La pobreza sin acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, se convierte en un estado difícil de superar por cuanto se asocia el hambre y las enfermedades, impide el empleo estable y, afecta negativamente la asistencia escolar. Por esta razón, la provisión de servicios de agua potable y saneamiento seguro y de buena calidad para toda la población, deberá representar un objetivo de máxima prioridad para los gobiernos de los países de América latina.

-Es imperante la necesidad de contar con una política integral de gestión del agua; proponer, actualizar una legislación hídrica moderna, contar con una institucionalidad clara y estable con una autoridad independiente de los usos sectoriales, que cuente con recursos humanos y financieros suficientes, que disponga de un sistema eficiente en la resolución de conflictos; que promuevan en la inversión en el desarrollo y conservación de los recursos para que se asegure el uso eficiente y ordenado.

Se debe avanzar en mejores esquemas de gobernabilidad del agua. Gobernabilidad entendida como la capacidad social de movilizar a todos los actores para lograr el uso sostenible de los recursos hídricos. Esto incluye la capacidad de diseñar políticas públicas socialmente aceptadas, y para ello, la construcción de consenso se convierte en un instrumento esencial para el éxito, en particular equilibrada entre el Estado, el mercado y el ciudadano.

La gestión del recurso hídrico es muy difícil, y su gobernabilidad deviene en ser casi imposible, pues lograr consenso con esta cantidad de leyes, instituciones e intereses, es una tarea no lograda; además que los operadores de los principales usuarios de agua son operadores y a la vez rectores de sus respectivos sectores, lo cual los convierte en juez y parte.

Bibliografía

- Congreso de Colombia. (24 de Julio de 1997). Ley 388. Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 43.091. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0388_1997.pdf
- Acero, J., Benitez, F., & et al. (Julio de 2010). Kinetics of aqueous clorination of some pharmaceuticals and their elimination from water matrices. *Water Res*, 44(14), 4158-70.
- Alvarado Martínez, I. (2007). La estructura de los tipos penales y los alcances del principio constitucional de legalidad en las construcciones típicas contra el ambiente. *Revista del postgrado en derecho de la UNAM*, 3(5).
- Bassi, M., & Moretton, J. (2003). Mutagenicity of antineoplastic drug residues treated in health care water autoclave. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 170-175.
- Bavaresco de Prieto, A. M. (2013). *Proceso metodológico de la investigación*. Maracaibo, Venezuela .
- Bobbio, N. (2002). *Teoría general del derecho*. Bogotá, Colombia: Editorial Temis.
- Caicedo Asprilla, H. (Junio de 2011). El papel de los sistemas regionales de innovación en ciudades región globales. 27(45). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-46452011000100006&lng=en&nrm=iso
- Cañón de la Rosa, J. M., & Erasso C, G. (2004). El papel del derecho penal en la tutela del ambiente. Bogotá: (Tesis para optar el título de abogado) Pontificia Universidad Javeriana.
- Cardona L, A. (s.f.). *Consideraciones sobre el sector de agua potable y saneamiento básico en Colombia*. Obtenido de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/Consideraciones%20sobre%20el%20Sector%20de%20agua%20potable%20y%20saneamiento%20b%20C3%A1sico.pdf>

Chávez, N. (2004). *Introducción a la Investigación Educativa*. Venezuela: Editorial Graficas, S.A.

Cleuvers, M. (2003). Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effect. *Toxicology letters*, 185-194.

Columbus M., D. (13 de Febrero de 2004). *Sobre la naturaleza jurídica de los delitos ambientales*.

Obtenido de Ecoportal.net: http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Contaminacion/Sobre_la_Naturaleza_Juridica_de_los_Delitos_Ambientales/

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2001). *Evaluación de la efectividad ambiental y eficiencia económica de las tasas por contaminación hídrica en el sector industrial colombiano*. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe:

https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/6/40506/4_CAEMA_2001_Evaluacion_tasas_contaminacion_Colombia.pdf

Conesa F, V. (2006). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa.

Contraloría General de la Nación. (2012). *La calidad del agua para consumo humano en Colombia*.

Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_1/s.f._Estado_de_los_recurso_naturales_y_del_ambiente.pdf

Cortacans T, J. A., Hernández L, A., & et al. (s.f.). *Presencia de fármacos en aguas residuales y eficacia de los procesos convencionales en su eliminación* Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Dpto. Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente. Universidad Politecnica de Madrid.

Danhke, G. (1989). Investigación y comunicación. En C. Fernández. Collao, Mexico: McGraw-Hill.

- Defensoría del pueblo. (2006). *Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua*. Bogotá, Colombia.
- Defensoría del pueblo. (2007). *Tercer diagnóstico sobre calidad de agua para consumo humano*. Bogotá, Colombia.
- del Cerro Santamaría, G. (2004). *Ciudades y globalización: un enfoque teórico*. Obtenido de <http://www.fes-sociologia.com/files/res/4/08.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (s.f.). *Proyección de poblaciones según grupo de edad y sexo 2015-2020*. Bogotá, D.C.
- Falck, K., Gröhn, P., Sorsa, M., Vainio, H., Heinonen, E., & Holsti, L. (1979). Mutagenicity in urine of nurses handling cytostatic drugs. *Lancet*, 1250-1251.
- Fent, K., Weston, A., & Caminada, D. (2006). Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquat Toxicol*, 122-59.
- Gallego B., A. (20 de Febrero de 2010). El procedimiento sancionatorio ambiental colombiano. Especial referencia a la presunción de culpa y de dolor. Universidad de Medellín.
- Garro P., Á. (Enero-Junio de 2013). Procedimiento administrativo sancionatorio ambiental a partir de la vigencia ley 1437 de 2011. *Revista Faculta de derecho y ciencias políticas*, 43(118), 443-470.
- Gartiser, S., Brinker, L., Erbe, T., Kummerer, K., & Willmund, R. (1996). Contamination of hospital waste water with hazardous compounds as defined by 7a WHG. *Acta Hydrochim Hydro-biol.*, 24, 90-97.
- Giddens, A. (2000). *Sociología*. Madrid: Editorial Alianza.
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutierrez, O. (s.f.). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

- Giuliani, F. (1994). Genotoxizität von Abwasserproben eines Universitätsspitals. Zürich, ETH: PhD Thesis, Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule.
- Global Water Partnership. (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas*. Paris, Francia: Empresa Gráfica Mosca.
- Gudynas, E. (2005). *Leyes que no se cumplen*. Obtenido de Centro latino Americano de Ecología Social. Montevideo, Uruguay: http://www.lainsignia.org/2005/junio/ecol_003.htm
- Güiza Suárez, L. (2008). Efectividad de los instrumentos administrativos de sanción y exigencia de la reparación del daño ambiental en Colombia. *Estudios Socio-Jurídicos*, 10(1), 307-335. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-05792008000100010&lng=en&tlng=es.
- Hernández S., R., & et al. (2006). , (2006) *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Ingerslev, F., & Halling Sorensen, B. (2001). Biodegradability of metronidazole, olaquinox and tylosin and formation of tylosin degradation products in aerobic soil/manure. *Chemosphere*, 48, 311-320.
- Instituto Nacional de salud. (2012). *Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia 2007 – 2011*. Bogotá D.C.
- Irusta M., R. (2011). *valuación ecotoxicológico de productos farmacéuticos y de higiene personal (PPCPs) como medida para la prevención de la contaminación en ambientes acuáticos. Ayudas a la investigación*. Obtenido de https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/en/images/2011-evaluacion-ecotoxicologica_tcm184-27944.pdf
- Jarnheimer, P., Ottoson, J., & et al. (2004). Fluoroquinolone antibiotics in a hospital sewage line; Occurrence, Distribution and impact on bacterial resistance. *Scandinavian journal of infectious diseases*, 36, 752-755.
- Jouravlev, A., Lentini, E., & et al. (2009). *Contabilidad regulatoria, sustentabilidad financiera y gestión mancomunada: temas relevantes en servicios de agua y saneamiento*.

- Kinney, C., Furlong, E., Zaugg, S., & Et al. (Diciembre de 2006). Survey of organic wastewater contaminants in biosolids destined for land application. *Environ Sci Technol*, 40(23), 7207-15.
- Kovalonga, L., Siegrist, H., & et al. (7 de Febrero de 2012). Hospital wastewater treatment by membrane bioreactor: performance and efficiency for organic micropollutant elimination. *Environ Sci Technol*, 46(3), 1536-45.
- Kummerer, K. (2001). Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources a review. *Chemosphere* 45, 957-969.
- Kummerer, K., Al-Ahmad, A., & Mersch Sundermann, V. (Abril de 2000). Biodegradability of some antibiotics, elimination of the genotoxicity and affection of wastewater bacteria in a simple test. *Chemosphere*, 40(7), 701-10.
- Manonmani, P., Ramar, M., & et al. (s.f.). Biodegradation of phenol and alcohol in hospital liquid waste using mixed immobilised microbial cultures. *International Journal of Environmental Biology*, 11-21.
- McJunkin F, E. (1985). *Agua y Salud humana. Organización Panamericana de la salud*. México: Editorial Limusa.
- Mesa de planificación de Cundinamarca. (s.f.). Tomados del Informe de Población en la cuenca del Rio Bogotá, Propuesta general Visión año 2020 Cuenca del Rio Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Departamento Nacional de Planeación. (12 de Marzo de 2007). *Documento Conpes 2006. No 3463. Planes departamentales de agua y saneamiento para el manejo empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo*. Obtenido de http://www.aguasdecordobasaesp.com/pdf/Documento%20conpes_3463.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Informe Nacional de la calidad del agua para el consumo humano. Año 2013 con base en el IRCA*. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/informenacional-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-ano-2013-con-base-en-el-irca.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (15 de Marzo de 2013). *Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021*. Obtenido de

<https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Plan%20Decenal%20-%20Documento%20en%20consulta%20para%20aprobaci%C3%B3n.pdf>

Ministerio de Salud, Subdirección de salud Ambiental. (2014). *Informe nacional de la calidad del agua para consumo humano año 2013 con base en el IRCA*. Bogotá, Colombia .

Ministerio del Medio Ambiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, Colombia: Nuevas Ediciones.

Naciones Unidas. (1992). Convención Marco sobre el cambio climático.

Naciones Unidas. (2000). *Objetivos, metas e indicadores oficiales*. Obtenido de <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/mdg/noticias/paginas/6/35556/P35556.xml&xsl=/mdg/tpl/p18fst.xsl&base=/mdg/tpl/top-bottom.xsl>

Naciones Unidas. (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano*. Madrid, España: Editor Mundiprensa.

Olvera, N., & Corina, G. (2013). Evaluación de la citotoxicidad y genotoxicidad inducida por efluentes hospitalarios sobre *Cyprinus carpio*., Tesis de grado. Maestría en ciencias químicas. Toluca, México: Universidad Autónoma de México.

ONU. (1994). Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo.

ONU. (2000). Objetivos de Desarrollo del Milenio - ODM.

Ossandon W, M. M. (2003). Eficiencia del derecho penal. El caso de los delitos contra el medio ambiente. *Rev. Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso-Chile*, 379-394.

- Paz, M., Muzio, E., Gemini, V., Magdaleno, A., Rossi, S., Korol, S., & Moretton, J. (2004). Aguas residuales de un centro hospitalario de Buenos Aires, Argentina. Características químicas, biológicas y toxicológicas. *Hig. Sanid. Ambiental*, 83-88.
- Pépin, J.-M. (2006). Impacts ecotoxicologiques de certains médicaments dans l'environnement (Tesis Doctoral Maestría en medio ambiente). Sherbrooke, Quebec. Obtenido de https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7379/cufe_Pepin_essai5.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Petrovic, M., González, S., & et al. (2003). Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. En *Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 22, págs. 685-696).
- Quesada Peñate, I., Jáuregui Haza, U. J., Wilhelm, A. M., & Delmas, H. (2009). Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 40(3). Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/1812/181221662005/>
- Repetto, M., & Repetto K, G. (2009). *Toxicología fundamental*. Sevilla, España: Editorial Díaz de Santos.
- República de Colombia. (26 de Junio de 1084). Decreto 1594. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y ... Colombia: Ministerio de Agricultura.
- República de Colombia. (18 de Diciembre de 1974). Decreto 2811. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Colombia: Ministerio de Ambiente .
- República de Colombia. (1991). *Constitución Política*. Corte Constitucional.
- República de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). Ley 99. Ley General Ambiental. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y

conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental... Colombia.

República de Colombia. (25 de Octubre de 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.

Rivera M, S. (2009). *Mitigación de vulnerabilidad funcional ante amenazas por remoción en masa en Soacha, (una estrategia de planificación para mitigación de riesgos socio-naturales en asentamientos informales)*. Tesis Maestría Planificación Urbana.

Rodríguez L., C. M. (2011). *El derecho penal y el régimen sancionatorio ambiental en Colombia*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3632/2/RodriguezLemosCarolaMilena2011.pdf>

Ruiz G, A. (2005). *La conducta ambiental punible en Colombia*. Obtenido de Escuela Superior de Administración Pública: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/la%20conducta%20ambiental%20punible%20en%20colombia.pdf>

Ryd Ottosson, J., Jamheimer, P.-A., & et al. (2012). A longitudinal study of antimicrobial resistant faecal bacteria in sediments collected from a hospital wastewater system. *Infect Ecol Epidemiol*, 10.

Santa Paella, S., & Martins Pestana, F. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Secretaria Distrital de Ambiente Bogotá. (s.f.). *Concentraciones de Referencia para los Vertimientos Industriales Realizados a la Red de Alcantarillado y de los Vertimientos Industriales y Domésticos Efectuados a Cuerpos de Agua de la Ciudad de Bogotá*. Centro de Investigaciones

en Ingeniería Ambiental – CIIA Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental Universidad de los Andes.

Secretaria Distrital de Salud. (2008). *Caracterización del Sector Salud*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd045364/perfilbogota/cap2.pdf>

Stumpf, M., Ternes, T., Wilken Rodrigues, S., & Baumann, W. (1999). Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 135–141.

Superintendencia de Servicios Públicos. (2018).

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2013). *Informe técnico sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia Imprenta Nacional 2012*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Tamayo y Tamayo, M. (2007). *El proceso de la Investigación Científica*. México: Limusa.

Tzo, E., Arias, M., & Valiente, C. (2004). Efecto de las aguas residuales hospitalarias sobre los patrones de resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Aeromonas sp.* *Revista Biomed*, 3.

Tzoc, E., Arias, M., & et al. (2001). Efecto de las aguas residuales hospitalarias sobre los patrones de resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Aeromonas sp.* *Rev. Biomed*, 15, 165-172.

Ulrich, B. (1998). *Sociedad del Riesgo hacia una nueva modernidad*. Barcelona, España: Editorial Paidós Ibérica.

Ulrich, B. (2002). *La sociedad del riesgo Global*. Barcelona: Editorial Siglo veintiuno.

Universidad de los Andes. (2010). Concentración de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado a cuerpos de agua en Bogotá.

Valencia Hernández, J., Aguirre Fajardo, A., & Ríos Sarmiento, M. (2015). Desafíos de la justicia ambiental y el acceso a la justicia ambiental en el desplazamiento ambiental por efectos asociados al cambio climático. *Revista Luna Azul*, 323-3.

Verlicchi, P., Al Aukidy, & et al. (2012). Hospital Effluent: Investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and Enviromental Risk asseement. *Sci Total Environ*, 109-18.

Zuluaga Q, J. G. (2008). Prevención del daño ecológico por medio de convertirse el tema en parte de la política criminal del Estado. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias humanas.