



**Diagnóstico de la gestión ambiental de vertimientos líquidos hospitalarios en
clínicas estéticas del Valle de Aburrá**

Jairo Andrés Morales Chinchá

Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Gestión Ambiental

Director

Julio César Saldarriaga Molina Doctor (PhD) en Ingeniería

Codirectora

Diana Catalina Rodríguez Loaiza Doctor (PhD) en Ingeniería

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gestión Ambiental

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(Muñoz Zapata & Martínez Naranjo, 2018)
Referencia	Morales, J., & Rodríguez, D., & Saldarriaga, J. (2022). <i>Diagnóstico de la gestión ambiental de vertimientos líquidos hospitalarios en clínicas estéticas del Valle de Aburrá</i> [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Maestría en Gestión Ambiental.

Grupo de Investigación Ingeniería y Gestión Ambiental (GIGA). Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación (GDCON) y Grupo de Investigación en Ingeniería y Gestión Ambiental (GLIMA).

Sede de Investigación Universitaria (SIU).



Centro de documentación ingeniería CENDOI

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN DEL PROYECTO	7
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	14
2.1 DESAFÍOS EN SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	14
2.1.1 Aspectos generales de clínicas y hospitales	15
2.2 SUSTANCIAS PELIGROSAS PROVENIENTES DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS	17
2.2.1 Parámetros fisicoquímicos en vertimientos hospitalarios	17
2.2.2 Contaminantes emergentes en vertimientos hospitalarios	21
2.2.2.1 Medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE)	22
2.2.2.2 Bacterias Resistentes a los Antibióticos (BRA) y genes resistentes a antibióticos” (GRA)	23
2.2.2.3 Microplásticos y los antibióticos	23
2.2.2.4 Residuos Líquidos Anatomopatológicos (RLA)	23
2.2.3 Tratamientos de vertimientos hospitalarios	24
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD EN COLOMBIA	26
2.4 DESAFÍOS DE LAS CLÍNICAS ESTÉTICAS EN ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ	27
2.4.1 Legalidad de prácticas médicas estéticas.	27
2.4.2 Requisitos legales de funcionamiento de clínicas estéticas en Colombia.	27
2.5 PROGRAMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN CENTROS HOSPITALARIOS EN COLOMBIA.	29
2.6 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL EN VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS.	30
2.7 CAMBIOS DE PARADIGMA Y DESAFÍOS ACTUALES EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES	31
3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	32
3.1 OBJETIVO GENERAL	32
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4 METODOLOGÍA	33
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	33
4.2 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	35
4.3 CONSECUCCIÓN DE INFORMACIÓN	37
4.3.1 Levantamiento de información primaria en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	37

4.3.2	Búsqueda de información en entidades encargadas del manejo ambiental en vertimientos.	38
4.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ENCONTRADA	39
4.4.1	Análisis Estadístico de las Encuestas	39
4.4.2	Análisis estadístico de la base de datos de EPM	39
4.4.2.1	Parámetros fisicoquímicos analizados	39
5	RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
5.1	ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	41
5.1.1	Análisis Bibliométrico de palabras clave “Emerging + pollutants + wastewater”	41
5.2	ANÁLISIS DE ENCUESTAS EN CLINICAS ESTÉTICAS DEL VALLE DE ABURRÁ.	46
5.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
5.3.1	Depuración de la información de base de datos de EPM	53
5.3.1.1	Cálculo del coeficiente variación	54
5.3.2	Matriz de covarianza, PCA y RDA en RStudio	59
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
7	AGRADECIMIENTOS	67
8	BIBLIOGRAFIA	68
9	ANEXOS	76
9.1	TABLA 29. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) de las actividades de servicios y otras actividades a cumplir, Artículo 14 del Decreto 631 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 2015.	76
9.2	ENCUESTA REALIZADA EN LAS CLÍNICAS ESTÉTICAS DEL VALLE DE ABURRÁ	77
9.3	RESPUESTA DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS DE CLÍNICAS ESTÉTICAS.	82
9.4	RESPUESTA DE EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN EPM, FRENTE AL REDIRECCIONAMIENTO DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ POR LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS DE CLÍNICAS ESTÉTICAS.	85
9.5	DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS USADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN	87
9.5.1	TABLA 30. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS QUIRÚRGICOS	87
9.5.2	TABLA 31. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS NO QUIRÚRGICOS	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia entre hospitales y clínicas. Adaptado de (Llordachs, 2021).	15
Tabla 2. Niveles de Complejidad y Niveles de Atención en Colombia.	16
Tabla 3. Valores promedio en DBO ₅ , DQO y SS en Vertimientos. Fuente: Verlicchi et al. (2010).	18
Tabla 4. Aportes en gramos/día en vertimientos por persona. Adaptado de: Verlicchi et al. (2010).	18
Tabla 5. Valores de parámetros fisicoquímicos exigidos en Colombia.	19
Tabla 6. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en diversos vertimientos urbanos.	20
Tabla 7. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en lavanderías hospitalarias del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente EPM	20
Tabla 8. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en sedes hospitalarias del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente EPM	20
Tabla 9. Información de RLA en Colombia. Fuente (García, 2018).	24
Tabla 10. Antecedentes normativos en vertimientos como aspecto ambiental en Colombia.	28
Tabla 11. Estrategias regulatorias para el monitoreo en aguas residuales recicladas. .	31
Tabla 12. Tratamiento de vertimientos especiales en algunos países de Europa. (Carraro et al., 2016)	29
Tabla 13. Regulaciones o directrices sobre Vertimientos hospitalarios (Yan et al., 2020)	29
Tabla 14. Niveles de atención de Instituciones - IPS en el Valle de Aburra.	34
Tabla 15. Palabras claves, combinaciones usadas en Dimensions (12/9/2021).....	35
Tabla 16. Categorías de investigación con palabras claves y correlaciones en Dimensions (12/9/2021)	36
Tabla 17. Factores y niveles para identificación y clasificación de las clínicas estéticas.	37
Tabla 18. Parámetros exigidos para vertimientos líquidos hospitalarios en Colombia. .	39
Tabla 19. Coocurrencia de palabras más usadas en búsqueda con palabras clave emerging, pollutants y wastewater	44
Tabla 20. Insumos más usados en las clínicas estéticas.	50
Tabla 21. Abreviaturas de variables, base de datos de EPM. Fuente: Elaboración propia.	53
Tabla 22. Coeficiente de variación para parámetros fisicoquímicos en 2019.....	55
Tabla 23. Coeficiente de variación para parámetros fisicoquímicos en 2020.....	56
Tabla 24. Comparación de coeficientes de variación de 2019 y 2020	57
Tabla 25. Parámetros para análisis estadístico en RStudio	59
Tabla 26. Aportes de cada componente principal en 2019 y 2020.....	63
Tabla 27. Variables respuesta y Variables explicativas en Base de datos de EPM	63
Tabla 28. Varianzas explicadas por los modelo restringido y no restringido	64

9.1	TABLA 29. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) de las actividades de servicios y otras actividades a cumplir, Artículo 14 del Decreto 631 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 2015.	76
9.5.1	TABLA 30. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS QUIRÚRGICOS.....	87
9.5.2	TABLA 31. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS NO QUIRÚRGICOS	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con posibles aplicaciones a los vertimientos hospitalarios (Lutterbeck et al., 2020).	25
Figura 2. Prestadores del Sistema General de Seguridad Social en Salud en Colombia.	26
Figura 3. Zona de mayor concentración de clínicas estéticas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	33
Figura 4. Clasificación de 92 autores que tienen al menos cinco publicaciones en coautoría con palabras claves emerging, pollutants y wastewater.	41
Figura 5. Clasificación de principales autores conectados con palabras claves emerging, pollutants y wastewater.	42
Figura 6. Número de publicaciones por año con palabras claves emerging, pollutants y wastewater	42
Figura 7. Países con mayor investigación, palabras claves emerging, pollutants y wastewater.	43
Figura 8. Países con mayor investigación relacionados con Colombia, usando palabras claves emerging, pollutants y wastewater.	43
Figura 9. Coocurrencia en datos de texto a través de los años usando palabras claves emerging, pollutants y wastewater.	45
Figura 10. Coocurrencia palabras claves y sus asociaciones más comunes, a partir de palabras claves emerging, pollutants y wastewater.....	45
Figura 11. Ubicación según estrato de las clínicas estéticas.	46
Figura 12. Procedimientos quirúrgicos estéticos practicados.	47
Figura 13. Procedimientos estéticos no quirúrgicos practicados.	48
Figura 14. Grado de cumplimiento de la normatividad colombiana en vertimientos.	49
Figura 15. Parámetros monitoreados que están por fuera de los límites permitidos. ...	49
Figura 16. Prácticas de seguimiento apropiado a vertimientos hospitalarios según directrices de la OMS	50
Figura 17. Sistemas o tratamientos de aguas residuales usados.....	51
Figura 18. Impedimentos para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.	52
Figura 19. Cajas y bigotes para base de datos 2019.....	58
Figura 20. Cajas y bigotes para base de datos 2020.....	58
Figura 21. Matriz de correlaciones 2019.....	60
Figura 22. Matriz de correlaciones 2020.....	60
Figura 23. Matriz de correlaciones 2019, sin las variables de la longitud de onda y metales.....	60
Figura 24. Matriz de correlaciones 2020, sin las variables de la longitud de onda y metales.....	60
Figura 25. PCA para 2019	61
Figura 26. PCA para 2020	61
Figura 27. Contribución de las variables en PCA para el 2019.....	62
Figura 28. Contribución de las variables en PCA para el 2020.....	62

RESUMEN DEL PROYECTO

Actualmente los vertimientos hospitalarios de Clínicas Estéticas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá tienen desafíos en sostenibilidad ambiental, debido al desconocimiento de algunos aspectos ambientales asociados entre otros, con los contaminantes emergentes y su impacto en la comunidad, flora y fauna. La Resolución 631 de 2015 rige actualmente en Colombia para las condiciones relacionadas con el tema de vertimientos. Sin embargo, el desconocimiento del impacto ambiental en materia de vertimientos en clínicas estéticas, así como los desafíos al aplicar las normas existentes, hace que no haya claridad en las políticas ambientales y en la normatividad, que permita monitorear este tipo de vertimientos por parte de las Autoridades Ambientales competentes. Por tanto, es pertinente examinar cuál es el panorama en investigación de estos temas a nivel mundial, y realizar un diagnóstico a partir de la información disponible en Empresas Públicas de Medellín EPM, que en el área metropolitana funge como operador competente para reportar la calidad de los vertimientos de las diversas fuentes, así como el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) que es la CAR responsable como Autoridad Ambiental de las clínicas estéticas que hacen parte de su jurisdicción. Para la evaluación y clasificación de la información de las investigaciones alrededor del mundo, se usó la base de datos Dimensions y para el análisis de clasificación tipo clúster, se utilizó el software Vosviewer. También se realizó un análisis estadístico a la base de datos suministrada por la empresa EPM con los siguientes objetivos. Primero usando la desviación estándar y el coeficiente de variación para observar y comparar la dispersión de la información perteneciente a cada parámetro y su cumplimiento con la norma. Luego empleando el software RStudio se buscó esclarecer posibles correlaciones entre los parámetros reportados usando la matriz de correlaciones y por medio de un análisis exploratorio de datos por componentes principales (PCA) para conocer cual o cuales de los parámetros fisicoquímicos son los más relevantes para un seguimiento continuo. Por último, se diseñó una encuesta para las clínicas estéticas con el fin de conocer cuáles son los desafíos y problemáticas a los que se enfrentan en temas de vertimientos. Los hallazgos de la revisión bibliográfica, el análisis estadístico de la base de datos de EPM y la encuesta de las clínicas estéticas, permitieron dimensionar la necesidad de trazar una ruta en investigación y seguimiento sobre la calidad de vertimientos hospitalarios en las clínicas estéticas. Las matrices de correlaciones obtenidas a partir de la base de datos para los años 2019 y 2020 respectivamente mostraron que los altos valores entre variables reportadas corresponden a variables que están correlacionadas directa o inversamente proporcional como lo es el caso del DBO_5 , DQO y SST. Por su parte el análisis por componentes principales mostró diferentes valores para cada año, así como el peso de cada variable. Si bien, en el año 2019 las variables que ejercían más peso para la primera componente eran los valores de DQO y DBO_5 respectivamente, el valor de la alcalinidad total (ALCT) era la que tenía más peso en la segunda componente. Pero en el año 2020, fueron los SST, las variables que tuvo mayor relevancia para la primera componente principal y los aportes de la DQO, alcalinidad total (ALCT), nitrógeno total (NT) y DBO_5 para la segunda componente. No fue posible establecer otro tipo de correlaciones con las demás variables implicadas, siendo necesario en estos casos poseer más información (un mayor número de años y datos), para observar si este tipo de correlaciones mantienen una tendencia al pasar el tiempo.

Por tanto, se deberá continuar con la vigilancia en cuanto a los vertimientos hídricos, especialmente para los parámetros DBO₅, DQO, SST, grasas y aceites entre otros que son actualmente evaluados por la normatividad. Por último, este tipo de investigaciones pretenden plantear un punto de partida y de referencia, para realizar acciones preventivas y no correctivas a las que se está habituado en problemas ambientales. Lo anterior implica un cambio en el paradigma en estamentos político, social y empresarial, que aseguren una mayor sostenibilidad ambiental y mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

Palabras clave: Clínicas estéticas, vertimientos hospitalarios, gestión ambiental, normatividad ambiental, diagnóstico ambiental

ABSTRACT

Currently, hospital discharges from Aesthetic Clinics in the Metropolitan Area of the Aburrá Valley have challenges in environmental sustainability, due to the lack of knowledge of some environmental aspects associated, among others, with emerging pollutants and their impact on the community, flora and fauna. Resolution 631 of 2015 currently governs in Colombia for conditions related to the issue of discharges. However, the lack of knowledge of the environmental impact in terms of discharges in aesthetic clinics, as well as the challenges when applying the existing regulations, means that there is no clarity in the environmental policies and regulations, which allow monitoring this type of discharges by the competent Environmental Authorities. Therefore, it is pertinent to examine what is the panorama in research on these issues worldwide, and to make a diagnosis based on the information available in Empresas Públicas de Medellín EPM, which in the metropolitan area acts as the competent operator to report the quality of discharges from the various sources, as well as the Metropolitan Area of the Aburrá Valley (AMVA), which is the CAR responsible as Environmental Authority of the aesthetic clinics that are part of its jurisdiction. The Dimensions database was used for the evaluation and classification of the information from the investigations around the world, and the Vosviewer software was used for the cluster analysis. A statistical analysis was also performed on the database provided by the EPM company with the following objectives. First, using the standard deviation and the coefficient of variation to observe and compare the dispersion of the information pertaining to each parameter and its compliance with the standard. Then, using RStudio software, we sought to clarify possible correlations between the reported parameters using the correlation matrix and by means of an exploratory analysis of data by principal components (PCA) to determine which of the physicochemical parameters are the most relevant for continuous monitoring. Finally, a survey was designed for the aesthetic clinics to find out what are the challenges and problems they face in terms of discharges. The findings of the bibliographic review, the statistical analysis of the EPM database and the survey of the esthetic clinics allowed us to determine the need to trace a route for research and follow-up on the quality of hospital wastewater discharges in the esthetic clinics. The correlation matrices obtained from the database for the years 2019 and 2020 respectively showed that the high values between reported variables correspond to variables that are correlated directly or inversely proportional as is the case of BOD5, COD and TSS. The principal component analysis showed different values for each year, as well as the weight of each variable. While in 2019 the variables that exerted more weight for the first component were the values of COD and BOD5 respectively, the value of total alkalinity (ALCT) was the one that had more weight in the second component. But in 2020, TSS was the most relevant variable for the first principal component and the contributions of COD, total alkalinity (ALCT), total nitrogen (TN) and BOD5 for the second component. It was not possible to establish other types of correlations with the other variables involved, being necessary in these cases to have more information (a greater number of years and data), to observe if these types of correlations maintain a trend over time.

Therefore, it will be necessary to continue with the monitoring of water discharges, especially for the parameters BOD5, COD, TSS, fats and oils, among others that are currently evaluated by the regulations. Finally, this type of research aims to provide a

starting and reference point for preventive actions and not the corrective ones that we are accustomed to in environmental problems. This implies a change in the paradigm in the political, social and business sectors to ensure greater environmental sustainability and improve the quality of life of the population.

Key words: aesthetic clinics, hospital discharges, environmental management, environmental regulations, environmental diagnosis.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de vertimientos hospitalarios en las clínicas estéticas tanto en Colombia de forma general, como en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), representa un gran desafío a nivel ambiental, jurídico y social. En Colombia, la gestión ambiental en instituciones prestadoras de salud se enfoca en la aplicación de las normas ISO 14000, que hacen referencia a los sistemas de gestión ambiental de las organizaciones y que corresponden al manejo de los residuos sólidos hospitalarios (Rodríguez et al., 2016), sin embargo, es necesario investigar los aspectos ambientales que producen un impacto negativo, tales como el consumo de agua y energía, el manejo y disposición final de alimentos y medicamentos, residuos de tejidos, soluciones contaminadas o las provenientes por el lavado de elementos contaminados, entre otros, y que pueden producir implicaciones epidemiológicas en las comunidades afectadas (Miarov et al., 2020).

Desde la Organización Mundial de la Salud (OMS) y para todo el mundo, se planteó un reto para disminuir el impacto ambiental en el sector salud, desarrollando la agenda de hospitales verdes y saludables (Karliner et al., 2011). Según Gil et al. (2019), de 96 hospitales adscritos a la red de hospitales verdes y saludables en Colombia, solo 58 cumplieron con la reducción del consumo de agua, 12 implementaron medidas de conservación, reciclado y tratamiento y 35 de ellos promovieron la salud ambiental pública, suministrando agua potable a la comunidad entre los años 2013 a 2017.

En Colombia los principales residuos líquidos que genera una entidad prestadora de salud provienen de los estrictos protocolos de limpieza y desinfección. En este aspecto, se calcula que los vertimientos hospitalarios derivados de estos procesos asistenciales representan el 90% de los residuos líquidos generados, que se caracterizan por tener altos valores de alcalinidad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), grasas y aceites y sólidos suspendidos (Suarez, 2018). De otro lado, los nuevos hallazgos reportados en las aguas residuales, indican la presencia de otros compuestos de interés, por lo que aparecen nuevas técnicas y tecnologías analíticas, que permiten la determinación o detección de los denominados contaminantes emergentes (CE) que, además están presentes en concentraciones extremadamente bajas, en matrices complejas de fases acuosas y sólidas (Hena et al., 2021). Estos CE, se definen como contaminantes previamente desconocidos o no reconocidos, (se sabe que sólo algunos de ellos, se encuentran regulados, tal es el caso de las iniciativas de la Unión Europea en la Directiva 2013/39 y en la Decisión de Ejecución (UE) 2020/1161 de la Comisión de 4 de agosto de 2020) y cuyos efectos sobre la salud y el medio ambiente aún no se conocen suficientemente.

Los contaminantes emergentes se pueden dividir en varias categorías: esteroides y hormonas, productos farmacéuticos y de cuidado personal, antisépticos, tensoactivos, productos de desinfección, colorantes, conservantes, etc. (Petrovic et al., 2003). La presencia de estos contaminantes en los diferentes ecosistemas no es nueva, pero surge la preocupación por sus posibles consecuencias y su impacto en los diferentes ambientes, debido a su alta producción, consumo masivo e introducción continua al medio ambiente año tras año (Cuerda et al., 2020). Otros estudios se han enfocado en

procesos avanzados de oxidación que incluyen fotocátalisis heterogénea y técnicas basadas en ultrasonido para el tratamiento de estos contaminantes emergentes (Estrada et al., 2020).

Otra dificultad procede de la falta de claridad en la ejecución de la normatividad correspondiente a los vertimientos hospitalarios. Algunos autores declaran que debería ser establecida por especialistas idóneos en el campo ambiental e investigativo (Thakre, 2019). Sin embargo, la legislación colombiana de vertimientos en sus inicios evidenció los siguientes desafíos: "(i) un mal diseño de la norma inicial, debido a que algunas reglamentaciones están desarticuladas (ii) una inadecuada interpretación legal sobre la norma, que resulta en un desorden interpretativo en la forma de aplicar dichas normas por parte de las autoridades ambientales (Henao y Gómez, 2018). En general se observa que alrededor del mundo existen pautas para los métodos de tratamiento vertimientos hospitalarios, pero la legislación en los principales países industrializados no contiene límites permisibles para este tipo de residuos.

Por su parte, Zhao et al. (2020) realizaron un análisis bibliométrico y revisión sistemática con Inteligencia Artificial (IA), sobre temas y discusiones alrededor del tratamiento de aguas residuales, tecnologías, economía, gestión y reutilización del recurso hídrico en el mundo. De lo encontrado, cabe resaltar las iniciativas en la reducción de los costos operativos hasta en un 30% al disminuir el consumo de energía, además de respaldar el desarrollo sostenible del tratamiento de aguas residuales mediante la reutilización del agua, a la vez que se mejora la calidad ambiental de este recurso y generando beneficios económicos.

Este panorama permite indicar que, los vertimientos hospitalarios y sus temas conexos, siguen siendo actuales y que continúan cobrando cada vez, mayor relevancia. Lo anterior, soportado también, en los trabajos que entregan los centros de investigación, entidades ambientales y oficinas responsables de aspectos legislativos y de norma, en el ámbito mundial. En Colombia, las clínicas estéticas tienen diferentes desafíos con respecto a los vertimientos hospitalarios: primero, se debe diagnosticar cuáles son las dificultades en la implementación de la normatividad; segundo, explorar cuáles podrían ser las posibles adecuaciones alrededor del contexto sociocultural en el lugar donde se generen para el cumplimiento de la normatividad; adicionalmente, un tercero (entre otros posibles), establecer programas de gestión ambiental claros, amparados en la ley colombiana y en lineamientos internacionales para el tratamiento de dicho vertimientos.

Todo este panorama conduce a la siguiente pregunta de estudio: ¿Cuál es el estado actual del manejo ambiental de los vertimientos líquidos, generados en las Clínicas Estéticas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, según los reportes de los años 2019 y 2020? La Hipótesis del proyecto parte de los siguientes aspectos a analizar:

- a) La falta de claridad en la implementación de la norma actual colombiana en materia de vertimientos ha causado una lectura diferencial en la forma de aplicar dichas normas en las Clínicas Estéticas.
- b) La falta de conciencia ambiental asociada con los vertimientos líquidos en las Clínicas Estéticas en Colombia hace que no existan políticas ambientales claras y

normatividad específica, enfocadas en monitorear este tipo de vertimientos por parte de las Autoridades Ambientales competentes. Los estudios que se han realizado en Colombia han abordado tan sólo a los hospitales y entidades prestadoras de salud, sin embargo, se desconoce sobre el comportamiento de los vertimientos de clínicas estéticas que tienen unas características inherentes y propias de sus actividades.

Estos dos aspectos llevan a pensar en la posible variabilidad que puede darse en el tratamiento de los vertimientos de las clínicas estéticas, según el enfoque propio de cada clínica y los procesos que allí se apliquen, tal y como se muestran en la sección 4.3.1 de esta investigación, así como en el anexo 9.5.

Una vez obtenido el panorama del manejo de vertimientos hospitalarios en el AMVA, se busca brindar propuestas de mejoramiento en gestión ambiental que permitan acercarse más al cumplimiento de las normas vigentes y disminuir los impactos ambientales propios de estas actividades.

2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Entre las iniciativas que se encuentran a nivel global sobre el manejo adecuado de las fuentes hídricas, se destaca el objetivo No. 6 de Desarrollo Sostenible de la ONU cuyo objetivo es “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Por otro lado, en el ítem 6.3 de dicho objetivo, se plantea el siguiente reto: “De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial. También, el literal 6.a, propone como meta para el mismo año, “la ampliación en la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo en el uso eficiente de los recursos hídricos, el tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización (ODS, 2019).

2.1 DESAFÍOS EN SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

En los últimos años, los vertimientos hospitalarios se han convertido en un desafío para la sostenibilidad ambiental en los ecosistemas ligados a cuerpos de agua (Carraro et al., 2016). Algunas consideraciones frente al consumo de agua potable en hospitales, puede correlacionarse de un lado, con el número de camas, cuyo valor se estima entre 0,2 m³ a 0,4 m³ por cama-día, siendo los valores más altos, los provenientes de los países industrializados y los más bajos de los países en desarrollo (Verlicchi et al., 2010). Otros autores afirman que estos valores pueden oscilar entre 0,4 m³ a 1,2 m³ por cama-día en pacientes hospitalarios, en comparación al promedio de 0,1 m³ por día que puede gastar una persona en una zona urbana (Perrodin et al., 2013). Igualmente, se reporta valores de consumo estimado por paciente externo, que van de 0,05 m³ a 0,10 m³ por día y por procedimiento quirúrgico, se estima un valor de 0,1m³ por día (Hocaoglu et al., 2021). Estas variaciones se asocian de acuerdo con las diferentes especialidades que se dan en un hospital.

También, se consideran vertimientos generados a partir de las actividades hospitalarias, se pueden diferenciar en dos clases según las directrices de la organización mundial de la salud – OMS (WHO, 2014):

1. **Descargas domésticas.** Son consideradas como producto de actividades no médicas: cocinas, lavanderías e inodoros de salas normales.
2. **Descargas de actividades médicas.** Se encuentran entre estas actividades de atención, análisis e investigación: operaciones, emergencias, primeros auxilios, laboratorios, diagnóstico, radiología, entre otros. Entre las sustancias que pueden estar contenidas en los vertimientos hospitalarios y que tienen características como agentes radiactivos, infecciosos o tóxicos se encuentran: desinfectantes, detergentes, heces o excretas contagiosas, líquidos biológicos, residuos de medicamentos, radioelementos metálicos, ácidos, álcalis, solventes, hidrocarburos, colorantes, entre otros.

Estas sustancias peligrosas pueden generar enfermedades, actividad genotóxica o citotóxica en seres vivos y un impacto ambiental por la contaminación de los recursos hídricos y suelos (Olalla et al., 2018). Se ha encontrado que los vertimientos hospitalarios son reconocidos como una de las principales fuentes de liberación de productos farmacéuticos al medio ambiente, que contienen concentraciones más altas de componentes farmacéuticos y orgánicos que las aguas residuales domésticas (Bertrand, 2018).

Por su parte, Colombia que aunque posee una riqueza hídrica, no ha sido ajena a la problemática de la contaminación por vertimientos hospitalarios, actualmente ocupa el sexto lugar entre los países del mundo con mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables, después de Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos y China, y el primero en disponibilidad de agua por km² (Álvarez et al., 2021). Sin embargo, algunas de sus poblaciones, entre ellas Tumaco (región localizada en el pacífico colombiano), ha sido evaluada en sus vertimientos hospitalarios, ya que sus aguas residuales llegan incluso a los manglares sin ningún tratamiento. Se reporta esta región, debido a la alta necesidad de protección ambiental, pues es una de las zonas de mayor biodiversidad acuática de América del Sur (Serna et al., 2019). Para la región en mención y seguramente, muchas otras, deberán ser objeto de múltiples investigaciones sobre la aplicación de procesos eficientes para tratar los vertimientos hospitalarios y limitar la entrada continua de sustancias peligrosas.

2.1.1 Aspectos generales de clínicas y hospitales

Si bien ambos términos se pueden usar de manera indistinta, actualmente en las instituciones de salud, hay diferencias que pueden marcar la calidad de los vertimientos hospitalarios generados en estas entidades (Llordachs, 2021). La Tabla 1, resume las diferencias o similitudes más significativas entre estos dos términos en España. En Colombia los hospitales tienden a ser de carácter público, tienen mayor capacidad de atención en servicios e investigación. Por su parte, las clínicas son privadas y aunque pueden realizar las mismas funciones que un hospital, se verá limitada a su capacidad económica y generalmente se enfocan en ofrecer ciertas especialidades de atención.

Tabla 1. Diferencia entre hospitales y clínicas. Adaptado de (Llordachs, 2021).

	HOSPITAL	CLÍNICA
DEFINICIÓN	Establecimiento destinado al diagnóstico médico y tratamiento de enfermos, donde a menudo se practica la investigación y la docencia.	Establecimiento sanitario, generalmente privado, donde se diagnostica y trata la enfermedad de un paciente, que puede estar ingresado o ser atendido en forma ambulatoria.
PRECIO	Por norma general, se relaciona con la atención sanitaria gratuita, aunque pueden existir privados o mixtos.	Atención de pago o privada, en algunos casos puede existir algún tipo de financiación del estado.
HORARIOS	En general, permanecen abiertos las 24 horas del día.	Generalmente tienen un horario limitado, aunque algunas ofrecen servicios 24 horas.
FUNCIÓN	Es el sitio al que acuden la mayoría de las personas ante una emergencia médica. Tratamientos ambulatorios como de ingresados.	En un primer momento, eran pensadas solo para el diagnóstico y el tratamiento ambulatorio. Actualmente ya también permiten ingresados.

Además, en Colombia la denominación de *Niveles de Complejidad y Niveles de Atención*, viene siendo desarrollada desde antes de la Ley 100/93, con un antecedente inicial en la Ley 10 de 1990 y en el Decreto 1760 de 1990 (Sarmiento, 2009). Estas definiciones se ajustan luego del año 1993 y la Resolución 5261 del Ministerio de Salud y Protección Social (1994), hace la precisión sobre los Niveles de Complejidad estableciendo la siguiente clasificación resumida en la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles de Complejidad y Niveles de Atención en Colombia.
Adaptado de (Sarmiento, 2009) y Resolución 5261 de 1994.

	Ley 10 de 1990, Decreto 1760 de 1990	Niveles de Atención quirúrgica	Acuerdo 306 del CNSSS*, basado en artículos 91 a 94 de la Resolución 5261/94	Tipos de atención, pruebas, exámenes entre otros según Resolución 5261/94	Decreto 1011 de 2006 y Resolución 1043/2006
NIVEL I	Médico general y/o personal auxiliar y/o paramédico y/o de otros profesionales de la salud no especializados.	GRUPOS QUIRÚRGICOS 01, 02, 03.	Médico General y/o personal auxiliar, y otros profesionales de la salud	TITULO I. Desarrollo plan obligatorio de salud, pos, para el Nivel I de Complejidad. Artículos del 96 al 104	Baja
NIVEL II	Médico general y/o profesional paramédico con interconsulta, remisión y/o asesoría de personal o recursos especializados.	GRUPOS QUIRÚRGICOS 04, 05, 06, 07, 08.	Médico General con Interconsulta, remisión, y/o asesoría de personal o recursos especializados.	TITULO II. Desarrollo del plan obligatorio de salud para el NIVEL II de Complejidad. Artículos del 105 al 109	Mediana
NIVEL III	Médico especialista con la participación del médico general y/o profesional paramédico.	GRUPOS QUIRÚRGICOS 09 Y SIGUIENTES.	Médico Especialista con la participación del médico general.	TITULO III. Desarrollo de plan obligatorio de salud para el NIVEL III de Complejidad. Artículos del 110 al 115	Alta Complejidad
NIVEL IV	Médico especialista con la participación del médico general y/o profesional paramédico.	Se establece de acuerdo con el procedimiento practicado en las patologías CATASTRÓFICAS.	Médico Especialista con la participación del médico general.	TITULO IV. Desarrollo del plan obligatorio de salud para el NIVEL IV. Atención de patologías de tipo catastrófico. Artículos 117.	

* CNSSS = Consejo Nacional de Seguridad Social en Salud

2.2 SUSTANCIAS PELIGROSAS PROVENIENTES DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS

Los vertimientos líquidos hospitalarios al provenir de pacientes con diversas patologías, enfermedades y tratamientos, así como las sustancias usadas para los protocolos de limpieza tienen características únicas y diferentes a los generados por vertimientos urbanos, generando una acción contaminante y posibles efectos tóxicos. Para una mejor comprensión estas sustancias contaminantes que están contenidas en este tipo de vertimientos se pueden clasificar en dos grandes bloques en función de los tratamientos usados para su degradación. Un primer bloque, serían los parámetros fisicoquímicos tales como, la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), los Sólidos Suspendidos (SS) o Sólidos Suspendidos Totales (SST), Grasas y aceites, entre otros, los cuales usan tratamientos primarios y secundarios para cumplir los lineamientos exigidos por la normatividad (Colombia & MADS, 2015). Luego, un segundo bloque, incluye los contaminantes recalcitrantes y emergentes para los cuales se realizan tratamientos terciarios y cuaternarios (algunos autores simplemente los llaman tratamientos complementarios), ya que las actuales plantas de tratamiento no están diseñadas para eliminarlos, haciendo que muchas veces se descargan directamente en ríos, arroyos y lagos (Miarov et al., 2020). De manera similar, otros autores realizan la misma diferenciación entre contaminantes, es decir, los diversos parámetros fisicoquímicos medidos y los microcontaminantes o contaminantes emergentes (Hocaoglu et al., 2021).

2.2.1 Parámetros fisicoquímicos en vertimientos hospitalarios

En general, la caracterización de vertimientos generados en establecimientos de salud puede presentar valores similares a las aguas residuales urbanas en términos de carga orgánica: DBO₅ de 50 a 400 mg/L, DQO de 150 a 800 mg/L, SST de 60 a 200 mg/L y COT (carbono orgánico total) de 50 a 300 mg/L (Lutterbeck et al., 2020). De ahí, es que se llegan a considerar que los vertimientos hospitalarios en términos de parámetros fisicoquímicos tienen características similares a los vertimientos domésticos (Hocaoglu et al., 2021). Sin embargo, la carga total contaminante de los vertimientos hospitalarios pueden tener una toxicidad de entre 5 a 15 veces mayor que un efluente urbano y la contaminación producida por un hospital con 1000 camas con lavandería interna, es tan contaminante como una ciudad de 10.000 habitantes (Boillot et al., 2008).

Por otro lado, Verlicchi et al. (2010), indagaron sobre la cantidad de contaminantes convencionales en vertimientos hospitalarios originados por los pacientes, en función del número de camas y ubicación del hospital, donde, los hospitales que fueron tenidos en cuenta tenían una capacidad entre 60 y 900 camas y de los siguientes países: Canadá, Francia, Grecia India, Irán, Italia, Tailandia, y Turquía. Los valores promedio reportados en la

Tabla 3, presentan una comparación entre la concentración de los parámetros medidos en vertimientos hospitalarios y urbanos de una misma localidad. La Tabla 4, muestra los aportes comparativos (g/día), de un paciente versus el realizado por un habitante local.

Tabla 3. Valores promedio en DBO₅, DQO y SS en Vertimientos. Fuente: Verlicchi et al. (2010).

Parámetro	Vertimientos hospitalarios	Vertimientos urbanos	Proporción entre vertimientos
DBO ₅ (mg /L)	200	90	2.2
DQO (mg /L)	500	170	2.9
SS (mg /L)	160	60	2.7

Tabla 4. Aportes en gramos/día en vertimientos por persona. Adaptado de: Verlicchi et al. (2010).

Parámetro	Aporte por paciente Vertimiento hospitalario	Aporte por habitante Vertimiento urbano
DBO ₅ (g/día)	160	60
DQO (g/día)	260-300	100 -120
SS (g/día)	120-150	70-90

En estos hallazgos se puede observar que los tres parámetros generados en vertimientos hospitalarios mantienen una relación aproximada de dos a tres veces mayor que los vertimientos urbanos. Por lo tanto, diversos autores sugieren realizar un tratamiento preventivo en los vertimientos hospitalarios, colocando un especial cuidado en sus lavanderías, y de esta manera, evitar la dilución con la mezcla de aguas residuales urbanas y aminorar el impacto ambiental en los cuerpos de agua (Lutterbeck et al., 2020). En la Tabla 5, se muestran los valores de los parámetros fisicoquímicos máximos permitidos en Colombia consignados en el artículo 14 de la resolución 631 de 2015 (Colombia & MADS, 2015). Se puede observar que el valor de DBO₅ coincide con los hallazgos reportados en la

Tabla 3, sin embargo, los valores de DQO y SST tienen mayor rigor de exigencia.

Tabla 5. Valores de parámetros fisicoquímicos exigidos en Colombia.
Fuente (Colombia & Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015).

PARÁMETRO	UNIDAD	ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - ATENCIÓN MÉDICA CON Y SIN INTERNACIÓN	ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - HEMODIÁLISIS Y DIÁLISIS PERITONEAL	POMPAS FÚNEBRES Y ACTIVIDADES RELACIONADAS
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,00	800,00	600,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	150,00	600,00	250,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50,00	100,00	100,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	1,00	1,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	10,00	20,00
Fenoles	mg/L		0,20	0,20
Formaldehído	mg/L			Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo				
Ortofosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones				
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,50		
Metales y Metaloides				
Cadmio (Cd)	mg/L	0,05	0,05	
Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50	
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,01	
Plata (Ag)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Plomo (Pb)	mg/L	0,10		0,10
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálrica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

En la Tabla 6, se muestra un resumen correspondiente a los aportes de biodegradabilidad y proporciones de materia orgánica a nutrientes de aguas residuales urbanas e industriales en la república de Benín en el oeste de África (Arê mou et al., 2021). Esta información ofrece una base de cómo abordar con el tratamiento adecuado, las diversas problemáticas en estos vertimientos.

Tabla 6. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en diversos vertimientos urbanos. Adaptado de Arê mou et al., (2021).

Vertimientos Urbanos	DBO ₅ : DQO	DQO: N: P
Agua gris	0,46	100 / 7,82 / 2,92
Agua residual	0,61	100 / 2,32 / 0,50
Lavandería comercial	0,29	100 / 7,13 / 21,15
Hospitalarios	0,46	100 / 6,09 / 1,76
Aguas residuales farmacéuticas	0,12	100 / 0,19 / 0,08

La Tabla 7 y la Tabla 8 muestran los valores de aportes de biodegradabilidad y proporciones de materia orgánica encontradas en algunas lavanderías hospitalarias y clínicas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá respectivamente. La caracterización se realiza previamente al descargar al alcantarrillado según la disposición de EPM. El valor promedio de la relación de DBO₅ y DQO en las lavanderías, está entre los valores reportados por las lavanderías comerciales y hospitalarios reportados en la Tabla 6. Además, la relación de materia orgánica (contenidos en proteínas pertenecientes a residuos de sangre, grasas, y tejidos) nos permitiría en primera instancia plantear como solución un tratamiento biológico. Sin embargo, estos vertimientos contienen residuos farmacéuticos o compuestos recalcitrantes que necesitan otro tipo de tratamientos. El panorama es similar para los valores promedio reportados en algunas sedes hospitalarias del Área metropolitana del valle de Aburrá

Tabla 7. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en lavanderías hospitalarias del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente EPM

	DBO ₅ : DQO	DQO /N/P
2019	0,39	100/5,40/0,89
2020	0,30	100/15,35/0,60
Promedio	0,35	100/10,38/0,75

Tabla 8. Proporciones de biodegradabilidad y de materia orgánica en sedes hospitalarias del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Fuente EPM

	DBO ₅ : DQO	DQO /N/P
2019	0,44	100/18,66/0,77
2020	0,44	100/15,69/1,84
Promedio	0,44	100/17,18/1,31

Este breve panorama en general sugiere que se debe prestar atención a los vertimientos hospitalarios, además los problemas de salubridad que pueden ocasionar, también se puede encontrar una falta de claridad en la normatividad que especifique una directriz clara sobre los límites permisibles de todos los contaminantes contenidos en este tipo de vertimientos (Khan et al., 2022). Sin embargo, una de las limitantes a la hora de implementar cualquier tipo de tratamiento en una institución de salud, es que la mayoría en sus diseños estructurales o arquitectónicos, inicialmente no contemplan la construcción de plantas de tratamiento en un futuro. Según los hallazgos encontrados en esta investigación se observó casos de clínicas estéticas en que se debería sacrificar otros espacios como los estacionamientos, garajes o zonas comunes, so pena de incumplir las recomendaciones o advertencias de las entidades ambientales.

Por último, en la actualidad, para optimizar el monitoreo de los vertimientos que llegan a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se han realizado estudios sobre

la aplicación de Inteligencia Artificial (IA) que ayudaría a superar las limitaciones propias del monitoreo y permitiría cumplir con los estándares legales exigidos en cada país (Zhao et al., 2020). Además, la IA permitiría que las PTAR sean más eficientes en consumo energético y reciclaje de recursos, aspectos que se podrían extender a los posibles tratamientos que se realicen en vertimientos hospitalarios.

2.2.2 Contaminantes emergentes en vertimientos hospitalarios

En los últimos años, el desarrollo de nuevas técnicas analíticas acopladas como las cromatografías tanto líquida como de gases, en conjunto con la espectrometría de masas, han hecho posible la detección de compuestos presentes en concentraciones extremadamente bajas en matrices complejas de fases acuosas y sólidas, denominados globalmente como “contaminantes emergentes” (Hena et al., 2021). Su concentración en vertimientos hospitalarios y urbanos, se debe valorar considerando la combinación de tres factores principales: cantidad administrada en una persona, porcentaje excretado y características químicas principalmente estabilidad y biodegradabilidad (Verlicchi et al., 2010). Algunos estudios destacan que valores hasta del 95% de dosis farmacéuticas administradas pueden excretarse sin cambios en la orina o las heces y descargarse en los vertimientos hospitalarios y urbanos (Miarov et al., 2020).

Una situación particular ocurre con los Hospitales de Especialidades Múltiples (HEM) que funcionan con variadas ramas de la medicina y cirugía que ofrece tratamientos para diversas enfermedades y padecimientos, haciendo que sus vertimientos sean más complejos en naturaleza como en características por los contaminantes emergentes generados (Khan et al., 2020).

Los contaminantes emergentes van desde compuestos orgánicos e inorgánicos hasta nanopartículas (Martín et al., 2019), y son en su mayoría compuestos tales como pesticidas, productos farmacéuticos, disruptores endocrinos, detergentes, cosméticos, retardadores de llama, nanopartículas, etc., que se encuentran en el medio ambiente en pequeñas concentraciones en el agua, las aguas residuales, los cultivos y el suelo (Miarov et al., 2020). Por ejemplo, los antibióticos más comunes en tratamientos hospitalarios incluyen: penicilina, sulfonamida, cefalosporina, antibióticos macrólidos y quinolonas, utilizadas ampliamente en los países en desarrollo y con un aumento del 36% entre 2000 y 2010 (Thung et al., 2016). Si estos antibióticos presentes en agua o alimentos son consumidos, pueden generar resistencia a los antibióticos, reacciones de hipersensibilidad alérgica o tóxicas, mutaciones genéticas, carcinogenicidad, nefropatía entre otros (Mensah et al., 2014).

Es importante destacar, que el uso del término de contaminantes emergentes (CE), comenzó a usarse en el nuevo milenio para abarcar compuestos de cualquier naturaleza que se hayan encontrado recientemente en el medio ambiente. Estos compuestos poseen variedad y diferencias en su naturaleza molecular compleja, propiedades, funciones fisicoquímicas y biológicas, generando incertidumbre sobre su destino e impacto en el ambiente (Ramírez et al., 2020).

Diversas iniciativas en investigaciones han buscado determinar los procesos y recorrido de los contaminantes emergentes en el ambiente. Por ejemplo, la degradación y transformación en algunos compuestos recalcitrantes de tipo farmacéutico en los suelos cultivables fue abordado por Grossberger et al. (2014), los cuales encontraron que sólo los compuestos farmacéuticos no iónicos como la carbamazepina, lamotrigina, cafeína, sildenafil, sulfapiridina y metoprolol fueron recalcitrantes y se acumularon en suelos irrigados con aguas tratadas en PTAR. Sin embargo, los ácidos débiles que contienen grupos carboxílicos exhibieron tasas de degradación rápidas en los suelos, gracias a la degradación microbiana por procesos de cometabolismo. También, se han estudiado los procesos de adsorción y recorrido de la carbamazepina, la lamotrigina y sus metabolitos respectivamente en cultivos de trigo, encontrándose con procesos de reversibilidad en su sorción, lo que podría resultar en una lixiviación potencial y su disponibilidad para la absorción por parte de las plantas. Si bien, estos dos compuestos pueden permanecer en la capa superior del suelo que es más rica en materia orgánica, sus metabolitos tienen menor afinidad de sorción y mayor movilidad en los suelos hacia las aguas subterráneas y otras fuentes acuíferas en comparación con el compuesto original (Paz et al., 2016). Por otro lado, se han hecho investigaciones sobre la absorción, translocación y metabolismo de la carbamazepina en plantas de tomate, trigo y lechuga a través de biosólidos y aguas de riego provenientes de PTAR, encontrando que la cantidad total de carbamazepina y otros contaminantes emergentes con características polares, introducidos en el suelo mediante la aplicación de biosólidos es considerablemente más bajo que el introducido a través del riego (Mordechay et al., 2018). Estos procesos, tienen en común que dependen de las propiedades fisicoquímicas de las sustancias farmacéuticas, la carga de la molécula (dependiendo de la constante de disociación de ácido basada en pK_a-pH), el coeficiente de partición octanol/agua (K_{ow}) y las características del ambiente (Miarov et al., 2020).

A continuación, se nombrarán algunos compuestos emergentes y sus desafíos ambientales.

2.2.2.1 Medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE)

El diclofenaco, el naproxeno y el ibuprofeno son tres de este tipo de fármacos antiinflamatorios más utilizados en todo el mundo y son usados para tratar la inflamación y el dolor, como es el caso de dolores articulares, artritis, endometriosis, dolor dental y para reducir la fiebre. (Pap et al., 2021). Hoy en día, este grupo de medicamentos incluye más de cien compuestos, usados todos los días aproximadamente por cerca de 30 millones de personas, se encuentran con concentraciones de nanogramos por litro ($ng \cdot L^{-1}$) a microgramos por litro ($\mu g \cdot L^{-1}$) y han sido detectadas en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, aguas superficiales, subterráneas e incluso en agua potable (Feng et al., 2013). Los AINE se consideran contaminantes ambientales emergentes potencialmente peligrosos, debido a sus efectos toxicológicos agudos y crónicos en humanos y animales. Por su parte, el peroxicam es un tipo de AINE que se usa para el tratamiento de enfermedades inflamatorias crónicas, sin embargo, al acumularse en los cuerpos de agua, contribuye a la expansión de la masa de cianobacterias (Feng et al., 2019).

2.2.2.2 Bacterias Resistentes a los Antibióticos (BRA) y genes resistentes a antibióticos” (GRA)

La organización mundial de la salud (OMS) ha clasificado esta resistencia bacteriana como una de las mayores amenazas para la salud pública en el siglo XXI y representan una grave preocupación para la salud humana. En sus investigaciones Serna et al. (2019) y Rodríguez et al. (2015), comentan que una fuente principal de BRA y de GRA son los vertimientos hospitalarios. En países como Colombia, las aguas residuales de los hospitales sin ningún tratamiento previo llegan a aguas superficiales y subterráneas. Además, es bien conocida la incapacidad de los sistemas convencionales utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para eliminar a las BRA y los GRA. De hecho, los procesos biológicos pueden contribuir tanto a la generación de BRA como a la transferencia horizontal de GRA entre comunidades de bacterias. Así, a medida que las aguas residuales de los hospitales y los efluentes de las (PTAR) terminan en el medio ambiente, pueden promover la proliferación de la resistencia a los antibióticos y, como consecuencia, la propagación de infecciones incontrolables.

2.2.2.3 Microplásticos y los antibióticos

Los microplásticos son compuestos que se caracterizan por su amplia durabilidad y su acumulación en ecosistemas terrestres y acuáticos, lo que lo convierte en un contaminante difícil de eliminar. Son capaces de unirse a otros compuestos que existan en el medio como pueden ser pesticidas organoclorados, metales pesados o antibióticos, gracias a la creación de distintos puntos de unión entre ellos, en forma de enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, fuerzas de Van der Waals e interacciones electrostáticas (Sánchez, 2019). Los microplásticos, microfibras o microesferas más comunes con tamaños 5 mm o menos llegando al tamaño de micras, son los gránulos de plástico usados en cosméticos, productos textiles, productos de limpieza, productos para el cuidado personal como agentes exfoliantes o cremas, productos para el cuidado personal (PCPs) entre otros (Li et al., 2016). La unión de microplásticos y antibióticos permite una dispersión de largo alcance y una posible entrada a la cadena trófica, pudiendo llegar a los animales e incluso a los seres humanos, provocando que las bacterias patógenas presentes dentro del organismo sean capaces de crear multirresistencias a los antibióticos presentes, planteando una amenaza para la salud, ya que cuando los antibióticos sean administrados por necesidad, carecerán de efectividad (Li et al., 2018).

2.2.2.4 Residuos Líquidos Anatomopatológicos (RLA)

En Colombia, la prestación del servicio de salud a los usuarios de todos los niveles asistenciales trae consigo la generación de residuos peligrosos infecciosos, entre ellos los Residuos Líquidos Anatomopatológicos (RLA), que en algunas ocasiones no son sometidos al proceso de tratamiento y disposición final adecuado. Por lo tanto, el Decreto 351 del Ministerio de Salud y Protección Social (2014), tiene como objeto el reglamentar ambiental y sanitariamente la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades. Según este decreto, los RLA son aquellos residuos como partes del cuerpo, muestras de órganos, tejidos o líquidos humanos, generados con

ocasión de la realización de necropsias, procedimientos médicos, remoción quirúrgica, análisis de patología, toma de biopsias o como resultado de la obtención de muestras biológicas para análisis químico, microbiológico, citológico o histológico. El inadecuado manejo de los RLA presenta diversos impactos ambientales negativos que se evidencian en diferentes etapas tales como el almacenamiento, tratamiento, recolección, transporte y disposición final, afectando los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, suelos y la posible generación de contaminación atmosférica (García, 2018).

Para Colombia, se ha estimado que los hospitales de nivel 1, 2 y 3 generan aproximadamente 8.500 toneladas por año de residuos hospitalarios y similares reportados hasta el 2002, mientras que en el 2015 se reportaron 33.907 ton/año. Estos residuos pueden variar en función de diferentes parámetros como: nivel de complejidad de la institución de salud, especialidad, edad del paciente, patología, fármacos utilizados, entre muchos otros. El panorama general mostró que para Colombia existe poca información documentada sobre la gestión y producción de los RLA en instituciones de salud. La Tabla 9, resume la principal información de los hallazgos encontrados por García (2018).

Tabla 9. Información de RLA en Colombia. Fuente (García, 2018).

Ítem	Respuesta
¿Cuál es la producción anual de RLA?	En el 2015, 33.907 toneladas por año, generados de las instituciones de salud en todos sus niveles, basado en el número de camas
¿Qué actividad genera más RLA?	Las cirugías son las que generan más RLA produciendo 28.300 L/año, siendo la ortopedia la actividad que más aporta a este volumen con aproximadamente 9.8 ± 12.3 L por cirugía
¿Cuál es la carga contaminante asociada a estas actividades?	15 g DBO ₅ /cirugía

2.2.3 Tratamientos de vertimientos hospitalarios

Entre los tratamientos convencionales usados se encuentra el de lodos activados (aerobio) y digestión anaerobia de lodos, sin embargo, son ineficaces en la inactivación bacteriana, así como en la remoción de compuestos tóxicos y recalcitrantes como los productos farmacéuticos por su baja biodegradabilidad (Moussavi et al., 2019). Algo similar ocurre en la eliminación de productos farmacéuticos para el cuidado personal (**PPCP** por sus siglas en inglés), como también los utilizados para el tratamiento de diversas enfermedades se realiza de manera deficiente en las PTAR, que generalmente usan procesos convencionales de tratamiento de vertimientos (Zhao et al., 2021). Esto hace que permanezca una cantidad considerable de estos contaminantes emergentes en el medio ambiente en los efluentes o biosólidos.

En su investigación Wang et al. (2017), hacen una revisión de tecnologías basadas en algas por su potencial aplicación en el tratamiento de aguas residuales, en la eliminación de contaminantes peligrosos emergentes. Entre los beneficios están los costos de operación, obtención de subproductos valiosos tales como biocombustibles, proteínas,

carbohidratos, pigmentos y vitaminas. Además, las algas capturan CO₂ durante la fotosíntesis, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Por su parte Hena et al. (2021), realizaron una descripción general de los enfoques y sistemas de tratamiento actuales en la eliminación de PPCP por medio de algas en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Además, encontraron que los mecanismos más empleados en la eliminación de PPCP por microalgas se encuentran la biosorción, bioacumulación, biodegradación, fotodegradación y volatilización. Por otro lado, los estudios de Villar et al. (2018), Wang et al. (2017) y Xiong et al. (2018) resumen el potencial uso de microalgas para la eliminación de PPCP, demostrando que las microalgas pueden eliminar eficazmente los PPCP como los antibióticos de las aguas residuales.

En la Figura 1, se hace un resumen de las principales tecnologías que se usan en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con posibles aplicaciones a los vertimientos hospitalarios, enfocados en residuos propios de las lavanderías (Lutterbeck et al., 2020).

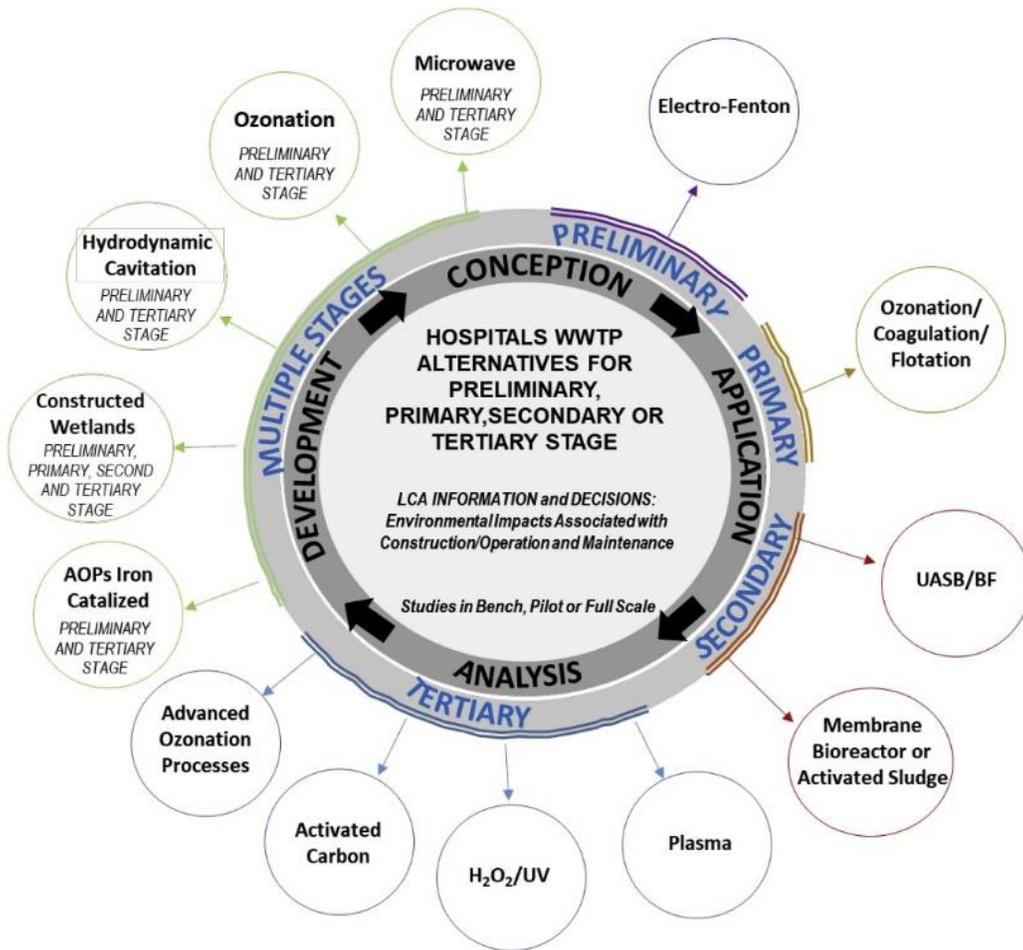


Figura 1. Tecnologías de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con posibles aplicaciones a los vertimientos hospitalarios (Lutterbeck et al., 2020).

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SALUD EN COLOMBIA

Actualmente en Colombia el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), es el ente encargado del aseguramiento o afiliación de los ciudadanos para que puedan recibir atención o requieran los servicios para conservar la salud o prevenir enfermedades. Por su parte, el Registro Especial de Prestadores de Salud (REPS) organiza a las instituciones prestadoras de servicios de salud de la siguiente manera: 1) profesionales independientes, 2) entidades con objeto social diferente a la prestación de servicios, 3) instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) y 4) transporte especial de pacientes (Guzmán, 2014). La Figura 2, resume la distribución de los servicios de salud en Colombia para el año 2013.

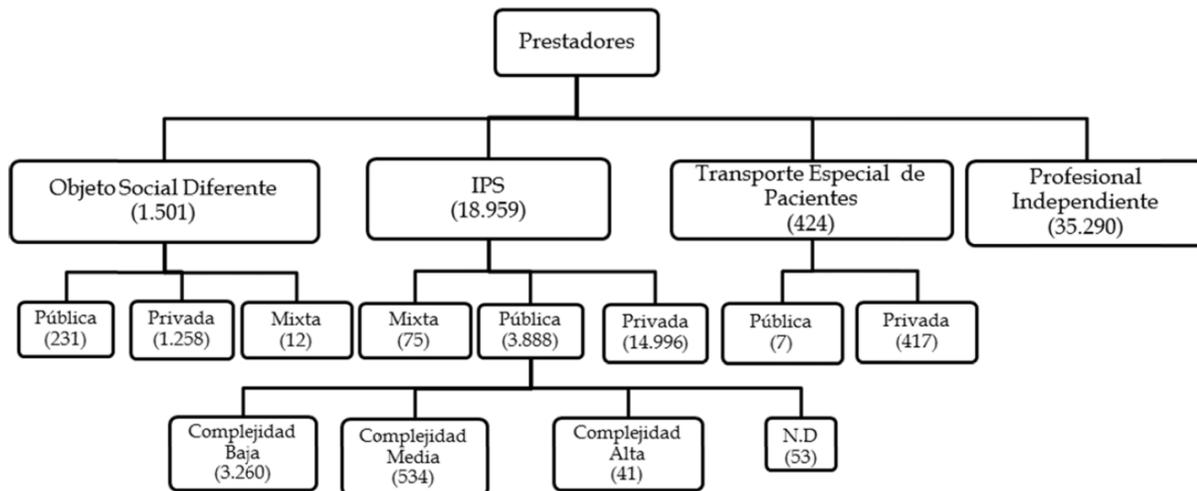


Figura 2. Prestadores del Sistema General de Seguridad Social en Salud en Colombia.
Fuente (Guzmán, 2014).

A su vez, las IPS se han clasificado, de acuerdo con su naturaleza jurídica, en públicas, privadas y mixtas. Solo para las IPS públicas existe una categorización de acuerdo con el nivel de complejidad de la institución (I, II y III). Sin embargo, con la ayuda del Sistema de Cuentas de Salud (SCS), se desarrolló un algoritmo clasificador de IPS públicas o privadas, de acuerdo con el tipo de servicios prestados por la institución (Prada et al., 2017). De esta investigación se estableció que las clínicas estéticas y similares estarían ubicadas como servicios prestadores de atención ambulatoria y medicina estética, en el campo de consultorios de médicos especialistas (HP 3.1.3). En total, serían 1485 clínicas estéticas y similares a 2015, que corresponden a un porcentaje de 27% del total de las instituciones prestadoras de salud en el país.

2.4 DESAFÍOS DE LAS CLÍNICAS ESTÉTICAS EN ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

2.4.1 Legalidad de prácticas médicas estéticas.

En cuanto a la legalidad de prácticas médicas estéticas, en Antioquia se están realizando esfuerzos para reglamentar el funcionamiento de este tipo de centros clínicos estéticos. Lo anterior, se soporta desde un informe reciente, elaborado por uno de los principales medios de comunicación escritos del país (periodico EL TIEMPO, 2019), donde entre 2016 y 2019, se han hecho 1.062 visitas puntuales y se han efectuado 1.322 inspecciones en actividades de cosmetología, estética, residuos hospitalarios y suministros y establecimientos abiertos al público. Después de estas visitas de inspección, las autoridades emitieron concepto favorable sólo en 107 centros, mientras que fueron 871 conceptos condicionados y 379 desfavorables. Solo el 35% de los centros estéticos analizados obtuvo un concepto favorable de parte de las autoridades. En cuanto a cifras negativas, para Medellín en 2019, se reportaron dos fallecimientos por procedimientos estéticos, otros tres fueron reportados en 2018, tres más en 2017 y otros ocho en 2016, según reportes de la secretaría de Salud de la ciudad.

En 2017 se hizo una suspensión temporal de 26 SPA (centros definidos como de salud a través del agua) y centros de estética. En 2018 se suspendieron también 26 y en 2019, otros 38. Por lo tanto, con el fin de evitar que más personas sean víctimas de procedimientos estéticos indebidos, la Alcaldía de Medellín ha incrementado paulatinamente los controles y la vigilancia. Adicionalmente, la Gobernación de Antioquia (Secretaría Seccional de Salud y Protección Social, 2019), puso al servicio de la comunidad antioqueña un micrositio para que las personas interesadas en realizarse algún procedimiento plástico o estético, confirmen la información del especialista o la clínica tratante. La búsqueda puede efectuarse teniendo en cuenta el nombre del especialista, la profesión, el número de su registro profesional o su cédula.

Según el secretario seccional de salud encargado de Antioquia para el 2017 (Dr. Carlos Mario Montoya S.), se encontraban 105 especialistas debidamente inscritos y 65 instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS), habilitadas con espacios y servicios para realizar procedimientos estéticos (periódico EL TIEMPO, 2017).

2.4.2 Requisitos legales de funcionamiento de clínicas estéticas en Colombia.

En la Resolución 2003 de 2014, se definieron los procedimientos y condiciones de inscripción de los Prestadores de Servicios de Salud y de habilitación de servicios de salud. En el artículo 3.2.2 de dicha Resolución, una de las disposiciones requeridas para la infraestructura de estos lugares es la solicitud de un permiso para vertimientos líquidos y emisiones atmosféricas. Sin embargo, según Art 13 de la Ley 1955 de 2019 del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” (Congreso de Colombia., 2019), los exime de solicitar el permiso de vertimientos. No obstante, estos lugares deben seguir cumpliendo con los parámetros y valores máximos permisibles según el artículo 14 de la Resolución 631 de 2015, que define los parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos

puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) de actividades de atención a la salud humana - atención médica con y sin internación (Anexo 9.1). Por su parte, el Art.11 de la ley 1955 de 2019 brinda información sobre los vertimientos por suscriptores o usuarios de alcantarillado público. Los suscriptores o usuarios comerciales, industriales, oficiales y especiales del servicio público domiciliario de alcantarillado, que se encuentran sujetos al cumplimiento de los parámetros y límites máximos permisibles de sus vertimientos, podrán contratar con el prestador del servicio público de alcantarillado la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de sus aguas residuales no domésticas para el cumplimiento de dichos parámetros y límites, cuando el prestador tenga la capacidad de infraestructura y tecnología para cumplir con los parámetros y límites máximos permisibles respectivos.

De otro lado, en la Tabla 10, se presentan los decretos y resoluciones que se han venido estableciendo en Colombia a partir del año 1984, correspondientes al manejo del agua y vertimientos.

Tabla 10. Antecedentes normativos en vertimientos como aspecto ambiental en Colombia.

Fuente: Colombia. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Disponible en www.minambiente.gov.co (2015), citada por (Hernández Carvajal, 2017) y actualizada en 2020.

NORMA EN VERTIMIENTOS	DESCRIPCIÓN	AÑO
Decreto 1594	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 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 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	26/06/1984
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.	25/10/2010
Decreto 4728	Por el cual se modifica parcialmente el decreto 3930 de 2010 (Vigente).	23/12/2010
Decreto 901	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.	30/10/2010
Resolución 631	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	17/03/2015
Art 10 y 11 de la Ley 1955 de 2019	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. No exige permisos en actividades relacionadas con el gremio de la salud, pero solicita cumplir con los parámetros y valores máximos permisibles en vertimientos según la actividad.	25/5/2019

2.5 PROGRAMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN CENTROS HOSPITALARIOS EN COLOMBIA.

Los sistemas de gestión ambiental que desarrollan las instituciones hospitalarias de Colombia y por ende en las clínicas estéticas, se asocian casi de manera exclusiva a la aplicación de sistemas de gestión para el cumplimiento de las normas ISO 14.000, que si bien tiene un gran alcance en el ámbito ambiental, respecto a las instituciones de salud en su mayoría se enfocan en el manejo de residuos sólidos, lo cual muestra una visión fragmentada y limitada del impacto ambiental de su operación (Rodríguez et al., 2016).

En la actualidad, los sistemas de gestión ambiental que desarrollan las instituciones hospitalarias del país se circunscriben en su mayoría al manejo de residuos sólidos, lo cual muestra una visión fragmentada y limitada del impacto ambiental de su operación. Esta problemática no se aborda en función de un modelo sistémico donde se provean soluciones estratégicas que conlleven a un balance entre la protección del ambiente y el aprovechamiento de recursos en el entorno adyacente a los hospitales. Colombia es el tercer país con más agua potable, pues solo en un 0,7 por ciento de tierras de la superficie continental mundial, correspondientes a la superficie de Colombia, se concentra el 5% de la riqueza hídrica, de acuerdo el Estudio Nacional del Agua (ENA), elaborado por el IDEAM (2018).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021), Colombia es el país del mundo donde más llueve con precipitaciones promedio de 3240 milímetros de lluvia cada año.

2.6 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL EN VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS.

En general, no existe una reglamentación clara sobre vertimientos hospitalarios debido a que monitorear o tratar sustancias farmacéuticas después de su liberación al medio ambiente no es una práctica común a nivel internacional. Sin embargo, existen varias iniciativas reguladoras que surgieron para abordar este desafío. Estas intervenciones se pueden clasificar según la intensidad de las medidas adoptadas para regular los contaminantes farmacéuticos en el medio ambiente (Miarov et al., 2020):

Nivel 1 Intervenciones integrales, donde el país / estado ha tomado medidas legales sistemáticas para regular los residuos farmacéuticos con el fin de reducir su volumen en el medio ambiente (por ejemplo, Suiza y California).

Nivel 2 intervenciones moderadas, donde el monitoreo de productos farmacéuticos se realiza de forma regular, sin un requisito legal formal. Por lo general, estos esfuerzos se basan en pautas globales o locales (por ejemplo, Australia y Singapur).

Nivel 3 Intervenciones limitadas, donde los residuos farmacéuticos se controlan de forma intermitente, con poca o ninguna base legal formal.

De hecho, algunos países, consideran que los vertimientos hospitalarios son descargas domésticas y, por tanto, se descargan directamente en la red de alcantarillado municipal sin ningún pretratamiento o límites de calidad. Los estándares de referencia y el control de calidad generalmente se imponen sólo después del tratamiento de los efluentes de las plantas de tratamiento y solo en unos pocos países, los efluentes hospitalarios se consideran industriales y se pre-tratan antes de descargarlos en la red de alcantarillado municipal (Carraro et al., 2016). Otros autores concuerdan que en Europa no existen directrices sobre las aguas residuales hospitalarias, pero existen algunas directrices operativas, además de que en países como Alemania e India se consideran a los vertimientos hospitalarios como aguas residuales domésticas y pueden descargarse a las plantas de tratamiento si cumplen las especificaciones deseadas (Khan et al., 2020).

En la Tabla 11, muestran en algunos países los marcos de referencial regulatorio usados, como también los recursos que en la actualidad se están implementando en algunos países en función del control de contaminantes de origen farmacéutico.

Tabla 11. Estrategias regulatorias para el monitoreo en aguas residuales recicladas.
Fuente: Miarov et al., 2020

País	Región / Proyecto	Objetivo	Estado	Tratamiento	Sustancias monitoreadas	Tipo de recurso hídrico probado	Marco normativo
Australia	Proyecto Occidental 0020 Australia (Perth)	Aumento de agua potable - recarga de agua subterránea	Versión de prueba 2010-2014 Funcionamiento completo: 2018	PTAR, UF (ultrafiltración), UV, Osmosis Inversa (OI), recarga del acuífero	Carbamazepina, Diclofenaco, Estrona	Puntos de seguimiento durante todo el proceso	Las Directrices australianas para el reciclaje de agua 2006–2009 no son obligatorias
	Proyecto Queensland (Corredor Occidental)	Aumento de agua potable - reservorio de agua superficial	Construido. No activo	PTAR, MF (microfiltración), Osmosis Inversa (OI), Procesos Avanzados de Oxidación (PAO), Aumento de agua superficial	No disponible	No disponible	
Estados Unidos	Orange Country California	Reposición de aguas subterráneas (8 proyectos)	Activo	PTAR, MF (microfiltración)/UF (ultrafiltración), Osmosis Inversa (OI), Procesos Avanzados de Oxidación (PAO), Reposición de agua subterránea	17β-estradiol, Gemfibrozil, Iopromida	Recarga de agua potable	Regulaciones del Título 22, Política de Agua Reciclada. Juntas de Agua de California
	EPA Regla de control de contaminantes no regulados (UCMR)	Recopilación de datos	Activo	No disponible	Estradiol, Estriol, estrona, etinilestradiol, testosterona.	Agua potable	UCMR3
Suiza	Actualización de la planta nacional de tratamiento de aguas residuales	Tratamiento de microcontaminantes	Activo	PTAR, Ozonización, FLA (filtración lenta de arena), Liberado en aguas superficiales.	Amisulprida, Carbamazepina, Citalopram, Claritromicina, Diclofenaco, Hidroclorotiazida, Metoprolol, Venlafaxina, Candesartán	Influentes y Efluentes (Efluente y afluente)	DETEC Reglamento suizo SR 814.201.231.
Singapur	Proyecto NEWater	Industrial / reserva de sequía	Activo	PTAR, MF (microfiltración), Osmosis Inversa (OI), Procesos Avanzados de Oxidación (PAO), Suministrado a industrias	Irbesartán, Ibuprofeno, Naproxeno, Ketoprofeno, Triclocarban, Gemfibrozil, Diclofenaco, Carbamazepina, Trimetoprim, Ácido Salicílico, Paracetamol	Agua potable, Agua recuperada	Ninguno
Israel	Región de Tel Aviv	Identificación de fugas de aguas residuales en el sistema de suministro de agua.	Activo	Sin tratamiento	Carbamazepina	Agua potable	Ninguno

Los parámetros establecidos típicamente por la legislación para evaluar la calidad de una muestra genérica de aguas residuales son los indicadores fisicoquímicos: pH, temperatura (generalmente <40 °C), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (más comúnmente expresada en miligramos de oxígeno consumido por litro de muestra durante 5 días de incubación a 20 °C (DBO₅) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). Si la muestra de aguas residuales se considera industrial o un efluente específico como el de hospitales, se requieren mediciones de otros macrocontaminantes específicos, como Halógenos Orgánicos Adsorbibles (AOX), cloro total y libre, detergentes, desinfectantes, tensoactivos, aceites y grasas, sulfatos, cianuros, organofosforados, nitrógeno total, metales pesados y raramente indicadores microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales o *Escherichia coli*) y toxicidad (Carraro et al., 2016). Por su parte, en el documento de la OMS “*Manejo seguro de*

desechos de las actividades sanitarias” (WHO, 2014), se plantea inicialmente la descripción de las características peligrosas de estas aguas residuales que concuerdan con la mayoría de los estudios revisados. Luego, plantea los métodos de tratamiento de efluentes peligrosos particulares, cuya aplicación en algunos países de Europa se resumen en la Tabla 12.

Por parte de la Unión Europea existe la directiva 2013/39/UE (Barrena, 2013), y la lista de observación de sustancias a efectos de seguimiento a nivel de la Unión en el ámbito de la política de aguas, de conformidad con la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (Comisión Europea, 2020). En estos informes, hay algunos medicamentos que han estado entrando y saliendo de las listas de revisión, que es donde se les ponen los límites máximos permisibles en aguas y vertimientos. Sin embargo, en los demás países no existe una disposición o pauta general que unifique una legislación global para la descarga de vertimientos hospitalarios al alcantarillado. De acuerdo con Yan et al. (2020), para los estados miembros de la Unión Europea se cuenta con una legislación, pauta y criterios propios, para los vertimientos hospitalarios, su gestión y tratamiento. En la Tabla 13, se resumen algunas regulaciones o directrices sobre el manejo en vertimientos hospitalarios, donde se quiere resaltar que la mayoría de ellas han tenido su apogeo en el nuevo milenio.

Tabla 12. Tratamiento de vertimientos especiales en algunos países de Europa. (Carraro et al., 2016)

	Directriz de la OMS	Italia	Reino Unido	España	Alemania	Francia
Desinfección de aguas residuales	La desinfección con cloro solo se recomienda si se puede garantizar que la materia orgánica sea inferior a 10 mg/L.	No es obligatorio		-		Establecido a partir de leyes comunales, pero recomendado para salas de enfermedades infecciosas.
Sistemas de analizadores automatizados		Recolecte los líquidos residuales en recipientes de plástico que no se deben descargar al desagüe, sino que deben ser recogidos por contratistas especializados en residuos para su recuperación o eliminación.	Recolecte los líquidos residuales en recipientes de plástico que no se deben descargar al desagüe, sino que deben ser recogidos por contratistas especializados en residuos para su recuperación o eliminación.	-		Recolecte los líquidos residuales en recipientes de plástico que no se deben descargar al desagüe, sino que deben ser recogidos por contratistas especializados en residuos para su recuperación o eliminación. Los residuos de fluidos corporales líquidos deben ser vertidos.
Reactivos (violeta cristal, yodo y carbol fucsia neutralizado o diluido, etc.)	Los residuos líquidos peligrosos de laboratorio (colorantes, formalina) deben recogerse por separado.		Se permite la eliminación de estos reactivos mediante dilución con agua del grifo hasta el desagüe	-		Establecido a partir de leyes comunales.
Fluidos corporales líquidos	Se pueden descargar pequeñas cantidades de sangre en el alcantarillado sin tratamiento previo.	Se permite el vertido de pequeñas cantidades de sangre si no están contenidas en un recipiente (vertido indirecto, considerado como un residuo). Las heces y la orina se descargan en alcantarillas sucias sin un tratamiento previo	Las empresas de alcantarillado permiten la descarga de fluidos corporales en el alcantarillado en condiciones normales de trabajo.	Se permite la descarga de fluidos corporales al alcantarillado contaminado, pero se requiere un tratamiento previo si el hospital no está conectado a la planta de tratamiento municipal. En algún municipio en una cantidad de 100 ml se permite la descarga en alcantarillado de aguas residuales	La sangre a granel y los productos sanguíneos se pueden decantar en una conexión del sistema de alcantarillado (fregaderos, desagües, etc.) después de la desinfección.	Las excreciones de pacientes enteros inyectivos deben ser desinfectadas antes del alta.
Conservantes y fijadores (alcoholes, acetonas y otros)	Fotoquímicos, aldehídos (formaldehído y glutaraldehído), colorantes y no deben verterse en aguas residuales.	-	Los alcoholes, la acetona y el fijador se pueden descargar de manera segura al alcantarillado en pequeñas cantidades con una dilución considerable. El alcohol de petróleo (benceno, tolueno, etilbenceno, etc.) está prohibido por ley.	-		Establecido a partir de leyes comunales.
Laboratorios pequeños		No debe verterse al alcantarillado de aguas residuales.	No debe verterse al alcantarillado de aguas residuales.	-		No debe verterse al alcantarillado de aguas residuales.
Medicamentos farmacéuticamente activos.	No debe verterse en aguas residuales.	No debe verterse al alcantarillado de aguas residuales.	No debe verterse al alcantarillado de aguas residuales.	-	No debe ser descargado al alcantarillado sucio.	Puede ser necesaria una autorización específica.
Medicamentos no farmacéuticamente activos (por ejemplo, solución de glucosa, solución salina, alimentos y suplementos nutricionales líquidos)			Puede descargarse para hundirse en pequeñas cantidades (menos de 1 L).	-		Establecido a partir de leyes comunales
Descargas acuosas radiactivas y compuestos de contraste radioactivo	Las aguas residuales radiactivas de la radioterapia (por ejemplo, orina de pacientes sometidos a tratamiento de tiroides) deben recogerse por separado y almacenarse en un lugar seguro hasta que los niveles de radiactividad hayan disminuido a concentraciones de fondo. Después del tiempo de almacenamiento requerido, las aguas residuales pueden desecharse en un alcantarillado.	Los efluentes radiactivos eliminados por los pacientes deben recogerse en habitaciones protegidas y conectarse a una fosa séptica para el retraso y la descomposición.	Puede ser descargado al alcantarillado contaminado si la radiactividad no excede los límites impuestos por las empresas de alcantarillado. Los compuestos de radiocontraste (sulfato de bario) no deben descargarse.	La excreción de los pacientes puede darse de alta antes de las 48 horas del tratamiento citotóxico.		La orina de pacientes tratados con radioelementos con vida media corta debe recolectarse en habitaciones protegidas y conectadas a un tanque séptico para el retraso y la descomposición, pero los elementos radioactivos con tiempo medio prolongado deben tratarse por agencias específicas.
Sala de autopsias		-	Los fluidos corporales, la sangre y la orina, el contenido del estómago, la materia fecal y el agua de limpieza y desinfección pueden descargarse en el alcantarillado.	-		Debe ser un pretratamiento antes del alta.
Quirófano	Pequeñas cantidades de líquidos de enjuague, líquidos corporales y el contenido de los sistemas de succión de pacientes no infecciosos de teatros, quirófanos y cuidados intensivos se pueden descargar en el alcantarillado sin tratamiento previo. Mientras que las heces, el vómito y la mucosidad de pacientes altamente infecciosos (por ejemplo, pacientes con cólera) deben recogerse por separado y tratarse térmicamente antes de su eliminación (por ejemplo, mediante una autoclave reservada para el tratamiento de desechos).	-		-		Las aguas residuales de limpieza pueden descargarse en el alcantarillado.
Amalgama dental	Las aguas residuales del departamento de odontología deben tratarse previamente instalando un separador de amalgama en los fregaderos, especialmente en los que están al lado de los sillones de tratamiento de pacientes.	Los desechos líquidos dentales que contienen amalgama no se vierten en el alcantarillado público.			Los desechos líquidos dentales que contienen amalgama se descargarán en las líneas de alcantarillado público solo si la autoridad estatal federal alemana correspondiente ha emitido una licencia de descarga.	Las aguas residuales del departamento de odontología deben pretratarse instalando un separador de amalgama en los fregaderos.

Tabla 13. Regulaciones o directrices sobre Vertimientos hospitalarios (Yan et al., 2020)

Organización / nación / región	Año	Directriz / ley / regulaciones
OMS	1999/2014	Gestión segura de residuos de actividades sanitarias
EPA	1976/2016	Normas y directrices sobre efluentes (CFR 40)
Canadá	1997	Sociedad Canadiense de Farmacéuticos Hospitalarios (CSHP): Productos farmacéuticos peligrosos (incluidos los fármacos citotóxicos): Directrices para el manejo y la eliminación (1997)
Canadá	2006	Manual de directrices sobre aguas residuales de Canadá atlántico, para la recolección, tratamiento y eliminación, 2006
Canadá	2012	Regulaciones sobre efluentes de sistemas de aguas residuales
		SOR / 2012-139, LEY DE PESCA
UE	1991	Directiva europea n. 91 de 21 de mayo de 1991 sobre tratamiento de aguas residuales urbanas
UE	2000	Directiva 2000/60 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco de actuación comunitaria en el ámbito de la política de aguas. DO L327 de 22.12.2000.
UE	2008	Directiva 2008/98 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos del EEE), DO L 312 de 22.11.2008.
Alemania	2004	Ordenanza de aguas residuales (AbwV)
Inglaterra y Gales	1994	Reglamento sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas (Inglaterra y Gales) (SI 1994/2841)
España	1997	Decreto Ejecutivo 26042-S-MINAE del 19 de junio de 1997. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales
España	2005	Decreto 57/2005, de 30 de junio, por el que se revisan los anexos de la ley 10/1993, de 26 de octubre, sobre vertidos líquidos industriales al sistema integral de saneamiento
Italia	2006	DLgs n. 152/2006 sobre protección del medio ambiente
Italia	2011	Reglamento de simplificación para las PYME n. 227/2011
Italia	2013	Italia: en 2013, un Reglamento de simplificación relativo a la autorización medioambiental única (Autorizzazione Unica Ambientale)
China	1996	Estándar integrado de descarga de aguas residuales (GB 8978–1996)
India	1986	Ley de protección del medio ambiente
Vietnam	2010	Reglamentos técnicos nacionales QCVN 28: 2010 / BTNTM sobre calidad de efluentes de aguas residuales sanitarias
Vietnam	2014	Ley de Protección Ambiental No. 55/2014 / QH13
Brasil	2011	RESOLUÇÃO No 430, DE 13 DE MAIO DE 2011

A continuación, se nombrarán algunos países y sus perspectivas alrededor de los vertimientos hospitalarios

Israel

Lidera en el mundo el reúso de efluentes (86%), utilizado casi exclusivamente para fines de riego agrícola. Sin embargo, los productos farmacéuticos no están incluidos en la supervisión o gestión reguladora del agua de Israel, esencialmente creando un

experimento epidemiológico entre sus ciudadanos y el medio ambiente (Miarov et al., 2020).

Estados Unidos

La concesión de permisos de vertimientos de aguas residuales corre por cuenta del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (NPDES), bajo la supervisión de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency - EPA, 2021). Por medio de este sistema, se realizan los estudios de valoración y concesión de vertimientos con las respectivas directrices de cumplimiento. Se hace la valoración de forma individual o múltiple con el fin de establecer la concentración de residuos, así como la asimilación de los contaminantes en los cuerpos de agua.

Chile

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) otorga los permisos de vertimientos de residuos líquidos y vigila su cumplimiento, y aprueba los planes de desarrollo. El Decreto 601 de 2004 que modifica al Decreto de 609 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas de Chile (2021), establece la normatividad de vertimientos para la regulación de contaminantes asociados a la descarga de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. Tiene entre sus funciones el mejorar la calidad ambiental de las aguas residuales, realizando un control de los contaminantes líquidos de origen industrial que puedan producir interferencias con los sistemas de tratamiento de aguas residuales o dar lugar a la corrosión, incrustación y obstrucción de las redes de alcantarillado.

Brasil

Entre las iniciativas para el manejo de vertimientos hospitalarios, recalcan la importancia de incluir no solo los productos farmacéuticos originales sino también sus metabolitos principales en el análisis de detección, logrando la identificación de 43 productos farmacéuticos y 31 metabolitos sin tratar. Además, evaluaron el destino ambiental y el efecto de productos farmacéuticos y metabolitos en términos de biodegradabilidad, como posibles compuestos persistentes, bioacumulativos y tóxicos (PBT), y su peligro potencial para el medio ambiente (Wielens et al., 2020).

2.7 CAMBIOS DE PARADIGMA Y DESAFÍOS ACTUALES EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES

El informe de Villarín & Merel. (2020), destaca que la investigación y el número de publicaciones sobre aguas residuales ha aumentado exponencialmente en las últimas décadas. Los temas más tratados en estas publicaciones son los cambios de paradigma como la reutilización del agua y el acceso al saneamiento básico, los desafíos tanto sociales en la legislación como los de corte técnico en la caracterización química y toxicológica de las aguas residuales y la epidemiología. Los contaminantes son una preocupación actual y los tratamientos evolucionan de acuerdo con las necesidades de las sociedades.

Ante este panorama, desde la ingeniería, se pueden brindar soluciones atractivas, una vez evaluados los aspectos ambientales en los vertimientos y residuos hospitalarios, se podrían aminorar los impactos en el ambiente. No obstante, es necesario que todos los actores involucrados en estas actividades, como los entes administrativos, médicos, enfermeras, personal de aseo, directivos entre otros, sean capaces primero, de comprender fácilmente las normas; segundo si es el caso, idear propuestas de valor agregado y tercero lograr su implementación.

3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el alcance e implementación de los planes de Gestión Ambiental de vertimientos líquidos en Clínicas Estéticas de Área Metropolitana del Valle de Aburrá, mediante el uso de herramientas de análisis y valoración ambiental de los años 2019 y 2020.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la línea base del manejo de vertimientos en las clínicas estéticas, mediante la comparación de la normatividad colombiana frente a la normatividad internacional del sector.
- Determinar las variaciones existentes en los parámetros fisicoquímicos propios de cada clínica estética y su actividad específica mediante la aplicación de herramientas estadísticas.
- Proponer alternativas que permitan la incorporación de la normatividad colombiana en los planes de Gestión Ambiental para el manejo de vertimientos líquidos en las clínicas estéticas.

4 METODOLOGÍA

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se llevó a cabo en el Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia – Colombia. Es una subregión-provincia, bajo la figura de Área Metropolitana ubicada en el centro-sur del departamento de Antioquia, Colombia, en medio de la Cordillera Central de los Andes. Está enmarcada por una topografía irregular y pendiente, con alturas que oscilan entre 1300 y 2800 metros sobre el nivel del mar. Los municipios que conforman el Valle de Aburrá son:

- **Aburrá Norte:** Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello.
- **Medellín**
- **Aburrá Sur:** Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas.

La población aproximada del Valle de Aburrá es cercana a los 4 millones de habitantes (Correa et al., 2021). Por su parte, en la figura 3, se muestran los municipios considerados de norte a sur, así como también la zona demarcada de color amarillo en donde se encuentran la mayor concentración de las clínicas estéticas.

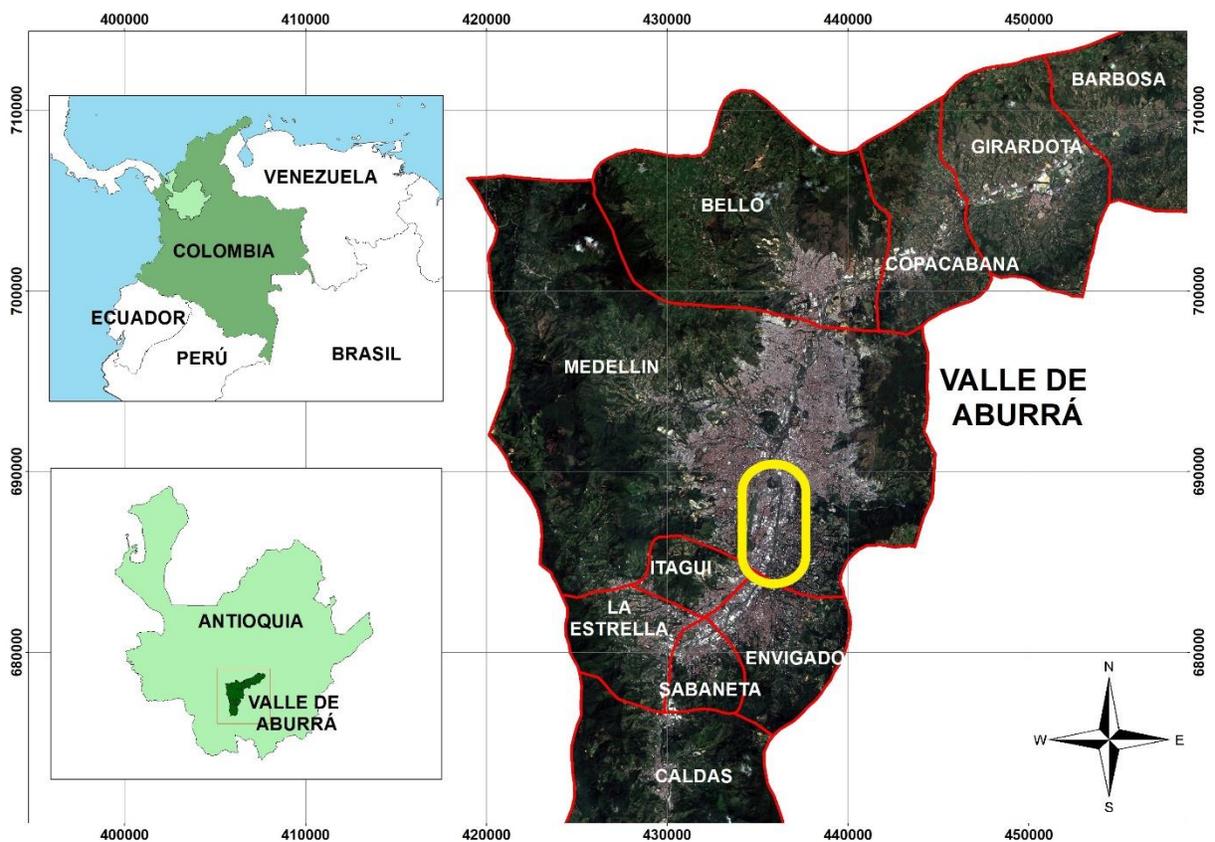


Figura 3. Zona de mayor concentración de clínicas estéticas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
Fuente: Elaboración propia y software ESRI's ArcGis®.

En la Tabla 2 de esta investigación, se nombraron los niveles de complejidad y niveles de atención en Colombia de las instituciones de salud, basado en la información de Sarmiento (2009), y la Resolución 5261 del Ministerio de Salud y Protección Social, (1994). Actualmente, las instituciones de salud - IPS que se encuentran en el Valle de Aburrá y que están dentro de esta clasificación se encuentran consignadas en la Tabla 14 (Ministerio de Salud de Colombia, 2021). Sin embargo, es importante aclarar que, por su carácter de atención prioritaria, este tipo de establecimientos de salud no se encuentran dentro del ámbito de aplicación de este estudio. Por lo tanto, no estarán dentro del análisis de esta investigación.

Tabla 14. Niveles de atención de Instituciones - IPS en el Valle de Aburra.

Fuente (Ministerio de Salud de Colombia, 2021)

Municipio	Nombre prestador	Empresa Social del Estado - ESE	Nivel	Carácter
BARBOSA	ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL	SI	1	MUNICIPAL
GIRARDOTA	ESE HOSPITAL SAN RAFAEL	SI	1	MUNICIPAL
COPACABANA	ESE HOSPITAL SANTA MARGARITA	SI	1	MUNICIPAL
MEDELLÍN	EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO METROSALUD	SI	2	MUNICIPAL
MEDELLÍN	EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	NO	1	MUNICIPAL
MEDELLÍN	ESE HOSPITAL CARISMA	SI	2	DEPARTAMENTAL
MEDELLÍN	ESE HOSPITAL LA MARIA	SI	3	DEPARTAMENTAL
MEDELLÍN	HOSPITAL GENERAL DE MEDELLIN LUZ CASTRO DE GUTIERREZ, EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO	SI	3	MUNICIPAL
MEDELLÍN	POLITECNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID CENTRO DE ATENCION EN SALUD Y RIESGOS PROFESIONALES	NO	1	DEPARTAMENTAL
ENVIGADO	E.S.E. HOSPITAL MANUEL URIBE ANGEL	SI	3	MUNICIPAL
ITAGUI	ESE HOSPITAL DEL SUR GABRIEL JARAMILLO PIEDRAHITA	SI	1	MUNICIPAL
ITAGUI	ESE HOSPITAL SAN RAFAEL-ITAGUI	SI	2	DEPARTAMENTAL
SABANETA	ESE HOSPITAL VENANCIO DIAZ DIAZ	SI	1	MUNICIPAL
LA ESTRELLA	EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL LA ESTRELLA	SI	1	MUNICIPAL
CALDAS	ESE HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL	SI	2	DEPARTAMENTAL

4.2 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Para realizar un análisis bibliométrico sobre las temáticas que giran alrededor de los vertimientos hospitalarios y sus tendencias a través de los años, se extrajo la información de la plataforma de información científica Dimensions (The next evolution in linked scholarly information, 2021), que incluye una base de datos de citas, un conjunto de análisis de investigación, funcionalidades de acceso y descubrimiento de artículos. De esta manera, los registros obtenidos a partir de esta búsqueda sistemática de documentos coincidían con los términos de búsqueda en los campos de título del artículo, autores, resumen y palabras clave. En la Tabla 15, se muestran los conjuntos de palabras usadas para la búsqueda, así como las combinaciones que se usaron para filtrar la búsqueda. Cabe destacar que, para realizar el análisis bibliométrico, la búsqueda se ajustó por artículo y revisión como tipo de documento con su respectivo resumen (abstract), y se partió de la premisa de que, al estar como documento indexado de una revista, su información es más fiable. En la Tabla 16, se menciona las categorías de investigación con palabras claves y correlaciones en Dimensions.

Para el análisis bibliométrico se usó la clasificación clúster de agrupamiento enfocado en publicaciones, palabras más buscadas, coautoría y países de origen de estas publicaciones. Se partió de la premisa de que al menos cada autor o país a tener en cuenta, disponga de al menos entre dos a cinco publicaciones según sea la cantidad de publicaciones encontradas. El software Vosviewer en la Versión 1.6.16 fue utilizado para realizar este análisis de clasificación. Entre la información encontrada por este software, cabe destacar la evolución a través de los años de las investigaciones que se muestra por la coloración y tamaño de los nodos, así como sus conexiones entre sí. También se tuvo en cuenta el aporte que tienen los cinco primeros autores con mayor número de publicaciones en las palabras claves usadas para la búsqueda.

Tabla 15. Palabras claves, combinaciones usadas en Dimensions (12/9/2021)

Palabras claves	Combinaciones usadas	HALLAZGOS INICIALES				
		Registros totales Documentos varios		Publicaciones con Resumen (abstract)		
Emerging, pollutants, wastewater, hospital, regulation, y management	Emerging + pollutants + wastewater	Publicaciones	135619	Publicaciones	2251 desde 1984, discriminados en:	
		Datasets	588	2002	Artículos	
		Patentes	6400	217	En capítulos	
		Políticas	3168	14	Libros editados	
				10	En preimpresión	
				7	En proceso	
				1	Monografía	
				Datasets	587	
				Patentes	18	
				Políticas	0	
		Emerging + pollutants + wastewater + hospital	Publicaciones	35658	Publicaciones	78 desde 2004, discriminados en:
	Datasets		577	66	Artículos	
Patentes	516		10	En capítulos		
	Políticas	1761	1	En preimpresión		
			1	En proceso		
			Datasets	577		
			Patentes	0		
			Políticas	0		
	Hospital + wastewater + regulation	Publicaciones	61772	Publicaciones	46 desde 1992, discriminados en:	
Datasets		3	39	Artículos		
Patentes		3913	7	En capítulos		
	Políticas	5026				
			Datasets	3		
			Patentes	12		
			Políticas	0		
	Emerging + pollutants + wastewater + management	Publicaciones	89091	Publicaciones	187 desde 1993, discriminados en:	
Datasets		577	151	Artículos		
Patentes		1683	31	En capítulos		
	Políticas	3147	5	Libros editados		
			Datasets	577		
			Patentes	0		
			Políticas	0		

Tabla 16. Categorías de investigación con palabras claves y correlaciones en Dimensiones (12/9/2021)

Palabras claves	Combinaciones usadas	CATEGORÍAS DE INVESTIGACIÓN			
		Principales campos de investigación		Metas de Desarrollo Sostenible	
Emerging, pollutants, wastewater, hospital, regulation, and management	Emerging + pollutants + wastewater	Ingeniería	1341	Agua limpia y saneamiento	246
		Ingeniería ambiental	1226	Energía limpia y asequible	136
		Ciencias Químicas	1138	Buena salud y bienestar	32
		Otras ciencias químicas	559	Acción climática	32
		*Química Física	453	Vida bajo el agua	24
		Ingeniería química	393	Producción y consumo responsables	9
		Ciencias Biológicas	343	Hambre Cero	4
		Ciencias Ambientales	292	Educación de calidad	4
		Química analítica	276	Vida en tierra	4
		Microbiología	155	Ciudades y comunidades sostenibles	3
		Ciencia y gestión ambiental	152	Paz, justicia e instituciones sólidas	2
	Emerging + pollutants + wastewater + hospital	Ingeniería	39	Agua limpia y saneamiento	6
		Ingeniería ambiental	37	Energía limpia y asequible	3
		Ciencias Químicas	31	Buena salud y bienestar	1
		Ciencias Biológicas	14	Ciudades y comunidades sostenibles	1
		Química analítica	11		
		*Química Física	11		
		Otras ciencias químicas	11		
		Microbiología	11		
		Ingeniería química	9		
		Ciencias médicas y de la salud	9		
		Microbiología médica	5		
	Hospital + wastewater + regulation	Ingeniería	20	Agua limpia y saneamiento	2
		Ingeniería ambiental	19	Buena salud y bienestar	1
		Ciencias Biológicas	12		
		Ciencias médicas y de la salud	12		
		Microbiología	8		
		Microbiología médica	7		
		Ciencias Químicas	6		
		Ingeniería química	6		
		Salud pública y servicios de salud	5		
		Ciencias Ambientales	4		
		Otras ciencias químicas	4		
	Emerging + pollutants + wastewater + management	Ingeniería	127	Agua limpia y saneamiento	45
		Ingeniería ambiental	124	Energía limpia y asequible	12
		Ciencias Químicas	81	Acción climática	8
		Otras ciencias químicas	50	Vida bajo el agua	4
		Ciencias Ambientales	46	Buena salud y bienestar	3
		Ingeniería química	35	Producción y consumo responsables	2
		Ciencia y gestión ambiental	34	Vida en tierra	2
		Ciencias Biológicas	24	Sin pobreza	1
		*Química Física	24	Hambre Cero	1
		Microbiología	15	Ciudades y comunidades sostenibles	1
		Química analítica	14		

Nota* Incluye Química Física Estructural.

4.3 CONSECUCIÓN DE INFORMACIÓN

4.3.1 Levantamiento de información primaria en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Para la recopilación de información primaria, se diseñó una encuesta que permitió realizar el diagnóstico inicial del manejo de gestión ambiental en vertimientos hospitalarios en las clínicas estéticas. Se delimitó como tamaño de la muestra el área metropolitana del Valle de Aburrá. Según datos reportados por la Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de la Gobernación de Antioquia (periodico EL TIEMPO, 2017), se tienen un total de 65 clínicas estéticas debidamente acreditadas para su funcionamiento. De esta cifra, se logró la visita de 45 clínicas de las cuales 13 aceptaron participar de la investigación que representa una muestra final del 28.8% del total de clínicas visitadas. La recolección de información se realizó en los meses de marzo y abril de 2021, y coincidió con el segundo pico de la Pandemia del virus sars cov 2, lo que limitó la movilidad y accesibilidad en el Área Metropolitana. Por otro lado, la Tabla 17 presenta los factores y niveles que se tuvieron en cuenta para identificar y clasificar las clínicas estéticas que participaron de esta investigación a través de la encuesta.

Tabla 17. Factores y niveles para identificación y clasificación de las clínicas estéticas.
Fuente: Elaboración propia

Factores	Tipos o características (niveles)	
Ubicación de la clínica	Estrato 1	Estrato 4
	Estrato 2	Estrato 5
	Estrato 3	Estrato 6
Procedimientos estéticos quirúrgicos	Abdominoplastia	Gluteoplastia
	Bichectomía	Maxtopexia
	Blefaroplastia	Mentoplastia
	Ginecomastia	Otoplastia
	Liposucción o Lipoescultura	
	Mamoplastia de aumento o reducción	
	Ritidoplastia o Ritidectomía	
	Rinoplastia	Otros
Procedimientos estéticos no quirúrgicos	Aplicación de estimuladores de colágeno	
	Aplicación de rellenos faciales	
	Hilos estimuladores de colágeno	
	Hidrolipoclasia	Hilos tensores
	Laser	Peeling mecánico
	Mesoterapia	Peeling químico
	Plasma rico en plaquetas	
	Terapia con Microagujas.	
Insumos	Toxina Botulínica	Otros
	Ácidos y Bases	Medicamentos
	Aceites	Siliconas
	Geles	Otros
	Soluciones electrolíticas (Dextrosa, soluciones salinas, Hartmann, etc.)	

Para la elaboración de las encuestas y la selección de las clínicas estéticas se siguieron los lineamientos dados por la OMS (2004), tanto en su diseño como en su implementación. Es importante que sus promotores analicen con el estadístico de la encuesta el “poder” de la misma, es decir, el grado en el que la información tiene capacidad confiable de capturar eventos frecuentes, así como eventos poco frecuentes. En el anexo 9.2, se puede observar la encuesta empleada para la obtención de información en las clínicas estéticas.

La encuesta (formulario de Google), consta de dos partes y se aplicó al personal encargado de las áreas de calidad o ambiental de las diferentes clínicas. De un lado, se midió el grado de conocimiento de la normatividad ambiental, relacionada con los vertimientos y la gestión ambiental y de otro lado, se buscó verificar el cumplimiento de los límites estipulados en el artículo 14 de la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Para elegir las clínicas que se tuvieron en cuenta en la presente investigación, se empleó de acuerdo con lo planteado por Sampieri et al. (2010), un diseño no experimental. Lo anterior, soportado en que la selección de las muestras fue de oportunidad y no probabilística, es decir, que las unidades de análisis que se seleccionaron fueron las clínicas que permitieron libremente, abrir sus puertas y dar información. La investigación no experimental se fundamenta en que son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y, en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para posteriormente pasar a analizar.

4.3.2 Búsqueda de información en entidades encargadas del manejo ambiental en vertimientos.

En general, es obligación de los usuarios que generan vertimientos realizar y presentar un estudio de caracterización de manera anual a través de laboratorios acreditados y es obligación de la empresa de servicios públicos reportar a la autoridad ambiental los incumplimientos de tales usuarios. En la zona del Valle de Aburrá, Empresas Públicas de Medellín EPM ejercen su función como operador competente para reportar la calidad de los vertimientos de las diversas fuentes. Por su parte, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá entre sus diversas funciones se destaca por ser una autoridad articuladora de la calidad ambiental y el desarrollo sostenible abarcando asuntos del cuidado, protección, la gestión, la vigilancia, el control ambiental, de gestión del riesgo y sanciones pertinentes (AMVA, 2021). la sanción por incumplimiento de los valores de los parámetros fisicoquímicos exigidos en la Resolución 631 de 2015. En ambas entidades, se indagó por diversos medios y canales de información, tanto físicos como virtuales para realizar un diagnóstico de los vertimientos hospitalarios en clínicas estéticas. Inicialmente se entabló contacto con el Área Metropolitana frente al seguimiento de los vertimientos hospitalarios y su respuesta fue el redireccionamiento hacia EPM (Anexo 9.3). Por su parte, EPM brindó la información solicitada en forma de base de datos que ha permitido soportar gran parte de los hallazgos que hacen parte del presente estudio (Anexo 9.4).

4.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN ENCONTRADA

4.4.1 Análisis Estadístico de las Encuestas

Una vez realizada la encuesta se procede a realizar un análisis de las respuestas de los responsables de cada una de las clínicas que participaron, aplicando para ello, un diagrama de frecuencias y otros gráficos estadísticos, que permiten identificar los desafíos, problemáticas y acciones exitosas emprendidas en la implementación de la norma de vertimientos líquidos establecida en la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

4.4.2 Análisis estadístico de la base de datos de EPM

4.4.2.1 Parámetros fisicoquímicos analizados

En la Tabla 18, se muestran los parámetros medidos en los establecimientos hospitalarios en el Valle de Aburrá que están consignados en el Artículo 14 de la Resolución 631 de 2015 bajo el título “Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas”. La toma de muestras y caracterización respectiva con la que cuenta cada institución hospitalaria y los demás tributarios es realizada por laboratorios o empresas, contratadas para este fin acreditadas por el IDEAM. Todos los laboratorios deben estar ajustados a las normas consignadas en los Métodos Estándar, a fin de examinar los diferentes vertimientos (APHA, 2017).

Tabla 18. Parámetros exigidos para vertimientos líquidos hospitalarios en Colombia.
Fuente: Art. 14 de la Res. 631 de 2015 y Elaboración propia

PARÁMETRO	UNIDAD
pH	Unidades de pH
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg/L O ₂
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles	mg/L
Formaldehído	mg/L
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Compuestos de Fósforo	
Ortofosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L
Fósforo Total (P)	mg/L
Compuestos de Nitrógeno	
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L
Nitrógeno Total (N)	mg/L
Iones	
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L
Metales y Metaloides	
Cadmio (Cd)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Plata (Ag)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Otros Parámetros para Análisis y Reporte	
Acidez Total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃
Dureza Cálctica	mg/L CaCO ₃
Dureza Total	mg/L CaCO ₃
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹

Una vez filtrada la información suministrada por el operador de servicios públicos EPM (consignada en este caso, en una base de datos), se realizó un análisis estadístico de forma exploratoria que comprende la presentación de la información por medio de gráficas de cajas y bigotes, matrices de correlaciones entre las variables estudiadas, así como un análisis por componentes PCA. El análisis estadístico fue realizado empleando el software R versión 3.1.1 y Microsoft office 2016.

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

5.1.1 Análisis Bibliométrico de palabras clave “Emerging + pollutants + wastewater”

Dentro del análisis, se consideró como premisa de exploración o búsqueda, que en este conjunto de palabras se reporten al menos cinco publicaciones para cada autor o país encontrado. Lo anterior, a partir de la respuesta inicial en la que se obtuvieron un total de 2.251 documentos. Se encontraron 92 autores de un total de 9.079 autores y 66 países de un total de 99 países que cumplieron con esta premisa. En la Figura 4, se muestran los 92 autores y las redes de investigación que han establecido entre sí. Por su parte, en la Figura 5 se muestra un total de 30 autores quienes de alguna manera se han conectado en sus investigaciones. Entre ellos se destacan por su numeroso aporte, Damià Barceló (34), Viviane V Yargeau (16), Amadeo Rodríguez Fernández-Alba (14), Muhammad Qamar Bilal (14) y Mira Petrovic (14), quienes registran el mayor número de trabajos publicados.

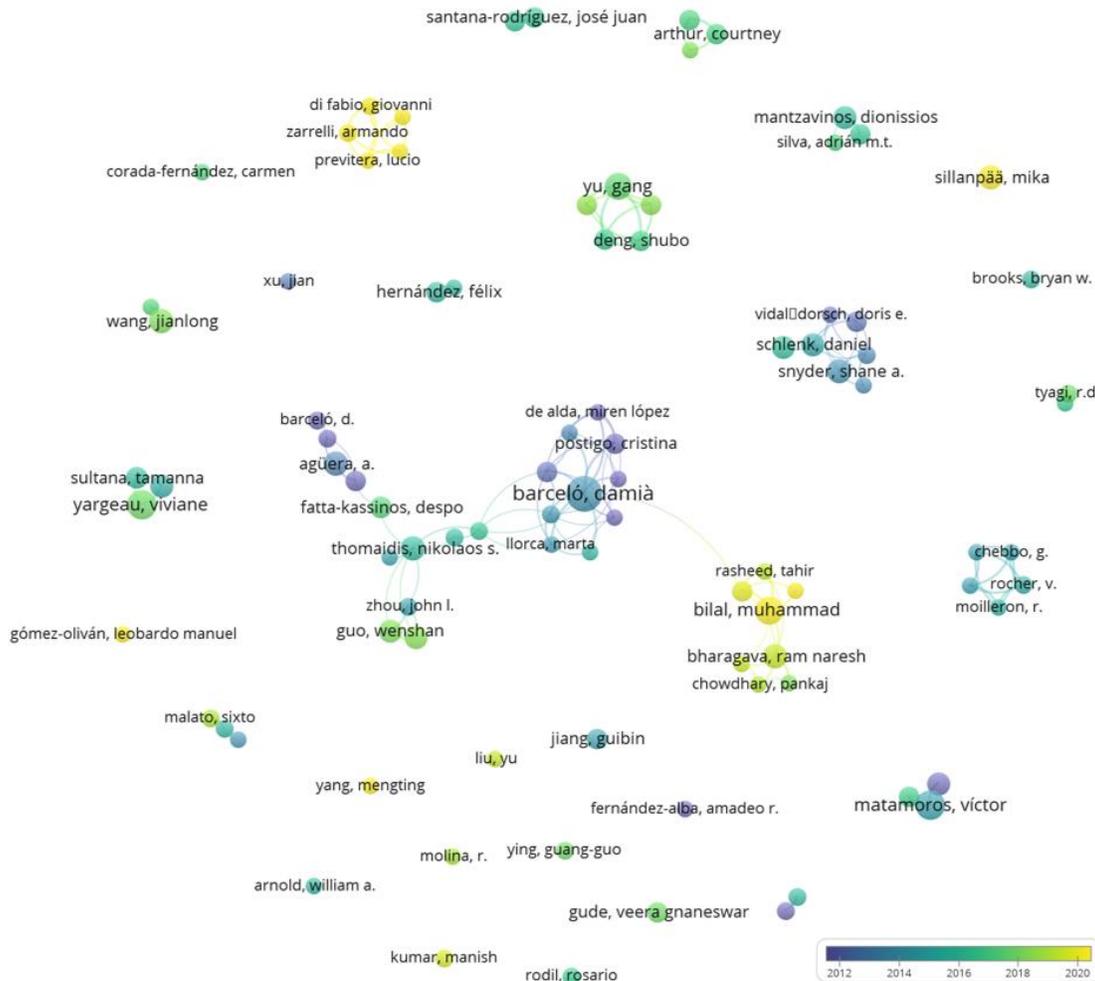


Figura 4. Clasificación de 92 autores que tienen al menos cinco publicaciones en coautoría con palabras claves emerging, pollutants y wastewater.

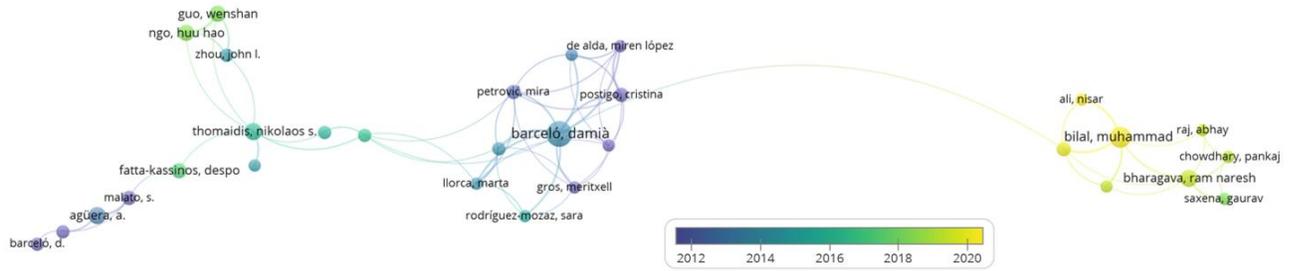


Figura 5. Clasificación de principales autores conectados con palabras claves emerging, pollutants y wastewater.

La Figura 6, muestra la evolución de las publicaciones a través de los años (para la búsqueda establecida y el motor antes referido). El comportamiento se ha mantenido de forma creciente, lo que demuestra el interés por este tema. Es importante destacar que, aunque estos dos últimos años, han sido duramente golpeados por la pandemia del Del virus Sars cov 2, las investigaciones han seguido en aumento (75 publicaciones más en 2020, en relación con el número logrado en el 2019). Además, en lo que va corrido del año 2021 las investigaciones casi se igualan a las del 2020.

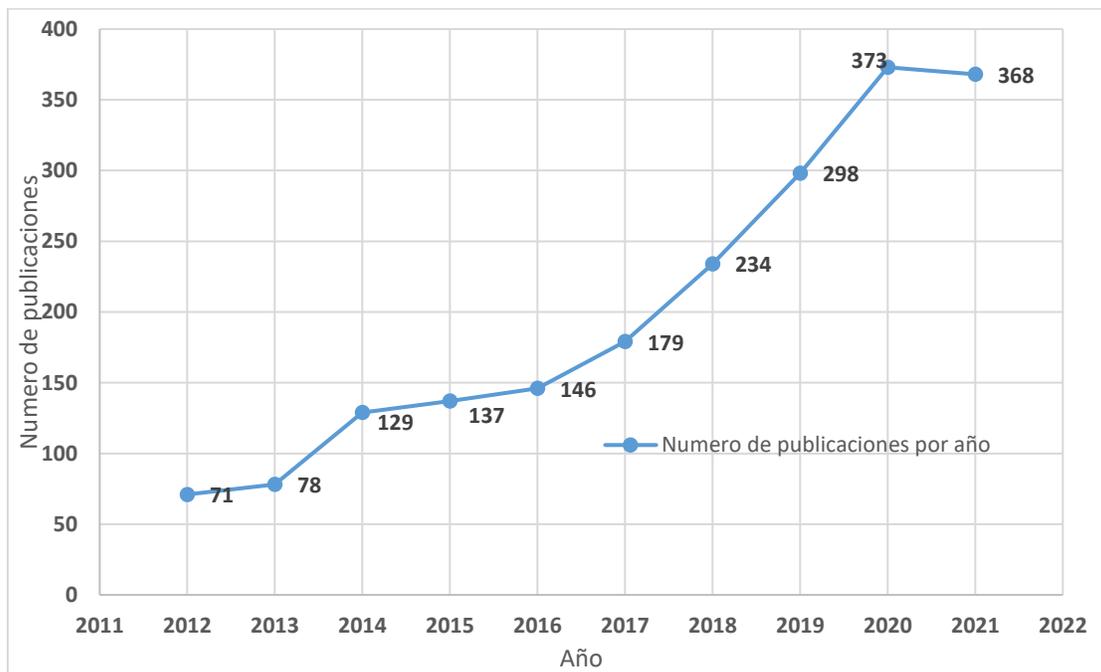


Figura 6. Número de publicaciones por año con palabras claves emerging, pollutants y wastewater

La Figura 7, muestra el mapa global de los países que tienen más impacto en términos de investigaciones alrededor del tema. En Asia, se observa como China es la protagonista, con el mayor número de publicaciones (423), luego le sigue India con 225 trabajos, siendo un país que apenas ha incursionado recientemente en este campo de investigación. Luego, le siguen en su orden: España (273), Italia (120), Alemania (66) y Portugal (56); con el mayor aporte para Europa. En América se destacan Estados Unidos (318) y Canadá (125), seguidos de Brasil (83), México (62) y Colombia (27). La Figura 8, muestra que Colombia viene ganando algún terreno en este tipo de trabajos de

investigación y de paso, se puede observar cómo son sus redes alrededor del mundo. En este aspecto, se destaca su participación con países como España, India y en menor medida con Francia, Italia, Canadá, Reino Unido, Portugal, Brasil, México y Argentina.

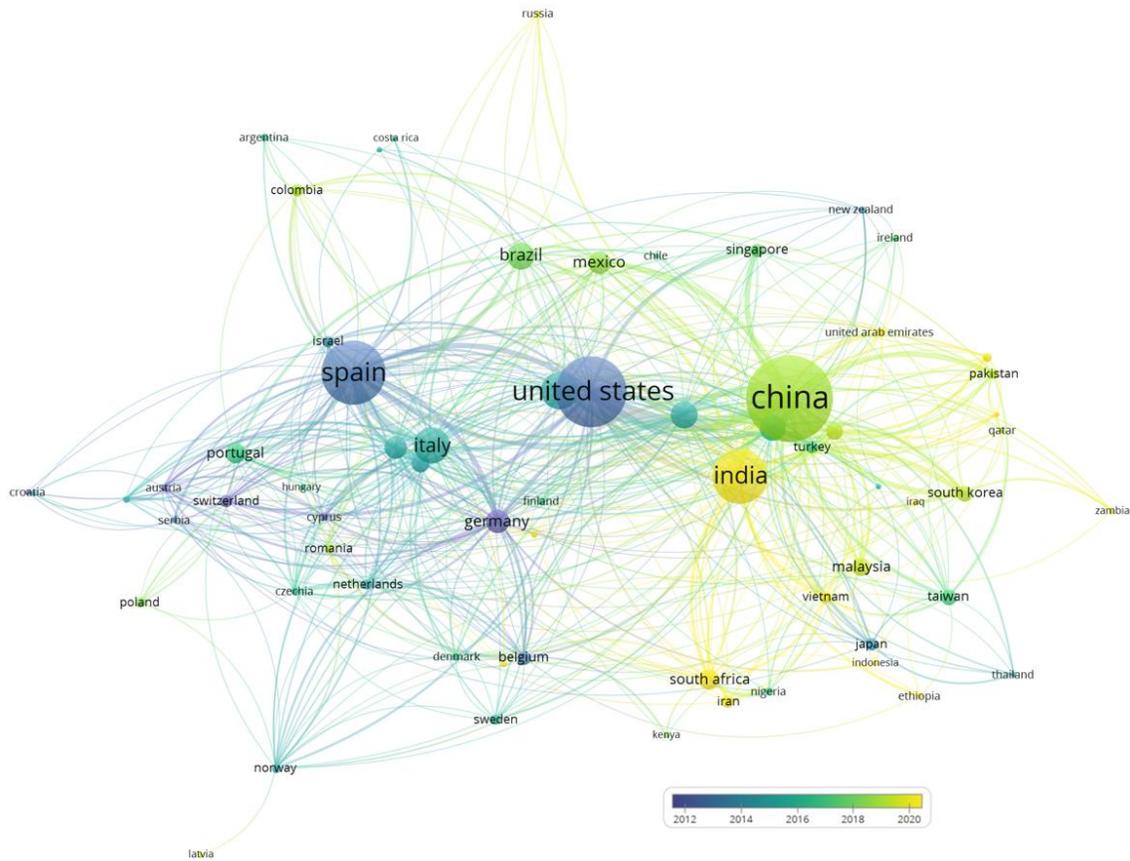


Figura 7. Países con mayor investigación, palabras claves emerging, pollutants y wastewater.

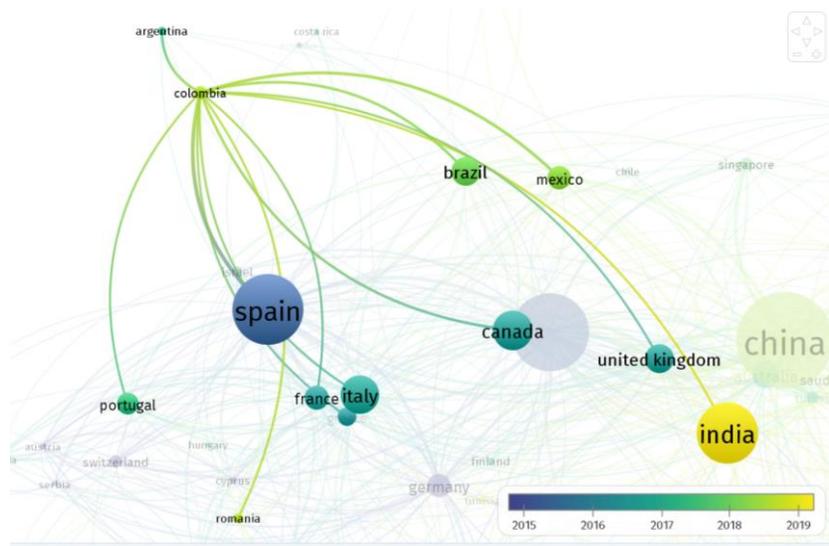


Figura 8. Países con mayor investigación relacionados con Colombia, usando palabras claves emerging, pollutants y wastewater.

Para finalizar, se planteó la realización de un análisis de coocurrencia aplicando un filtro en el que 10 sea el número mínimo de apariciones de un término que aparezca tanto en el título como en el abstract de los documentos de investigación. De 44.249 términos hallados, solo 1472 alcanzan este umbral de 10 apariciones. Para cada uno de los 1472 términos se calculó una puntuación de relevancia. En base a esta puntuación, se seleccionarán los términos más relevantes. La opción predeterminada en el software Vosviewer es seleccionar el 60% de los términos más relevantes, por lo cual se reduce a un valor de 883 términos seleccionados. La Tabla 19, resume las primeras coocurrencias de palabras más usadas en esta búsqueda, así como también el puntaje de relevancia que tienen ciertos términos a pesar de que su ocurrencia no sea alta. Se observó que la primera palabra es “Degradation” está ligada a los compuestos contaminantes o su acción contaminante en los cuerpos de agua, como también su forma natural o artificial de desnaturalizarse por diversos métodos como los mostrados en la Figura 1 de esta investigación. Por su parte, la palabra “Occurrence” está ligada a aquellos fenómenos o procesos que sin una justificación clara o que aún se siguen estudiando tratan de explicar los efectos de los diversos contaminantes en los ecosistemas acuíferos. De ahí en adelante los demás términos como “Mechanism, Sample, Adsorption” y siguientes, están ligados a las pruebas de laboratorio, procesos de degradación, desafíos, compuestos farmacéuticos y contaminantes emergentes más estudiados en vertimientos.

Tabla 19. Coocurrencia de palabras más usadas en búsqueda con palabras clave emerging, pollutants y wastewater

Terminos más repetidos	Ocurrencia
Degradation	433
Occurrence	380
Mechanism	304
Sample	271
Adsorption	259
WWTP	259
Property	254
Challenge	210
River	192
Detection	176
Experiment	170
Advanced oxidation process	164
Carbamazepine	164
Diclofenac	160
Oxidation	158

Por su parte, las Figura 9, y 10 muestran un mapa basado en datos de texto con coocurrencia más comunes y sin ningún tipo de filtro. La Figura 9, se enfocó en mostrar el año en que cada termino comenzó a tomar relevancia, mientras que la Figura 10 se encargó de señalar por medio de los colores rojo, verde, azul y amarillo, los cuatro grandes bloques de agrupación de los términos en los que es más probable encontrar asociaciones por temas similares de investigación en títulos y resumen (abstract).

5.2 ANÁLISIS DE ENCUESTAS EN CLINICAS ESTÉTICAS DEL VALLE DE ABURRÁ.

Las Figuras 11 a 18 muestran los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los centros estéticos en el área metropolitana del Valle de Aburrá con un valor de N = 13. Cabe resaltar que no se puede hablar de un diseño de experimentos y por ende calcular un valor de muestra que me permita establecer márgenes de confianza y error. Cabe recordar que las unidades de análisis que seleccionaron fueron las clínicas que accedieron a brindar la información solicitada.

Entre los hallazgos encontrados se evidenció que debido a la pandemia del virus Sars cov 2, tres clínicas habían cerrado sus puertas definitivamente. Por otro lado, sigue existiendo desconfianza o resistencia a la hora de brindar la información sobre los temas asociados a la componente ambiental y de norma, por parte de las clínicas estéticas, so pena de incurrir en una multa o infracción ambiental.

Respecto a la Figura 11, se reportó por parte de las clínicas estéticas encuestadas que la mayoría pertenecen a los estratos 4, 5 y 6 del Área Metropolitana, zona específicamente descrita y delimitada de amarillo en la Figura 3. La localización puede estar relacionada con la proximidad a personas o públicos que aparentemente, usan más este tipo de servicios. Igualmente, es estratégico para el recibimiento de turistas, que son otro sector importante para esta actividad clínica, de la cual el Valle de Aburrá es reconocido.

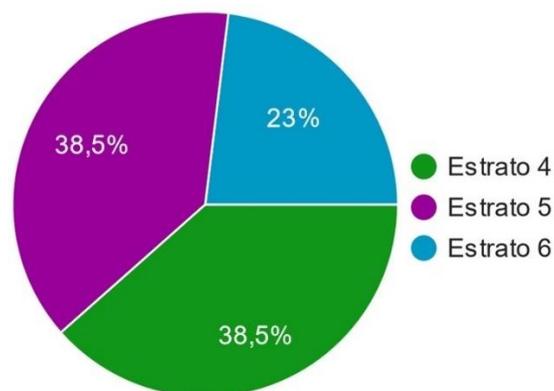


Figura 11. Ubicación según estrato de las clínicas estéticas.

Otro de los hallazgos en esta encuesta muestra que existe un alto desconocimiento sobre la red global de hospitales verdes y saludables (61.5% no participan de la red y 38.5% ignoran o desconocen su existencia). Es importante recalcar que este tipo de iniciativas surgen por los lineamientos de estamentos como la OMS y la ONU, quienes orientan una realización de gestión segura y sustentable de los residuos y vertimientos generados en este tipo de actividades por instituciones de salud con el fin de contribuir a mejorar la salud pública ambiental.

La Figura 12, muestra la tendencia de procedimientos quirúrgicos estéticos llevados a cabo en las diferentes clínicas estéticas consultadas. Los procedimientos como la liposucción, mamoplastia y rinoplastia son las más comunes, seguidas de abdominoplastia, bichectomía, blefaroplastia, mastopexia y otoplastia. La definición de cada una de estas especialidades se encuentra en el anexo 9.5.1.

Es importante resaltar, que diferentes clínicas, realizan uno o más procedimientos diferentes, por lo que la sumatoria puede no coincidir con el número de respuestas obtenidas a través del instrumento empleado.

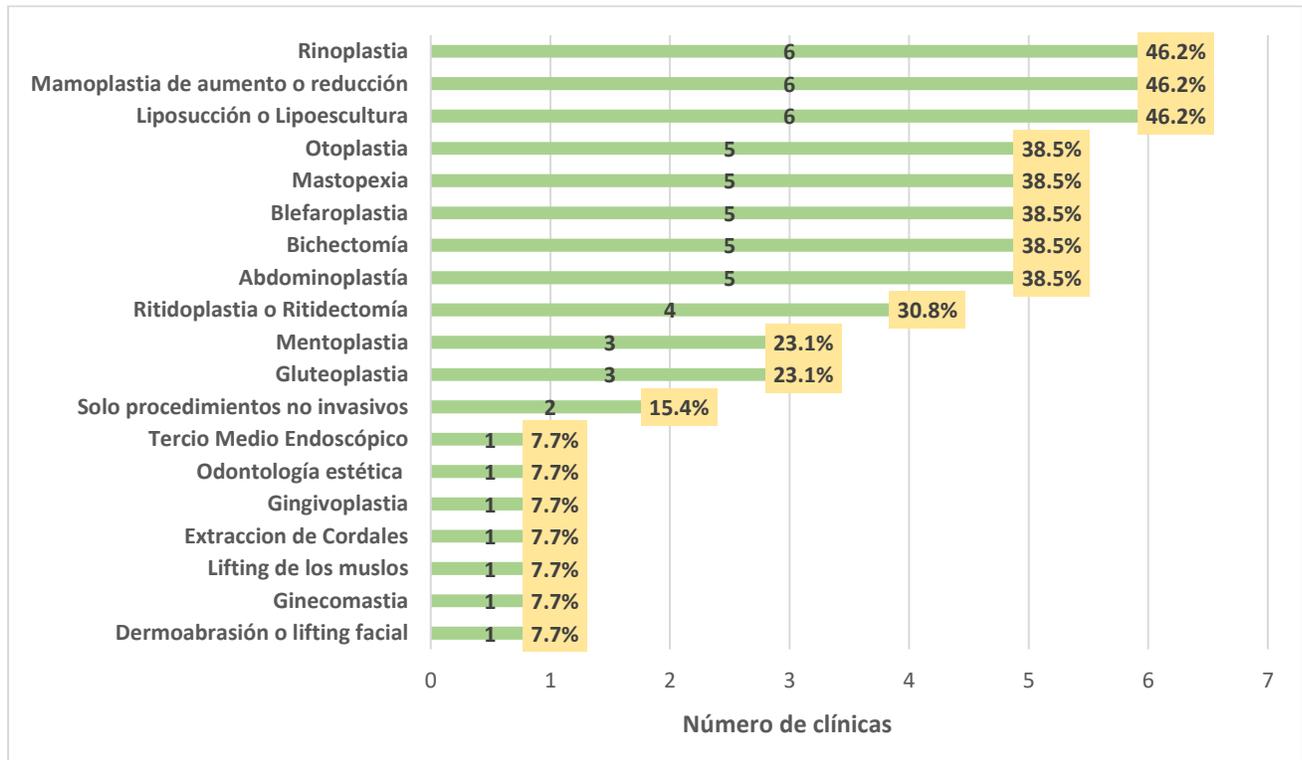


Figura 12. Procedimientos quirúrgicos estéticos practicados.

Por su parte, la Figura 13 muestra la participación de las clínicas estéticas con procedimientos no quirúrgicos. De allí, que el más común de ellos es el procedimiento con láser, seguido de la toxina botulínica, peeling químico, hilos estimuladores de colágeno, hilos tensores, plasma rico en plaquetas, mesoterapia, hidrolipoclasía. Por su parte, la respuesta de "Ninguna" hace referencia a que el número de clínicas indicada en la figura (seis en total), no practican tratamientos estéticos no invasivos que no requieren de intervención quirúrgica y, por tanto, no necesitan de una recuperación prolongada. La definición de cada una de estas especialidades se encuentra en el anexo 9.5.2.

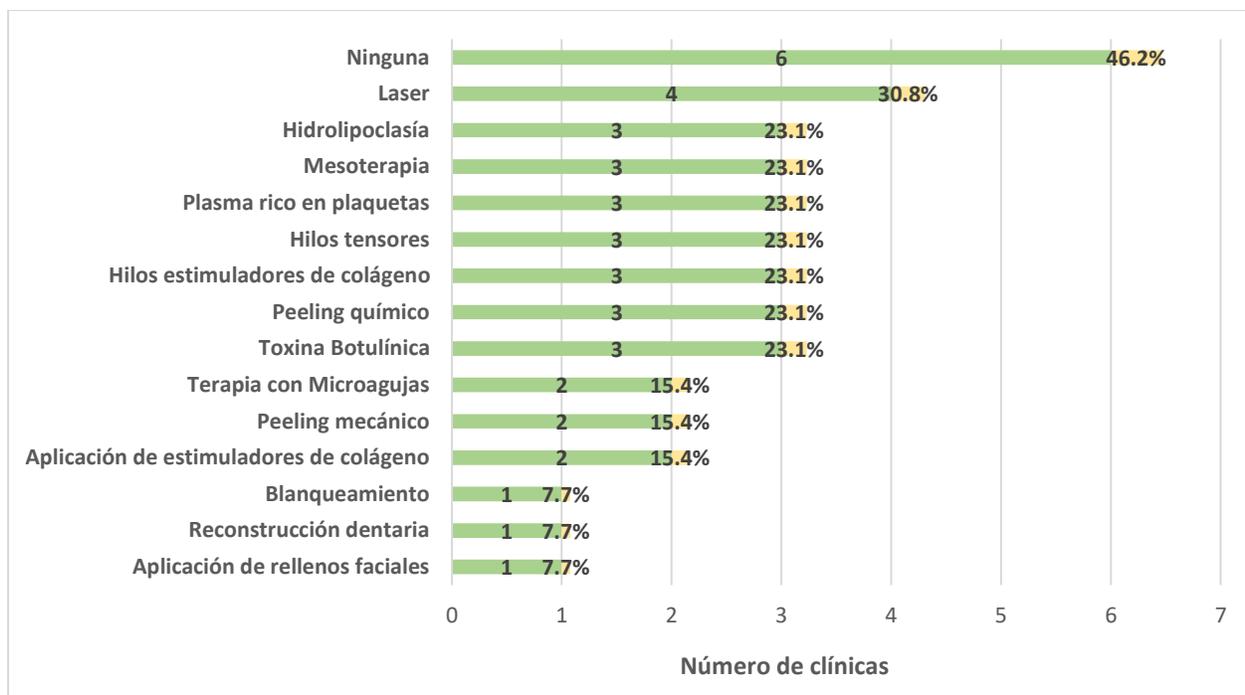


Figura 13. Procedimientos estéticos no quirúrgicos practicados.

Frente a la pregunta: grado de cumplimiento de la normatividad de vertimientos del Decreto 631 de 2015, se observa en la Figura 14, que siete clínicas que representan el 53.8% de las 13 clínicas consultadas, presentan más del 75% de cumplimiento frente a la normatividad. Este resultado se traduce que en el poco tiempo que lleva establecido la norma, las clínicas estéticas se han preocupado por cumplir los estándares sugeridos. Adicionalmente, seis de las clínicas tienen un cumplimiento incierto de la normatividad, así: una de ellas cumple en un 25%, otra con el 0% y se encuentran cuatro que no lo saben o dicen no saber sobre estos valores, lo que nos lleva a pensar en el no cumplimiento de la resolución.

Entre los hallazgos también se encuentran dificultades de orden técnico, tal como la instalación de plantas de tratamiento en instituciones en las cuales no se contempló inicialmente y se carece del espacio físico a la fecha. Igualmente, es importante recordar, que este proyecto busca evaluar el cumplimiento frente a la norma 631 de 2015, y que en el país no se evalúa a la fecha ningún aporte asociado con contaminantes emergentes donde posiblemente las cifras de cumplimiento serían diferentes.

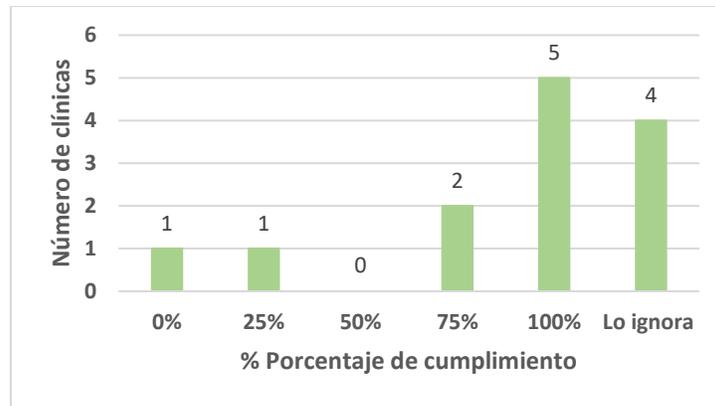


Figura 14. Grado de cumplimiento de la normatividad colombiana en vertimientos.

La Figura 15, muestra cuales han sido los parámetros fisicoquímicos con los que, en algún momento del seguimiento, las clínicas estéticas han tenido problemas con los límites permitidos. Si bien en esta pregunta solo 3 clínicas (23.1%) cumplen por completo la Resolución 631 de 2015, no contradice lo planteado en la Figura 14 en la que aparecen cinco clínicas que cumplen la normatividad. Esto es debido a los esfuerzos al transcurrir de los años por mejorar los estándares ambientales en estos establecimientos.

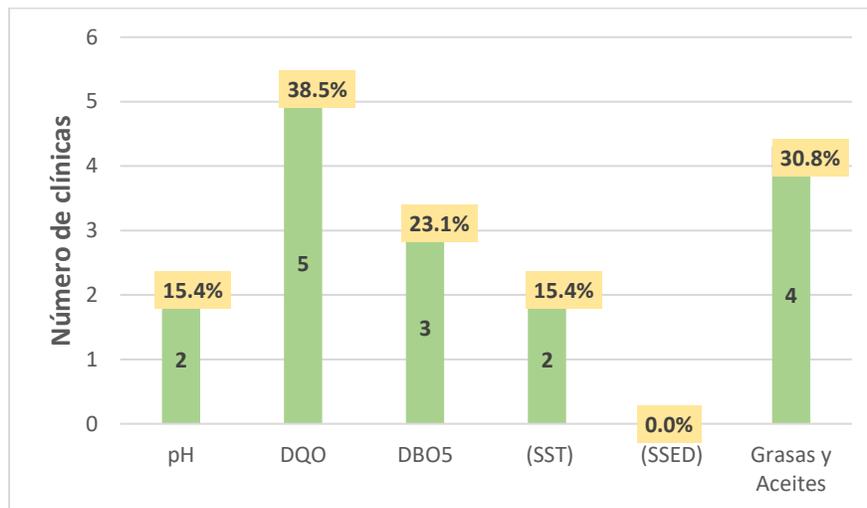


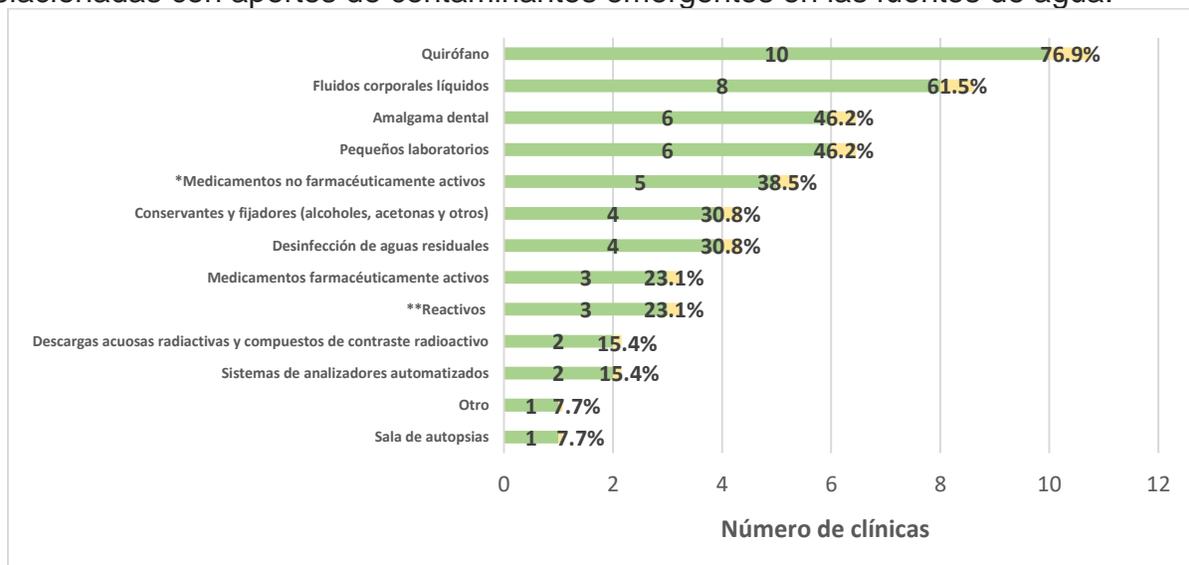
Figura 15. Parámetros monitoreados que están por fuera de los límites permitidos.

De otro lado, en relación con la pregunta ¿cuáles son los insumos más utilizados en las actividades propias de la clínica estética a la que está adscrito? Las respuestas se resumen en la Tabla 20, en las que se observa que las sustancias más frecuentes son los medicamentos y las soluciones electrolíticas. Igualmente, en menor medida se encuentran el uso de siliconas, geles, ácidos y bases. Este tipo de reportes corrobora que el tipo de sustancias empleadas o sus metabolitos, están dentro de los llamados contaminantes emergentes, por lo cual será importante plantear estrategias de seguimiento para esta actividad clínica.

Tabla 20. Insumos más usados en las clínicas estéticas.

Sustancias	Número de clínicas que usan estas sustancias	Porcentaje de uso respecto al total (13 clínicas)
Ácidos	3	23.1%
Aceites	3	23.1%
Bases	2	15.4%
Siliconas	5	38.5%
Medicamentos	10	76.9%
Soluciones electrolíticas (Dextrosa, soluciones salinas, Hartmann, etc.)	9	69.2%
Geles	4	30.8%
Cosméticos	1	7.7%
Químicos para el lavado de instrumental	1	7.7%
Amonio	1	7.7%
Productos de limpieza y desinfección	1	7.7%

La Figura 16 indica que se tienen algunas prácticas de sostenibilidad ambiental bajo las directrices de la OMS (Carraro et al., 2016), en cuanto a la disposición final de vertimientos hospitalarios en ciertos lugares o prácticas propias de una clínica estética. Hay un porcentaje apreciable para el seguimiento de los fluidos corporales líquidos (61.54%) y los que se producen en los quirófanos (76.92%). Se llama la atención, en no interpretar el seguimiento específico de sólo seis de los centros clínicos, puesto que se logró identificar que algunos casos, las clínicas ocupan una torre médica y utilizan los mismos servicios de laboratorio (centralizados). El mismo caso ocurre con las amalgamas dentales, que son un producto propio de especialidades relacionadas con cirugías maxilofaciales u otras similares. Se deberá prestar atención, a los productos que en la Figura 17, presentan un valor menor al 40% en el seguimiento, pues al cruzar la información con lo ilustrado en la Tabla 20 podría dar indicios y enfocar tareas futuras, relacionadas con aportes de contaminantes emergentes en las fuentes de agua.

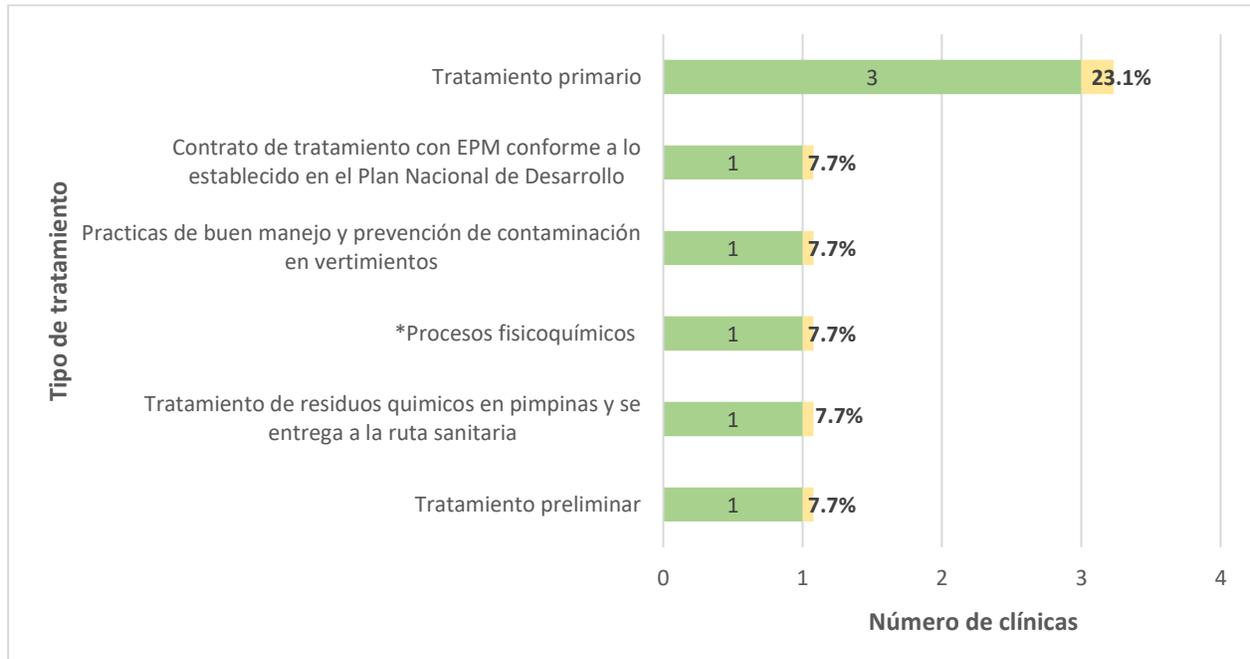


*Por ejemplo: solución de glucosa, solución salina, alimentos y suplementos nutricionales líquidos.

**Violeta cristal, yodo y carbol fucsia neutralizado o diluido, etc.

Figura 16. Prácticas de seguimiento apropiado a vertimientos hospitalarios según directrices de la OMS

De acuerdo con la Figura 17, solo tres clínicas realizan un tratamiento primario y solo una un tratamiento preliminar, pero en la información recolectada no fue necesariamente incluyente que el tratamiento primario tuviera un tratamiento preliminar. Ninguna de las clínicas consultadas realiza actualmente un tratamiento secundario o terciario o en combinaciones con tratamientos biológicos o fisicoquímicos, aunque sí afirman practicar iniciativas de prevención o seguimiento con la ayuda de EPM.



* Filtro lento de grava, carbón activado y antracita.

Figura 17. Sistemas o tratamientos de aguas residuales usados

Por último, la Figura 18 muestra los resultados sobre los motivos que han limitado la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en las clínicas estéticas. Es importante aclarar que algunas de las clínicas estéticas consultadas si manejaban gestores de residuos especializados, esta investigación se enfocó en los sistemas de tratamiento de aguas residuales y los tipos de sistemas empleados. Cuatro de las clínicas consultadas no tienen necesidad de planta de tratamiento ya que su tamaño es pequeño y los pocos vertimientos generados recogidos y entregados a un tercero para su eliminación, por lo que no se cuentan en la Figura 18, sin embargo, las otras clínicas desde la perspectiva de las actividades estéticas que realizan y los parámetros que se debe reportar a EPM y Área Metropolitana como CAR encargada, si se recomienda un tratamiento previo antes de llegar al vertimiento urbano. La siguiente problemática en otras clínicas, se atribuye a la falta de planeación en la construcción inicial, pues esta no contempló la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Incluso, una de las clínicas que participó de la encuesta, manifestó que en caso de ser necesaria la construcción de la planta de tratamiento, deberá emplear el espacio que actualmente está destinado al parqueadero y la inversión de dicha PTAR, sería de alta cuantía.

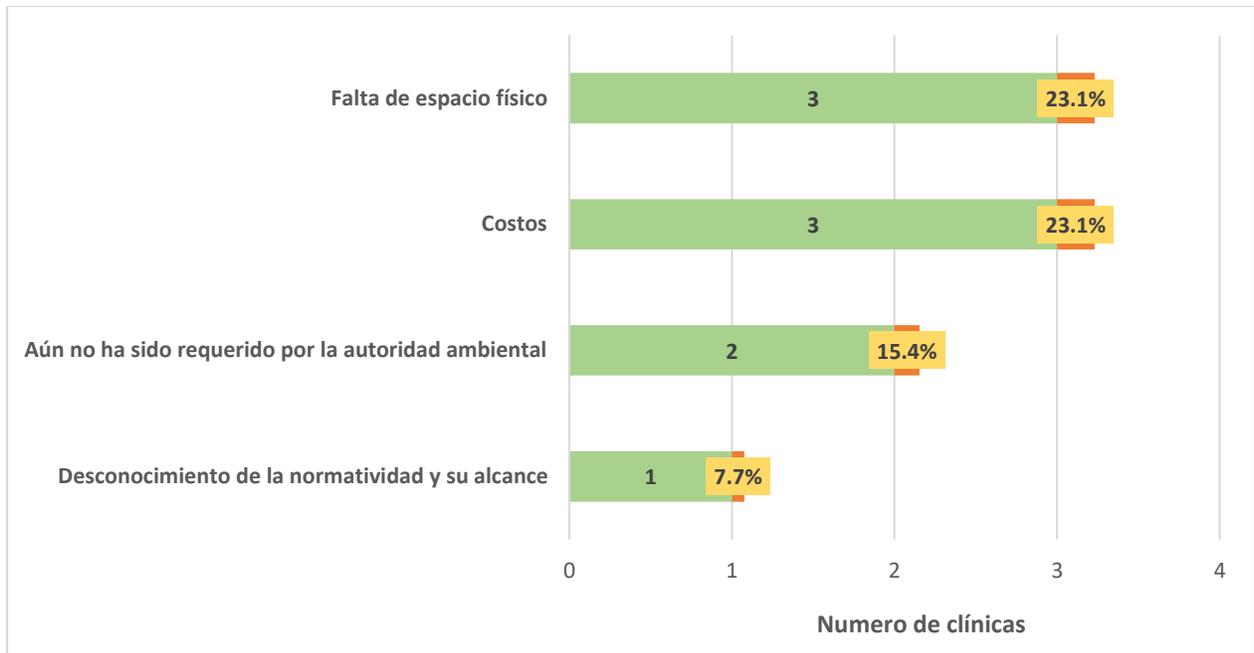


Figura 18. Impedimentos para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.3.1 Depuración de la información de base de datos de EPM

La base de datos suministrada por EPM consta de la información recopilada durante los años 2019 y 2020 en el Valle de Aburrá y corresponden a los centros de salud, hospitales, clínicas estéticas y otros, clasificados como “Actividades de atención a la salud humana - Atención médica con o sin internación”. La Tabla 21, contiene las variables y los cambios en términos de convención y abreviaturas que se usaron para facilitar los respectivos análisis. Cabe aclarar que por manejo de habeas data no se pudo realizar un mayor filtro con las clínicas estéticas, ya que diversos hospitales en la zona de estudio funcionan de manera específica con cierto tipo de especialidades, que están dentro de la clasificación de cirugías estéticas que serían las reconstructivas como lo es el caso de la cirugía maxilofacial y por tal motivo fueron incluidas en esta investigación.

Tabla 21. Abreviaturas de variables, base de datos de EPM. Fuente: Elaboración propia.

# Variable	Variable medida en vertimiento	Abreviatura
1	pH Máximo	pH ⁺
2	pH mínimo	pH ⁻
3	^a pH Promedio	pHprom
4	Caudales promedio (L/s)	Q
5	^b Volumen descargado (m ³ /mes)	Vmes
6	^c Carga mensual DBO (T/mes)	CDBO
7	^d Carga mensual DQO (T/mes)	CDQO
8	^e Carga mensual SST (T/mes)	CSST
9	Demanda química de oxígeno DQO (mg/L)	DBO
10	Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ (mg/L)	DQO
11	Sólidos suspendidos totales SST (mg/L)	SST
12	Sólidos sedimentables (ml/L/h)	SSSED
13	Grasas aceites (mg/L)	G&A
14	Fenoles (mg/L)	F
15	Sustancia act Azul de metileno (mg/L)	SAZUL
16	Ortofosfatos P PO ₄ ⁻³ (mg/L)	ORTOF
17	Fosforo total (mg/L)	FT
18	Nitratos N NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻
19	Nitritos N NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻
20	Nitrógeno amoniacal N NH ₃ (mg/L)	NH ₃
21	Nitrógeno total N (mg/L)	NT
22	Cianuro total CN ⁻ (mg/L)	CNT
23	Cadmio Cd (mg/L)	Cd
24	Cromo Cr (mg/L)	Cr
25	Mercurio Hg (mg/L)	Hg
26	Plata Ag (mg/L)	Ag
27	Plomo Pb (mg/L)	Pb
28	Acidez total (mg/L CaCO ₃)	AT
29	Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	ALCT
30	Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	DC
31	Dureza total (mg/L CaCO ₃)	DT
32	Color real medido absorbido 436 (m ⁻¹)	CA436
33	Color real medido absorbido 525 (m ⁻¹)	CA525
34	Color real medido absorbido 620 (m ⁻¹)	CA620

Esta base de datos consta de un total de 177 muestras (puntos de vertimientos), de las cuales 82 corresponden a reportes del año 2019 y 95 al año 2020. Por cada punto de vertimiento, se realizó un análisis de sus valores máximos, mínimos y el promedio general para cada año. Además, se estableció la cantidad de valores que cumplen o incumplen, con los límites estipulados en el Art. 14, Res. 631 de 2015. Cabe aclarar que solo algunos de los ítems tienen valores máximos o mínimos permitidos, el resto se limita tal como lo indica la norma, a realizar análisis y reporte.

Respecto a la Tabla 21, se tienen las siguientes consideraciones:

- a) Si bien, el pH es un parámetro que normalmente no se promedia debido a que su cálculo utiliza logaritmos y es más adecuado colocar rangos, para esta investigación se usó los valores de promedio entre el valor máximo y mínimo reportado para que evitar correlaciones entre dos variables conocidas. Es decir, se buscaba conocer posibles relaciones o correlaciones de variables reportadas teniendo un valor promedio de pH y poder sacar conclusiones especialmente en el análisis estadístico en RStudio. Sin embargo, los valores de pH máximo, pH mínimo y pH promedio se tendrán en cuenta para el cálculo del coeficiente de variación.
- b) Para el cálculo del coeficiente de variación se trabajó con todas las variables. aunque para los cálculos estadísticos en RStudio se realizó la siguiente depuración:
 - i) No se tuvo en cuenta la variable No 5 “*Volumen descargado (m³/mes)*”, ya que la variable No 4 “*Caudales promedio (L/s)*”, es la misma, pero en diferentes unidades.
 - ii) Se trabajaron los análisis con los valores de carga de DQO, DBO₅ y SST en unidades de concentración (mg/L), esto es debido, con el fin de establecer posibles relaciones con las demás variables que están con estas mismas unidades. Por tanto, se descartan las variables 6, 7 y 8 que tienen unidades de (T/mes).
 - iii) Se trabajó solo con las cantidades totales de fósforo y nitrógeno, ya que sus electrolitos están contenidos en estos parámetros, evitando de esta manera correlaciones por ser variables dependientes. Es más interesante observar cual es el comportamiento de estos dos parámetros frente al resto.

5.3.1.1 Cálculo del coeficiente variación

El cálculo del coeficiente variación como indicador, es una medida estadística que ofrece información respecto de la dispersión relativa de un conjunto de datos. Esta medida es muy utilizada en la ciencia de las estadísticas, pues permite establecer una relación entre el tamaño de la media aritmética y la variabilidad de la variable. En otras palabras, relaciona la media aritmética y la desviación estándar de un conjunto de datos (Software Delsol, 2022). Una vez realizada la discriminación de la base de datos y dividida en los

años 2019 y 2020 se procedió a realizar los cálculos respectivos para obtener el coeficiente de variación de cada una de las variables en cada año para luego compararlos entre sí y ver en qué año se presentó mayor dispersión de la información. La

Tabla 22, muestra la información correspondiente al año 2019 y la Tabla 23 al año 2020 respectivamente. Los parámetros y sus valores resaltados (amarillo), si bien están reportados en la base de datos, no son requisito para el cumplimiento de vertimientos en el denominado Decreto 631 de 2015.

Tabla 22. Coeficiente de variación para parámetros fisicoquímicos en 2019.

VARIABLE	Valor límite Art. 14, Res. de 2015	Valor mínimo reportado	Valor máximo reportado	Promedio Max y Min	Muestras por fuera de rango	% muestras por fuera de rango
pH Máximo	9	6.73	10.98	8.855	7	8.54%
pH Mínimo	6	2.69	8.30	5.495	7	8.54%
pH Promedio	N/A	6.12	8.81	7.465	0	0.00%
Caudales promedio (L/s)	N/A	3 *10 ⁻³	8.29	4.15	0	0.00%
Carga DBO (Kg/día)	N/A	3 *10 ⁻³	97.41	48.71	0	0.00%
Carga DQO (Kg/día)	N/A	0.01	305.13	152.57	0	0.00%
Carga SST (Kg/día)	N/A	3 *10 ⁻³	35.81	17.91	0	0.00%
DQO (mg/L)	200	4	7256	3630	69	84.15%
DBO(mg/L)	150	2	2523	1262.5	52	63.41%
SST (mg/L)	50	8	602	305	47	57.32%
Grasas aceites (mg/L)	10	5	303	154	44	53.66%
Solidos sedimentables (ml/L/h)	5	0.08	15	7.54	6	7.32%
Fenoles (mg/L)	N/A	1.6 *10 ⁻²	0.76	0.39	0	0.00%
Sustancia act Azul de metileno (mg/L)	Análisis y reporte	0.12	950	475.06	0	0.00%
Ortofosfatos PO ₄ ⁻³ (mg/L)	Análisis y reporte	0.01	51.3	25.66	0	0.00%
Fosforo total (mg/L)	Análisis y reporte	0.02	32.4	16.21	0	0.00%
Nitratos N NO ₃ ⁻ (mg/L)	Análisis y reporte	5 *10 ⁻³	669	334.50	0	0.00%
Nitritos N NO ₂ ⁻ (mg/L)	Análisis y reporte	2*10 ⁻³	27.19	13.6	0	0.00%
Nitrógeno amoniacal N NH ₃ (mg/L)	Análisis y reporte	0.05	116	58.03	0	0.00%
Nitrógeno total (mg/L)	Análisis y reporte	1.56	800	400.78	0	0.00%
Cianuro total CN ⁻ (mg/L)	0.5	0.01	0.14	0.08	0	0.00%
Cadmio Cd (mg/L)	0.05	1*10 ⁻³	0.06	0.03	1	1.22%
Cromo Cr (mg/L)	0.5	2*10 ⁻³	0.1	0.05	0	0.00%
Mercurio Hg (mg/L)	0.01	3*10 ⁻⁴	0.19	0.1	1	1.22%
Plata Ag (mg/L)	Análisis y reporte	2*10 ⁻³	0.24	0.12	0	0.00%
Plomo Pb (mg/L)	0.1	1*10 ⁻³	0.25	0.13	10	12.20%
Acidez total (mg/L CaCO ₃)	Análisis y reporte	1.03*10 ⁻¹	400	200.05	0	0.00%
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	Análisis y reporte	2	1570.7	786.35	0	0.00%
Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	Análisis y reporte	10.1	342.14	176.12	0	0.00%
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	Análisis y reporte	21.6	366.86	194.23	0	0.00%
Color real medido absorbido 436 (m ⁻¹)	Análisis y reporte	0.1	12.4	6.25	0	0.00%
Color real medido absorbido 525 (m ⁻¹)	Análisis y reporte	0	9.13	4.57	0	0.00%
Color real medido absorbido 620 (m ⁻¹)	Análisis y reporte	0	7.6	3.8	0	0.00%

Tabla 23. Coeficiente de variación para parámetros fisicoquímicos en 2020.

VARIABLE	Valor límite Art. 14, Res. 631 de 2015	Valor mínimo reportado	Valor máximo reportado	Promedio Max y Min	Muestras por fuera de rango	% muestras por fuera de rango
pH Máximo	9	6.62	10.51	8.57	9	9.47%
pH Mínimo	6	3.03	8.01	5.52	10	10.53%
*pH Promedio	N/A	5.69	8.71	7.20	0	0.00%
Caudales prom (L/s)	N/A	0.01	4.40	2.20	0	0.00%
Carga DBO (Kg/día)	N/A	0.00	53.98	26.99	0	0.00%
Carga DQO (Kg/día)	N/A	0.00	136.10	68.05	0	0.00%
Carga SST (Kg/día)	N/A	0.00	51.54	25.77	0	0.00%
DQO (mg/L)	200	15.00	1430.00	722.50	67	70.53%
DBO(mg/L)	150	2.00	667.62	334.81	43	45.26%
SST (mg/L)	50	5.00	5050.00	2527.50	51	53.68%
Grasas aceites (mg/L)	10	0.00	135.00	67.50	47	49.47%
Solidos sedimentables (ml/L/h)	5	0.10	15.00	7.55	6	6.32%
Fenoles (mg/L)	N/A	0.00	1.72	0.86	0	0.00%
Sustancia act Azul de metileno (mg/L)	Análisis y reporte	0.07	73.80	36.94	0	0.00%
Ortofosfatos PO4-3 (mg/L)	Análisis y reporte	0.03	34.97	17.50	0	0.00%
Fosforo total (mg/L)	Análisis y reporte	0.07	45.40	22.73	0	0.00%
Nitratos N NO3- (mg/L)	Análisis y reporte	0.01	1737.00	868.51	0	0.00%
Nitritos N NO2-(mg/L)	Análisis y reporte	0.00	7.21	3.61	0	0.00%
Nitrógeno amoniacal N NH3 (mg/L)	Análisis y reporte	0.05	175.00	87.53	0	0.00%
Nitrógeno total (mg/L)	Análisis y reporte	0.50	1769.04	884.77	0	0.00%
Cianuro total CN- (mg/L)	0.5	0.00	0.18	0.09	0	0.00%
Cadmio Cd (mg/L)	0.05	0.00	0.05	0.03	0	0.00%
Cromo Cr (mg/L)	0.5	0.00	0.50	0.25	0	0.00%
Mercurio Hg (mg/L)	0.01	0.00	0.02	0.01	2	2.11%
Plata Ag (mg/L)	Análisis y reporte	0.00	0.20	0.10	0	0.00%
Plomo Pb (mg/L)	0.1	0.00	0.20	0.10	2	2.11%
Acidez total (mg/L CaCO3)	Análisis y reporte	0.00	195.48	97.74	0	0.00%
Alcalinidad total (mg/L CaCO3)	Análisis y reporte	10.00	1328.12	669.06	0	0.00%
Dureza cálcica (mg/L CaCO3)	Análisis y reporte	11.00	255.78	133.39	0	0.00%
Dureza total (mg/L CaCO3)	Análisis y reporte	25.52	480.20	252.86	0	0.00%
Color real medido absorbido 436 (m-1)	Análisis y reporte	0.00	18.42	9.21	0	0.00%
Color real medido absorbido 525 (m-1)	Análisis y reporte	0.00	13.46	6.73	0	0.00%
Color real medido absorbido 620 (m-1)	Análisis y reporte	0.00	11.20	5.60	0	0.00%

Para finalizar, la Tabla 24 consolida la información de los coeficientes de variación de los años 2019 y 2020 con los cuales podemos tener una idea de cuál ha sido su comportamiento año tras año y comparar entre parámetros que tan dispersos son los datos. La última columna contiene el año con la menor dispersión de la información, es decir, el valor de coeficiente más pequeño se traduce en el año en que se presentó menos valores atípicos de cada parámetro fisicoquímico. El año 2019 tiene 20 parámetros con menor dispersión y el año 2020 tiene 13 parámetros con menor dispersión. Una de las posibles interpretaciones es debido a que en el año 2020 se incrementaron el número de visitas y control a estos establecimientos, lo que a su vez representa un incremento en la variabilidad de los datos suministrados en cada uno de los parámetros. Entre los valores atípicos en la desviación estándar se tiene que el DBO₅ y DQO presentaron valores muy altos en el 2019 de 803.37 y 297.31 respectivamente y en el 2020 fueron los parámetros de DQO y SST con los valores de 251.25 y 517.41. Esta diferencia en los datos es precisamente por la presencia de esos datos atípicos a los que se recomienda seguir realizando seguimiento pertinente en los puntos de medición donde fueron tomados. También, se observa que hubo valores como es el caso del mercurio en el 2019 cuyo coeficiente de variación llegó al valor 581.86%, sin embargo, solo tiene un valor atípico y

la variación tan grande se debe a que los valores reportados son muy pequeños cercanos a cero, igual situación sucede con el cadmio con un valor atípico y con un valor de coeficiente de variación de 153.67%. Los nitritos, nitratos y plomo tienen un coeficiente de variación alto, pero es debido a que poseen valores cercanos a cero y que hacen que esta medición sea muy amplia, esto es debido a que estas mediciones se hacen con el límite de sensibilidad del equipo analítico que está llevando la medición. En el 2020, son los sólidos suspendidos totales que presenta un coeficiente muy alto 411.95%, ya que este presenta un valor atípico de concentración de 5050 mg/L en un punto de muestreo que supera por mucho los valores máximos permitidos y estipulados en la normatividad. Caso contrario con de los nitratos, nitritos y nitrógeno total que, si bien presentan valores altos, solamente se realiza su análisis y reporte respectivo, con la salvedad de que al presentar valores cercanos a cero hacen que el valor del coeficiente sea alto. Los demás parámetros en ambas tablas presentan valores que, si bien superan el 100%, se debe entender que algunos hospitales están desarrollando sus iniciativas de control y cumplimiento de la normatividad vigente.

Tabla 24. Comparación de coeficientes de variación de 2019 y 2020

Parámetro fisicoquímico	Desviación estándar σ 2019	Promedio \bar{X} 2019	% Coeficiente de variación 2019	Desviación estándar σ 2020	Promedio \bar{X} 2020	% Coeficiente de variación 2020	Menor dispersión de información
pH Máximo	0.66	8.41	7.81%	0.76	8.30	9.17%	2019
pH Mínimo	0.80	6.69	11.96%	0.81	6.62	12.19%	2019
*pH Promedio	0.47	7.55	6.28%	0.54	7.46	7.23%	2019
Caudales prom (L/s)	1.29	0.69	187.41%	0.70	0.43	162.36%	2020
Carga DBO (Kg/día)	15.15	9.35	162.08%	10.15	5.16	196.64%	2019
Carga DQO (Kg/día)	38.77	20.70	187.30%	23.29	12.16	191.42%	2019
Carga SST (Kg/día)	6.07	3.58	169.50%	6.90	2.86	241.81%	2019
DQO (mg/L)	803.37	517.92	155.11%	251.25	351.90	71.40%	2020
DBO(mg/L)	297.31	232.36	127.95%	113.68	152.69	74.45%	2020
SST (mg/L)	93.76	82.32	113.90%	517.41	125.60	411.95%	2019
Grasas aceites (mg/L)	39.32	24.11	163.10%	10.91	6.17	176.86%	2019
Sólidos sedimentables (ml/L/h)	2.91	1.78	163.54%	22.42	17.95	124.92%	2020
Fenoles (mg/L)	0.09	0.11	87.77%	2.40	1.38	173.59%	2019
Sustancia act Azul de metileno (mg/L)	129.12	26.00	496.68%	0.17	0.11	152.32%	2020
Ortofosfatos PO_4^{3-} (mg/L)	10.84	9.72	111.53%	6.88	5.58	123.28%	2019
Fosforo total (mg/L)	5.56	5.95	93.40%	7.87	5.16	152.58%	2019
Nitratos N NO_3^- (mg/L)	112.26	45.22	248.24%	216.20	48.62	444.64%	2019
Nitritos N NO_2^- (mg/L)	3.07	0.41	755.54%	0.82	0.16	521.49%	2020
Nitrógeno amoniacal N NH_3 (mg/L)	25.66	25.67	99.95%	23.58	17.08	138.04%	2019
Nitrógeno total (mg/L)	124.05	117.23	105.82%	213.92	94.71	225.86%	2019
Cianuro total CN' (mg/L)	0.03	0.06	54.69%	0.03	0.04	79.32%	2019
Cadmio Cd (mg/L)	0.01	0.01	153.67%	0.01	0.01	154.80%	2019
Cromo Cr (mg/L)	0.04	0.04	98.15%	0.09	0.05	171.03%	2019
Mercurio Hg (mg/L)	0.02	0.004	581.86%	0.00	0.00	151.65%	2020
Plata Ag (mg/L)	0.05	0.04	128.64%	0.04	0.03	105.41%	2020
Plomo Pb (mg/L)	0.05	0.05	106.43%	0.04	0.03	124.42%	2019
Acidez total (mg/L $CaCO_3$)	57.42	27.14	211.56%	28.63	20.23	141.53%	2020
Alcalinidad total (mg/L $CaCO_3$)	304.18	254.77	119.39%	244.14	204.78	119.22%	2020
Dureza cálcica (mg/L $CaCO_3$)	45.45	42.54	106.83%	33.22	42.15	78.82%	2020
Dureza total (mg/L $CaCO_3$)	58.84	65.65	89.63%	55.46	65.50	84.68%	2020
Color real medido absorbido 436 (m^{-1})	2.63	3.30	79.76%	3.72	3.86	96.38%	2019
Color real medido absorbido 525 (m^{-1})	1.87	1.79	104.45%	2.92	2.53	115.32%	2019
Color real medido absorbido 620 (m^{-1})	1.49	1.07	138.93%	2.51	1.93	130.12%	2020

Por último, los diagramas de cajas y bigotes para las bases de datos de 2019 y 2020 (Figura 19 y Figura 20) muestran los hallazgos descritos anteriormente, especialmente los puntos a los que hay seguir realizando seguimiento en futuras mediciones. En ambas figuras solo se encuentran las mediciones de cantidades totales de fósforo y nitrógeno, por otro lado, se descartaron las medidas de color por no presentar variación en sus mediciones.

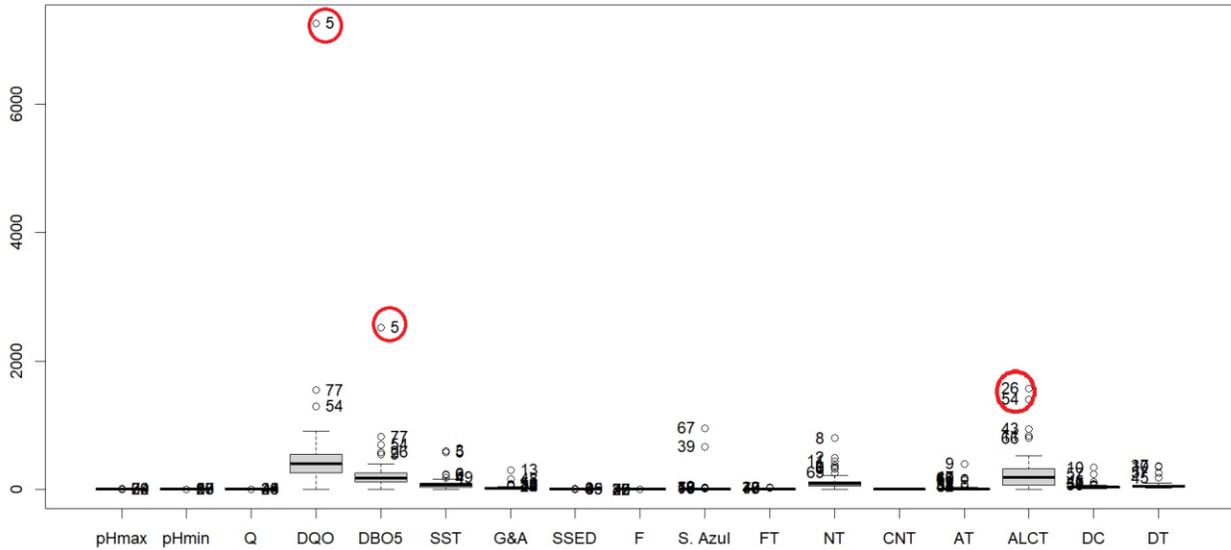


Figura 19. Cajas y bigotes para base de datos 2019.

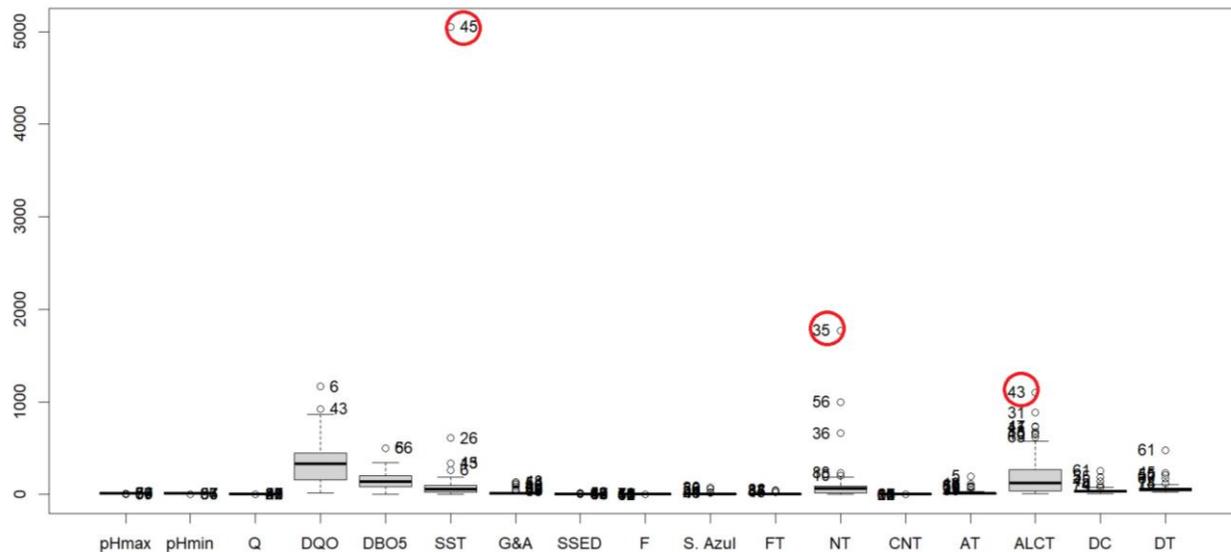


Figura 20. Cajas y bigotes para base de datos 2020.

5.3.2 Matriz de covarianza, PCA y RDA en RStudio

A partir del análisis estadístico llevado a cabo con el software RStudio y teniendo en cuenta las consideraciones en la sección 5.3.1, se inició el análisis estadístico con 25 variables (Tabla 25). Esta información inicial permitió vislumbrar de manera anticipada, cuáles son las variables de mayor relevancia y que de paso, requieren mayor atención. Adicionalmente, se evaluaron las posibles correlaciones.

Tabla 25. Parámetros para análisis estadístico en RStudio

# Variable	Variable medida en vertimiento	Abreviatura
1	pH Máximo	pHmax
2	pH Mínimo	pHmin
3	Caudales promedio (L/s)	Q
4	Demanda química de oxígeno DQO (mg/L)	DBO
5	Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ (mg/L)	DQO
6	Sólidos suspendidos totales SST (mg/L)	SST
7	Sólidos sedimentables (ml/L/h)	SSED
8	Grasas aceites (mg/L)	G&A
9	Fenoles (mg/L)	F
10	Sustancia act Azul de metileno (mg/L)	SAZUL
11	Fosforo total (mg/L)	FT
12	Nitrógeno total N (mg/L)	NT
13	Cianuro total CN ⁻ (mg/L)	CNT
14	Cadmio Cd (mg/L)	Cd
15	Cromo Cr (mg/L)	Cr
16	Mercurio Hg (mg/L)	Hg
17	Plata Ag (mg/L)	Ag
18	Plomo Pb (mg/L)	Pb
19	Acidez total (mg/L CaCO ₃)	AT
20	Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	ALCT
21	Dureza cálcica (mg/L CaCO ₃)	DC
22	Dureza total (mg/L CaCO ₃)	DT
23	Color real medido absorbido 436 (m ⁻¹)	CA436
24	Color real medido absorbido 525 (m ⁻¹)	CA525
25	Color real medido absorbido 620 (m ⁻¹)	CA620

Dentro de la sección de base de datos (año 2019), se omitieron 4 filas de niveles que representan solo el 4.9% de la información, como método de imputación de datos, por tanto, se trabajó con 25 parámetros y 78 niveles. De forma similar, la base de datos del año 2020 se omitieron 5 filas de niveles que representa solo el 5.3% de la información, con lo cual se trabajaron con 25 parámetros y 90 niveles. En ambos casos como el valor de niveles suprimido no supera el 20% de la información. Esto es en la práctica aceptable, ya que se habla de pérdidas máximas entre 1 y 20% de la data dependiendo de la exactitud del estudio y del área de investigación entre otros factores (Useche & Mesa, 2006)

Las matrices de correlaciones obtenidas a partir de la base de datos para los años 2019 y 2020 respectivamente (Figura 21 y Figura 22), mostraron que los altos valores entre variables reportadas, corresponden a variables que están correlacionadas directa o inversamente proporcional, con alguna fórmula matemática, tal es el caso de las variables DBO₅, DQO y SST.

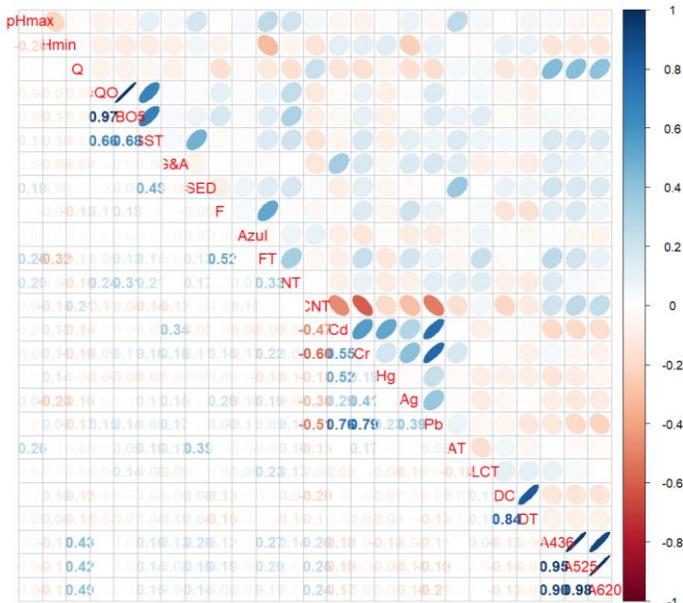


Figura 21. Matriz de correlaciones 2019

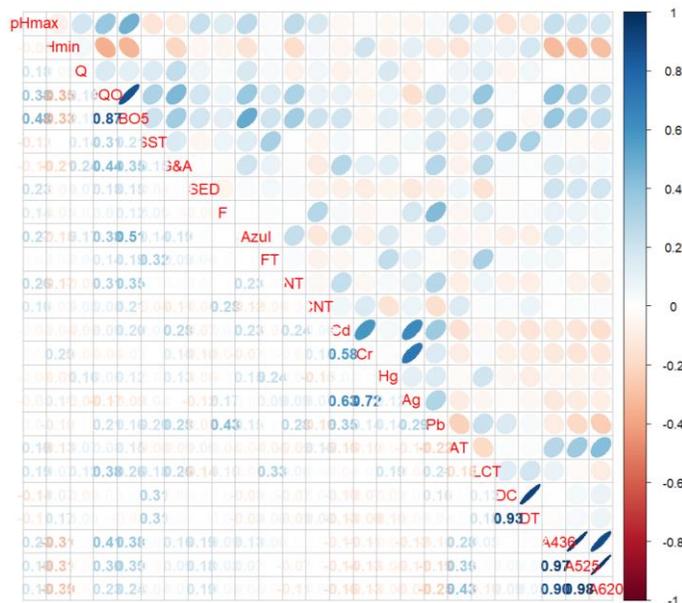


Figura 22. Matriz de correlaciones 2020

También se mostró que hay valores altos en las correlaciones entre los metales en ambos años. Sin embargo, una vez revisada la base de datos, se constató que correspondían a valores muy pequeños o que eran los valores mínimos que se repetían en frecuentes ocasiones. Es decir, corresponde con el valor mínimo que puede ser detectado, debido a la sensibilidad y calibración del equipo analítico en el cual fueron medidos. Por último, la alta correlación entre colores reales medidos absorbidos es debida a que presentan un comportamiento directamente proporcional a la cantidad de caudal, algo que no aporta un valor significativo en el análisis y que no se mantiene en el 2020. Por tanto, se retiraron estas variables y se corrió nuevamente la matriz de correlaciones (Figura 23 y Figura 24).

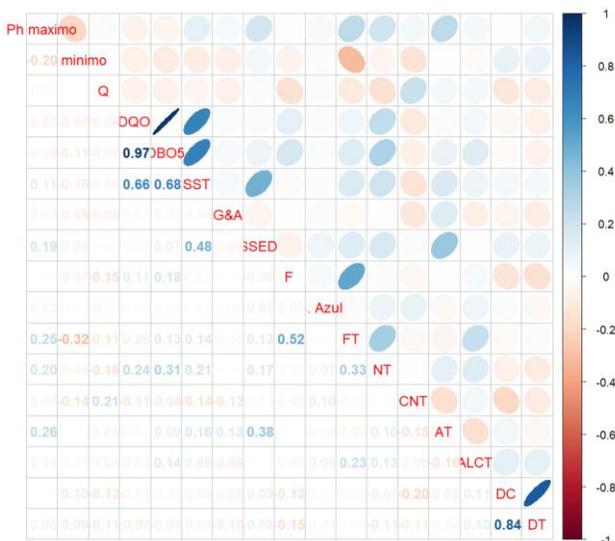


Figura 23. Matriz de correlaciones 2019, sin las variables de la longitud de onda y metales.

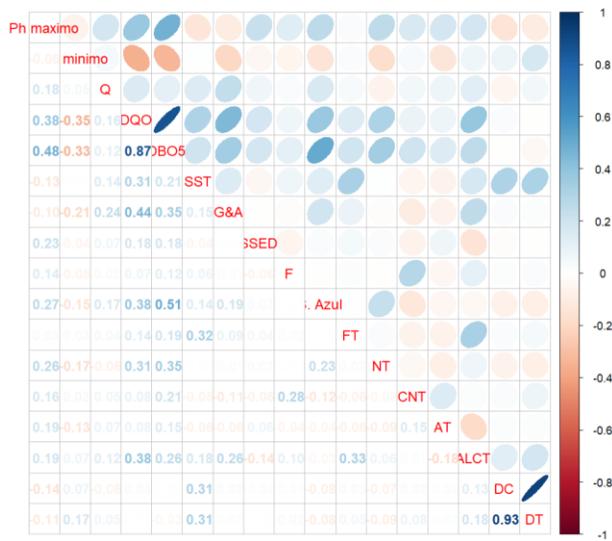


Figura 24. Matriz de correlaciones 2020, sin las variables de la longitud de onda y metales.

De esta manera, es posible descartar correlaciones innecesarias y que no aportan nada al resultado final. Se observó que ambas matrices se mantienen con altos valores las correlaciones de DBO₅ y DQO, así como las de DC (dureza cálcica) y DT (dureza total), pero se concluye que es normal entre estas variables que se observen estas correlaciones ya que están relacionadas de forma directa o indirecta en las mediciones realizadas. Otro resultado logrado, permitió establecer que, al no existir continuidad de un año a otro en las posibles correlaciones, no es posible obtener conclusiones concretas para algunos análisis, ejemplo de ello, corresponde con los valores de F (fenoles) y PT (fósforo total), que varían entre 2019 con un valor de 0.52 y pasar luego a 0.20 en el 2020. Igual, ocurre para la DBO₅ y los SST (sólidos suspendidos totales), que comienzan con valores de 0.68 en 2019 a pasar a un valor de 0.21 en el 2021. Es necesario en estos casos poseer más información (un mayor número de años y datos), para observar si este tipo de correlaciones se normalizan al pasar el tiempo.

Cabe resaltar que el análisis de componentes principales para cada año es diferente, así como el peso de cada variable. Si bien, en el año 2019 las variables que ejercían más peso para la primera componente eran los valores de DQO, DBO₅ y SST respectivamente, los valores de DT y DC eran los que tenían más peso en la segunda componente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Pero en el año 2020 si bien siguieron la DQO y DBO₅ como los parámetros que ejercían más peso en la primera componente, ya no está presente la variable SST, y los aportes de la DT y DC continúan para la segunda componente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Una de las respuestas posibles a este fenómeno es que se incrementó el

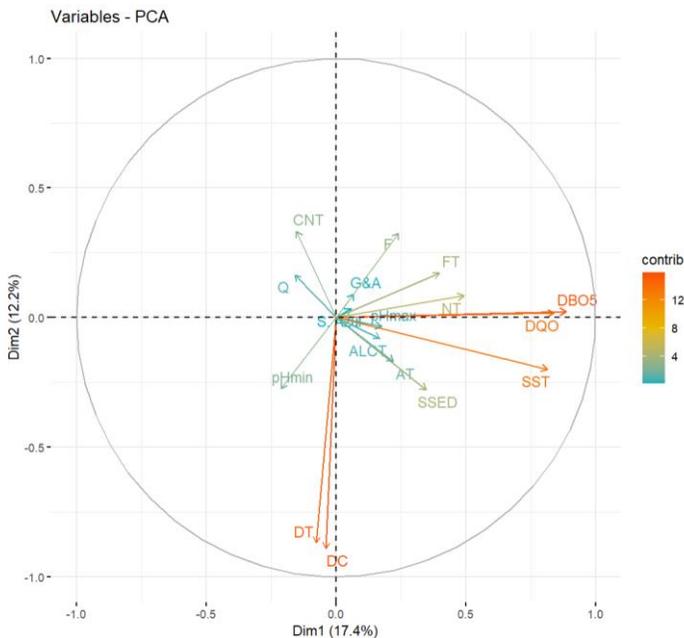


Figura 25. PCA para 2019

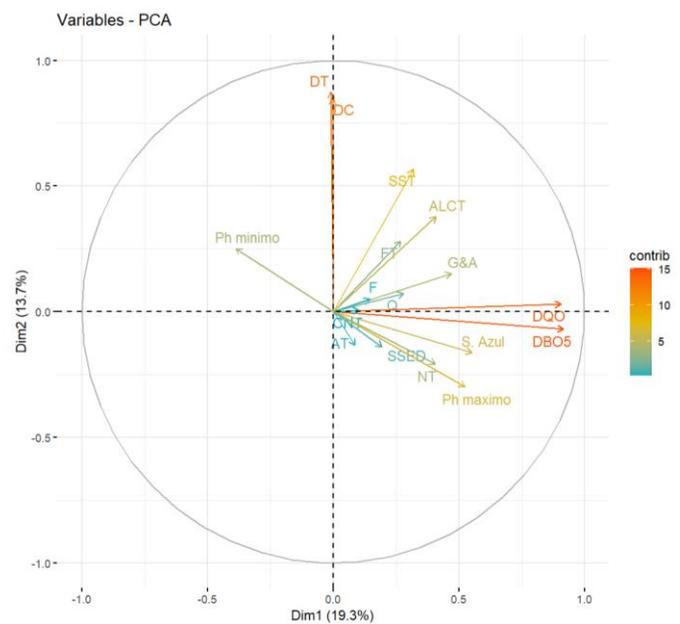


Figura 26. PCA para 2020

seguimiento y determinación de variables, en los sitios en estudio.

Cabe resaltar el aporte de la varianza acumulada para cada año, pues normalmente se espera que entre las dos componentes principales sumen más del 70% y en ambos casos esta premisa no se cumple, ya que se requiere hasta el componente siete para lograrlo. (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y 28). Los aportes individuales de cada componente principal (PC), están en la Tabla 26.

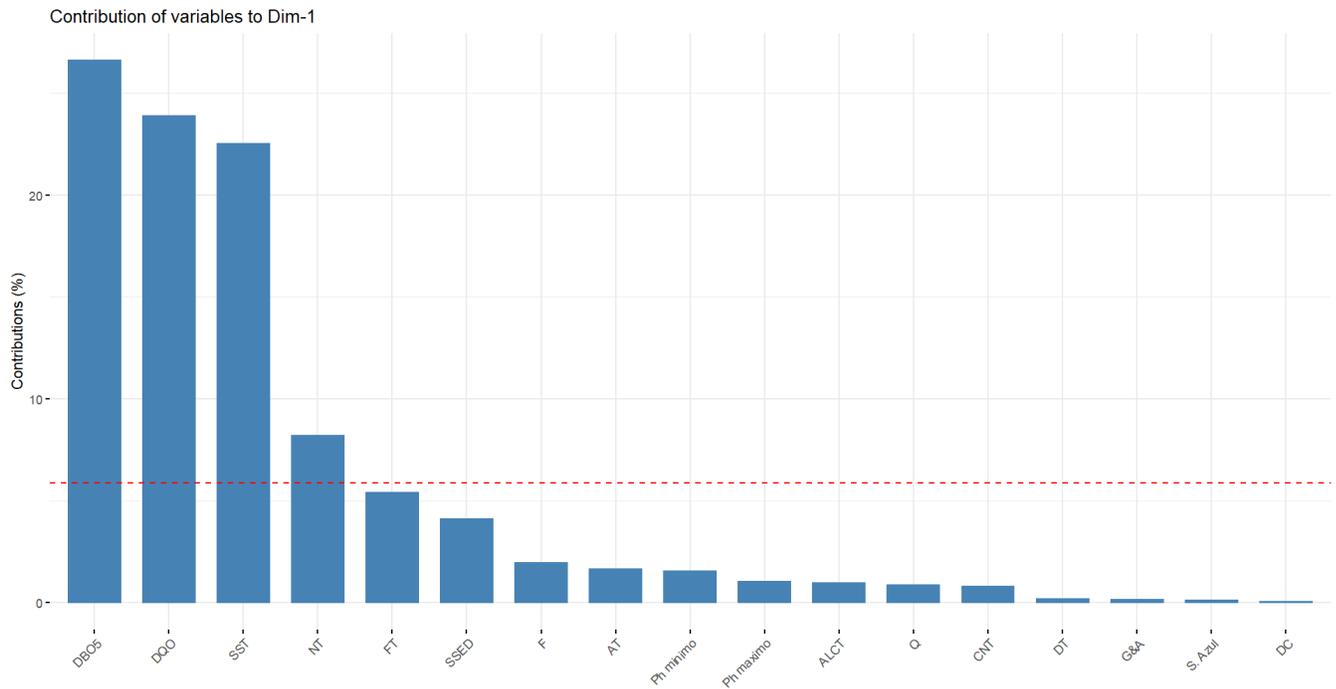


Figura 27. Contribución de las variables en PCA para el 2019.

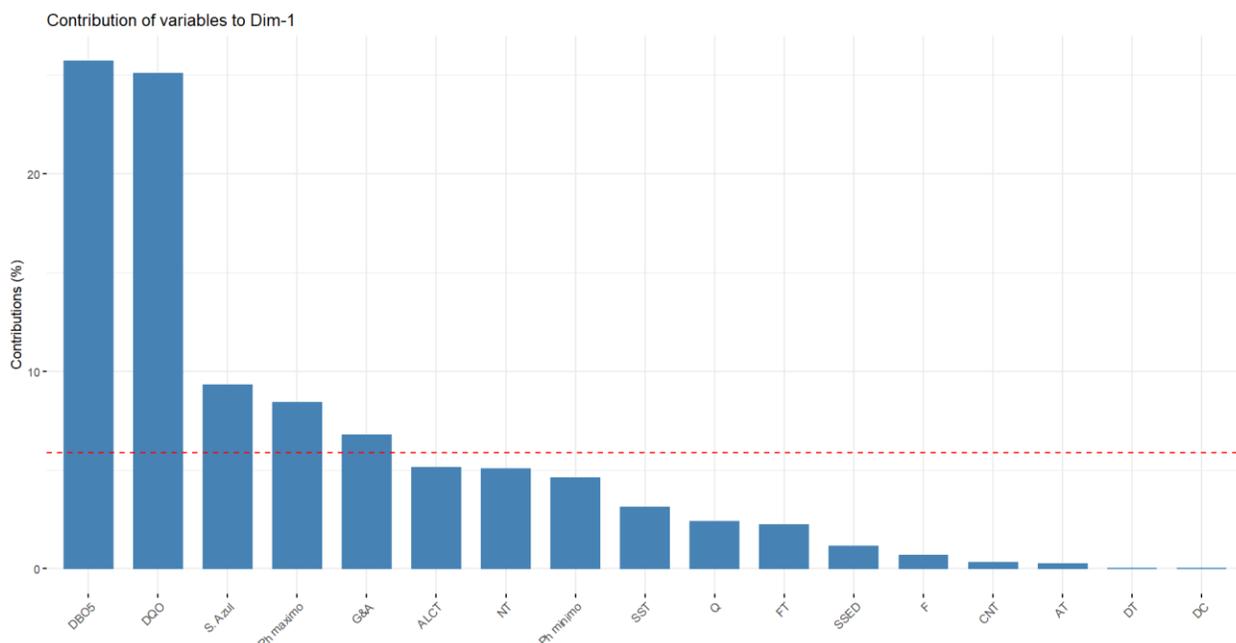


Figura 28. Contribución de las variables en PCA para el 2020.

Tabla 26. Aportes de cada componente principal en 2019 y 2020

	2019			2020		
	Standard deviation	Proportion of Variance	Cumulative Proportion	Standard deviation	Proportion of Variance	Cumulative Proportion
PC1	1,72	0,17	0,17	1,81	0,19	0,19
PC2	1,44	0,12	0,30	1,53	0,14	0,33
PC3	1,32	0,10	0,40	1,26	0,09	0,42
PC4	1,27	0,10	0,49	1,17	0,08	0,50
PC5	1,18	0,08	0,57	1,10	0,07	0,57
PC6	1,05	0,06	0,64	1,08	0,07	0,64
PC7	1,03	0,06	0,70	1,02	0,06	0,70
PC8	0,98	0,06	0,76	0,96	0,05	0,76
PC9	0,94	0,05	0,81	0,94	0,05	0,81
PC10	0,86	0,04	0,85	0,84	0,04	0,85
PC11	0,83	0,04	0,89	0,83	0,04	0,89
PC12	0,80	0,04	0,93	0,75	0,03	0,93
PC13	0,77	0,03	0,97	0,73	0,03	0,96
PC14	0,49	0,01	0,98	0,57	0,02	0,98
PC15	0,42	0,01	0,99	0,51	0,02	0,99
PC16	0,37	0,01	1,00	0,28	0,00	1,00

Por último, se planteó un análisis de clasificación lineal RDA cuyo objetivo era hallar relación entre algunas variables respuesta, a partir de otras posibles variables explicativas de la base de datos. Este análisis se estableció según se muestra en la Tabla 27:

Tabla 27. Variables respuesta y Variables explicativas en Base de datos de EPM

Variables respuesta (Y)	Variables explicativas (X)
DQO (mg/L)	DBO (mg/L)
Nitrógeno Total (mg/L)	SST (mg/L)
Fosforo Total (mg/L)	Grasas y aceites (mg/L)
pH Promedio	Sustancia activa azul metilo (mg/L)
	Dureza total (mg/L CaCO ₃)
	Alcalinidad Total (mg/L CaCO ₃)
	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)

Sin embargo, en los resultados obtenidos dentro de esta clasificación, se logra observar que la varianza explicada por el modelo restringido (11%), es muy pequeña respecto al porcentaje de la varianza explicada del modelo no restringido (84%), lo que indica que el modelo de clasificación planteado no es adecuado (Tabla 28).

Tabla 28. Varianzas explicadas por los modelo restringido y no restringido

```
> simplerDA <- rda(YD_20198, XD_20198)
> simplerDA
Call: rda(X = YD_20198, Y = XD_20198)

          Inertia Proportion Rank
Total          4.0000      1.0000
Constrained    0.4272      0.1068  4
Unconstrained  3.5728      0.8932  4
Inertia is variance
```

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Colombia, la normatividad para vertimientos hospitalarios registra un cambio entre lo que corresponde al Decreto 1594/1984 y la actual Resolución 631/2015. Primero, se cambió el criterio de eficiencia de remoción por la fijación de concentraciones máximas permisibles en el vertimiento de los parámetros más importantes (DQO, DBO₅, SST, entre otros). Por su parte, la Resolución 631/2015 define los límites y parámetros permisibles y se fortaleció más, con la inclusión de los Artículos 10 y 11 de la Ley 1955 de 2019, contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 donde se exigen permisos en actividades relacionadas con el gremio de la salud y se indica el cumplimiento con los parámetros y valores máximos permisibles dados en la Resolución 631/2015, e igualmente entregar el reporte a la empresa encargada del alcantarillado para su vigilancia y control. En la actualidad, el alcance en el seguimiento relacionado con los aspectos básicos de cumplimiento de la normatividad está en implementación en estos momentos cabe destacar que el año 2020 por haber sido un año atípico con presencia de pandemia del virus Sars cov 2, hizo que muchas clínicas estéticas o bajaran al máximo su actividad o llegaran al cierre obligado de sus funciones. Por lo pronto, se deberá continuar con la vigilancia en cuanto a los vertimientos hídricos, especialmente para los parámetros DBO₅, DQO, SST, grasas y aceites entre otros (que son actualmente evaluados). También es importante concluir que tal como pasa en muchos países, Colombia no dispone hoy de una normatividad sobre contaminantes emergentes, ya que sus efectos en los ecosistemas aún son motivos de estudio, por lo que valdría la pena destinar recursos desde los diferentes entes de control (CARS, Gobierno, etc.), que permitan indagar sobre la presencia y control de este tipo de sustancias en dichos vertimientos.

A partir de la información suministrada a través de las encuestas, se considera que la primera limitación que se debe vencer es la desinformación. Esta aseveración, se realiza, tanto en términos de cumplir las normas en vertimientos, como en el hecho de conocer qué políticas o tendencias existen en el mundo para un manejo sostenible, sustentable y amigable con el medio ambiente de vertimientos tan especiales, como los de orden clínico (rastros de medicamentos, productos de aseo antibacteriales, etc.). De otro lado, llama la atención el desconocimiento existente por parte de las clínicas consultadas, en relación con la red de hospitales verdes y sus iniciativas, que van de la mano con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Actualmente las políticas reglamentadas en Colombia en las instituciones hospitalarias se enfocan en el cumplimiento de las normas ISO 14.000 que hacen referencia a los sistemas de gestión ambiental de las organizaciones y que corresponden al manejo de los residuos sólidos hospitalarios y la Resolución 631 de 2015 para los límites permisibles de los parámetros fisicoquímicos en vertimientos. Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ofrece algunas recomendaciones de orden técnico, como son el pretratamiento para los vertimientos hospitalarios de departamentos como laboratorios médicos (podría incluir neutralización ácido-base, filtrado para eliminar sedimentos o autoclave de muestras de pacientes altamente infecciosos) y del departamento dental, instalando un separador de amalgama en los lavabos. Además, otros requisitos mínimos recomendados para la descarga de vertimientos hospitalarios a sistemas de

alcantarillado municipales. Sin embargo, para llevar a cabo este tipo de iniciativas, se presentan desafíos económicos y de diseño arquitectónico que obligarían a los administradores y propietarios de clínicas estéticas, a hacer inversiones de gran alcance y que dificultaría el alcance de lo propuesto.

También, una vez obtenida y tamizada toda la base de datos suministrada por EPM (años 2019 y 2020), se observó que hay puntos de verificación que presentan valores atípicos en medición, tal como se registró para SST con una concentración de 5050 mg/L, cuando los valores reportados para el parámetro oscilan entre los 5 mg/L a 608 mg/L. Sin embargo, se sugiere que se pueda seguir haciendo un control anual a los resultados y aprovechar toda la información recopilada por el prestador de servicios públicos, de manera que el manejo estadístico de los datos permita la conclusión más asertiva y el control y toma de decisiones, más puntual y efectivo.

Por otro lado, la implementación de análisis como la matriz de correlaciones, permitió constatar qué variables reportan correlaciones y cuales podrían estar relacionadas entre sí para plantear un modelo de causa y efecto. Sin embargo, las únicas correlaciones que permanecieron constantes fueron las ya conocidas: DBO₅ y DQO, así como la de dureza cálcica (DC) y la dureza total (DT). Por lo cual, el uso de una base de datos con información permanente en el tiempo ayudará a la construcción de posibles nuevas correlaciones y la toma de decisiones más precisa.

El análisis de componentes principales (PCA) y el análisis clúster como técnicas exploratorias para el reconocimiento de datos, permitieron recopilar información y observar qué variables son las de mayor interés. A partir de allí, se construyó con éxito un modelo de clasificación y se logra predecir cuáles son las variables de mayor importancia y que obligan a una vigilancia más cercana en su vertimiento (DQO y los SST).

Un análisis clúster ligado al software Vosviewer contribuyó en el análisis bibliográfico usando Dimensions como base de datos o fuente de información. Esta herramienta brindó una orientación clara sobre las tendencias en investigación, la vigencia del problema que se abordó en el presente trabajo y la importancia que desde otras latitudes se da al mismo. Adicionalmente, se observó que este tipo de investigaciones pretenden plantear un punto de partida y de referencia, para realizar acciones preventivas y no correctivas a las que se está habituado en problemas ambientales. Lo anterior implica un cambio en el paradigma en estamentos político, social y empresarial, que aseguren una mayor sostenibilidad ambiental y mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

7 AGRADDECIMIENTOS

Agradezco a Dios y mi familia por permitirme la oportunidad de realizar esta investigación, especialmente en momentos en que las condiciones sociales por la pandemia del virus Sars cov 2 limitaban mucho este tipo de actividades.

A mi director PhD. Julio César Saldarriaga Molina y codirectora PhD. Diana Catalina Rodríguez Loaiza, por su orientación, paciencia y valiosos aportes en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Se agradece a los grupos de investigación GIGA, GLIMA y GDCON por el apoyo en el desarrollo del trabajo.

A la empresa Empresas Públicas de Medellín (EPM) por suministrar la base de datos de parámetros fisicoquímicos, al Área Metropolitana del Valle de Aburra como Autoridad Ambiental encargada por sus orientaciones, médicos y profesionales ambientales, las clínicas estéticas y su personal por la información entregada a partir de las encuestas.

A las docentes Diana María Agudelo Echavarría, Esnedy Hernández Atilano e Ingrid Natalia Gómez Miranda, y la ingeniera Maura Herrera por sus aportes para realizar el análisis estadístico de la información de esta investigación.

8 BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Pugliese, C. E., Machuca-Martínez, F., & Pérez-Rincón, M. (2021). Water footprint in gold extraction: A case-study in Suárez, Cauca, Colombia. *Heliyon*, 7(January), e07949. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07949>
- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of Water and Wastewater* (R. B. Baird, A. D. Eaton, & E. W. Rice (eds.); 23rd ed.). [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(90\)90598-4](https://doi.org/10.1016/0003-2697(90)90598-4)
- AMVA. (2021). *Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. <https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/somos/quienes-somos.aspx>
- Arê mou Daouda, M. M., Peace Hounkpè, S., Belfrid Djihouessi, M., Onesime Akowanou, A. V., Aïna, M. P., & Drogui, P. (2021). Physicochemical assessment of urban wastewater of Cotonou (Benin). *Water Science and Technology*, 83(6), 1499–1510. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.073>
- Barrena Medina, A. (2013). Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de agosto de 2013, por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE en cuanto a las sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas (DOUE L 226, de 24 de agosto d. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 2013(28), 22–23.
- Bertrand-Krajewski, J. L. (2018). Pharmaceuticals and detergents in hospital and urban wastewater: comparative monitoring, treatment, and assessment of impacts. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 9195–9196. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1445-0>
- Boillot, C., Bazin, C., Tissot-guerraz, F., Droguet, J., Perraud, M., & Cetre, J. C. (2008). *Daily physicochemical, microbiological and ecotoxicological fluctuations of a hospital effluent according to technical and care activities*. 3. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.04.037>
- Carraro, E., Bonetta, S., Bertino, C., Lorenzi, E., Bonetta, S., & Gilli, G. (2016). Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. *Journal of Environmental Management*, 168, 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.021>
- Colombia, R. de, & Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2015). *Resolución 631 de 2015*. 2015(49). <https://www.leyex.info/leyes/Resolucionmads631de2015.pdf>
- Comisión Europea. (2020). Decisión de Ejecución (UE) 2020/1161 de la Comisión, de 4 de agosto de 2020, por la que se establece una lista de observación de sustancias a efectos de seguimiento a nivel de la Unión en el ámbito de la política de aguas, de conformidad con la Directiva. *Diario Oficial de La Unión Europea. Serie L*, 257, 6 de agosto, 32–35.
- Congreso de Colombia. (2019). Ley 1955 -Plan Nacional de Desarrollo. In *Online* (p.

- 472). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=84147>
- Correa, M., Mejia, J., Saldarriaga, J., Castro, C., & Aguiar, D. (2021). Evaluation of air pollution tolerance index and anticipated performance index of six plant species, in an urban tropical valley: Medellin, Colombia. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16037-0>
- Cuerda-Correa, E. M., Alexandre-franco, M. F., & Fern, C. (2020). Antibiotics from Water . An Overview. *Water*, 12(102), 1–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w12010102>
- Dimensions. The next evolution in linked scholarly information.* (2021). <https://www.dimensions.ai/>
- ELTIEMPO. (2017). Crean web para informarse de clínicas y cirujanos plásticos avalados. 31 de Mayo 2017. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/crean-web-para-informarse-sobre-clinicas-y-cirujanos-plasticos-avalados-en-antioquia-94080>
- ELTIEMPO. (2019). Clausuran centro de estética que no cumplía requisitos en Medellín. 28 de Junio 2019. <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/clausuran-centro-de-estetica-que-no-cumplia-requisitos-en-medellin-382072>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (NPDES) | EPA de EE. UU.* <https://www.epa.gov/npdes>
- Estrada-Flórez, S. E., Serna-Galvis, E. A., & Torres-Palma, R. A. (2020). Photocatalytic vs. sonochemical removal of antibiotics in water: Structure-degradability relationship, mineralization, antimicrobial activity, and matrix effects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104359. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104359>
- Feng, L., Serna-Galvis, E. A., Oturan, N., Giannakis, S., Torres-Palma, R. A., & Oturan, M. A. (2019). Evaluation of process influencing factors, degradation products, toxicity evolution and matrix-related effects during electro-Fenton removal of piroxicam from waters. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103400. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103400>
- Feng, L., van Hullebusch, E. D., Rodrigo, M. A., Esposito, G., & Oturan, M. A. (2013). Removal of residual anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals from aqueous systems by electrochemical advanced oxidation processes. A review. *Chemical Engineering Journal*, 228, 944–964. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.05.061>
- Florez, R., Lucía Giraldo, O., Lopera, A., Cecilia Lopera, M., Pérez, A., & Restrepo, L. (2006). Plan de gestión integral de residuos hospitalarios y similares (PGIRHS). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, 1(1).
- García Garcia, J. P. (2018). Diagnóstico de la gestión interna de los residuos líquidos

- anatomopatológicos provenientes de instituciones de salud. In *Universidad Autónoma de Occidente*.
- Gil, J., Guayan, I., Polania L., R. H. (2019). Análisis situacional de los hospitales verdes colombianos pertenecientes a la red global. *Revista de Salud Ambiental*, 19(1), 12–22.
- Grossberger, A., Hadar, Y., Borch, T., & Chefetz, B. (2014). Biodegradability of pharmaceutical compounds in agricultural soils irrigated with treated wastewater. *Environmental Pollution*, 185, 168–177.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.038>
- Guzmán, K. (2014). Radiografía de la oferta de servicios de salud en Colombia. *Centros de Estudios Económicos Regionales CEER - Cartagena. Banco de La Republica*, 32, 1–66.
https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_202.pdf
- Hena, S., Gutierrez, L., & Croué, J. P. (2021). Removal of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) from wastewater using microalgae: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 403(August 2020).
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124041>
- Henao, A., Gómez, A. (2018). De la complejidad jurídica de los vertimientos. *Prolegómenos*, 21(41), 25–41. <https://doi.org/10.18359/prole.3328>
- Hernández Carvajal, J. C. (2017). Diagnostico Ambiental del Manejo de vertimientos en nueve sectores empresariales ubicados en la zona urbana del municipio de Santiago de Cali [Universidad Autónoma de Occidente]. In *Bachelor's thesis*.
<http://red.uao.edu.co/handle/10614/9905>
- Hocaoglu, S. M., Celebi, M. D., Basturk, I., & Partal, R. (2021). Treatment-based hospital wastewater characterization and fractionation of pollutants. *Journal of Water Process Engineering*, 43(July), 102205.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102205>
- IDEAM. (2016). Informe nacional: Generación y manejo de residuos o desechos peligrosos Colombia 2014-2015. IDEAM. In *Informe Anual*.
<http://www.andi.com.co/Ambiental/Documents/Informe Nacional de Residuos Peligrosos 2014 2015.pdf>
- IDEAM. (2018). Con el Apoyo de: In *Cartilla ENA 2018*.
- Karliner, J., & Guenther, R. (2011). *Agenda Global para Hospitales Verdes y Saludables*. <https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2016/07/Agenda-Global-para-Hospitales-Verdes-y-Saludables.pdf>
- Khan, A. H., Khan, N. A., Ahmed, S., Dhingra, A., Singh, C. P., Khan, S. U., Mohammadi, A. A., Changani, F., Yousefi, M., Alam, S., Vambol, S., Vambol, V., Khursheed, A., & Ali, I. (2020). Application of advanced oxidation processes followed by different treatment technologies for hospital wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122411>

- Khan, N. A., Bokhari, A., Mubashir, M., Klemeš, J. J., El Morabet, R., Khan, R. A., Alsubih, M., Azam, M., Saqib, S., Mukhtar, A., Koyande, A., & Show, P. L. (2022). Treatment of Hospital wastewater with submerged aerobic fixed film reactor coupled with tube-settler. *Chemosphere*, 286(May 2021). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131838>
- Khan, N. A., Khan, S. U., Ahmed, S., Farooqi, I. H., Yousefi, M., Mohammadi, A. A., & Changani, F. (2020). Recent trends in disposal and treatment technologies of emerging-pollutants- A critical review. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.115744>
- Li, J., Zhang, K., & Zhang, H. (2018). Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environmental Pollution*, 237, 460–467. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.050>
- Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566–567, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Llordachs Marqués, F. (n.d.). *¿Cuál es la diferencia entre hospital, clínica y sanatorio?* Clinic Cloud. Retrieved October 22, 2021, from <https://clinic-cloud.com/blog/diferencia-hospital-clinica-sanatorio/>
- Lutterbeck, C. A., Colares, G. S., Dell’Osbel, N., da Silva, F. P., Kist, L. T., & Machado, Ê. L. (2020). Hospital laundry wastewaters: A review on treatment alternatives, life cycle assessment and prognosis scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122851>
- Martín-Pozo, L., de Alarcón-Gómez, B., Rodríguez-Gómez, R., García-Córcoles, M. T., Çipa, M., & Zafra-Gómez, A. (2019). Analytical methods for the determination of emerging contaminants in sewage sludge samples. A review. *Talanta*, 192(September 2018), 508–533. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.09.056>
- Mensah, S. E. P., Koudandé, O. D., Sanders, P., Laurentie, M., Mensah, G. A., & Abiola, F. A. (2014). Antimicrobial residues in foods of animal origin in Africa: Public health risks. *OIE Revue Scientifique et Technique*, 33(3), 987–996.
- Miarov, O., Tal, A., & Avisar, D. (2020). A critical evaluation of comparative regulatory strategies for monitoring pharmaceuticals in recycled wastewater. *Journal of Environmental Management*, 254(October 2019), 109794. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109794>
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (2021). *Decreto 601* (Issue 2004, pp. 1–10). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=230064&idParte=8428993>
- Ministerio de Salud de Colombia. (2021). *Registro actual de prestadores de Salud en Colombia*. https://prestadores.minsalud.gov.co/habilitacion/consultas/habilitados_reps.aspx?pageTitle=Registro+Actual&pageHlp=
- Ministerio de Salud y Protección Social. (1994). Resolución Numero 5261. *Actividades*,

Intervenciones y Procedimientos Del Plan Obligatorio de Salud En El Sistema General de Seguridad Social En Salud., 1994(Agosto 5), 1–138.

[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCIÓN 5261 DE 1994.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCIÓN_5261_DE_1994.pdf)

Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). Decreto 351 de 2014. *19 De Febrero*, 11. [https://www.fcm.org.co/ActualidadNormativaYJurisprudencia/Decretos/Decreto 351 Residuos Solidos.pdf](https://www.fcm.org.co/ActualidadNormativaYJurisprudencia/Decretos/Decreto_351_Residuos_Solidos.pdf)

Mordechay, B. E., Tarchitzky, J., Chen, Y., Shenke, M., & Chefetz, B. (2018). Composted biosolids and treated wastewater as sources of pharmaceuticals and personal care products for plant uptake: A case study with carbamazepine. *Environmental Pollution*, 232, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.029>

Moussavi, G., Fathi, E., & Moradi, M. (2019). Advanced disinfecting and post-treating the biologically treated hospital wastewater in the UVC/H₂O₂ and VUV/H₂O₂ processes: Performance comparison and detoxification efficiency. *Process Safety and Environmental Protection*, 126, 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.04.016>

Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 6. (2019). <https://doi.org/https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Olalla, A., Negreira, N., López de Alda, M., Barceló, D., & Valcárcel, Y. (2018). A case study to identify priority cytostatic contaminants in hospital effluents. *Chemosphere*, 190, 417–430. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.129>

OMS. (2004). *Guía del productor de cuentas nacionales de salud con aplicaciones especiales para los países de ingresos bajos y medios* (p. 356). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43363>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Rodeada de fuentes hídricas, pero sin agua potable, la ironía del Amazonas*. <http://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/es/c/1382766/>

Pap, S., Taggart, M. A., Shearer, L., Li, Y., Radovic, S., & Turk Sekulic, M. (2021). Removal behaviour of NSAIDs from wastewater using a P-functionalised microporous carbon. *Chemosphere*, 264, 128439. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128439>

Paz, A., Tadmor, G., Malchi, T., Blotevogel, J., Borch, T., Polubesova, T., & Chefetz, B. (2016). Fate of carbamazepine, its metabolites, and lamotrigine in soils irrigated with reclaimed wastewater: Sorption, leaching and plant uptake. *Chemosphere*, 160, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.048>

Perrodin, Y., Christine, B., Sylvie, B., Alain, D., Jean-Luc, B. K., Cécile, C. O., Audrey, R., & Elodie, B. (2013). A priori assessment of ecotoxicological risks linked to building a hospital. *Chemosphere*, 90(3), 1037–1046. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.08.049>

- Petrovic, M., González, S., & Barcelo, D. (2003). *Análisis y eliminación de contaminantes emergentes en las aguas residuales y agua potable* (Vol. 22, Issue 10, pp. 685–696).
- Prada, S., Pérez, A., & Rivera, A. (2017). Clasificación de instituciones prestadores de servicios de salud según el sistema de cuentas de la salud de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico: el caso de Colombia. *Rev Gerenc Polít Salud*. 2017, 16(32), 51–65. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps16-32.cips>
- Ramírez-Malule, H., Quiñones-Murillo, D. H., & Manotas-Duque, D. (2020). Emerging contaminants as global environmental hazards. A bibliometric analysis. *Emerging Contaminants*, 6, 179–193. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.05.001>
- Resolución 0631 de 2015. (2015). In *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* (p. 62). http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3167/Resolucion_0631_17_marzo_2015.pdf
- Resolución 2003 de 2014, MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL 225 (2014). https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución_2003_de_2014.pdf
- Rodríguez-Mozaz, S., Chamorro, S., Marti, E., Huerta, B., Gros, M., Sánchez-Melsió, A., Borrego, C. M., Barceló, D., & Balcázar, J. L. (2015). Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital and urban wastewaters and their impact on the receiving river. *Water Research*, 69, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.11.021>
- Rodríguez, J., García, C., & García, M. (2016). Gestión ambiental en hospitales públicos: aspectos del manejo ambiental en Colombia. *Revista Facultad de Medicina*, 64(4), 621–624. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.54772>
- Sampieri, R. H., Carlos Fernández Collado, & María del Pilar Baptista Lucio. (2010). *Metodología de la Investigación*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Sánchez, I. I. (2019). Trabajo Fin De Grado “ Microplásticos Y Su Interacción Con Los Antibióticos ”. *UNIVERSIDAD COMPLUTENSE*. http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/IVAN_SANCHEZ_IZQUIERDO.pdf
- Sarmiento, C. A. (2009). *Proyecto de Consultoría y Asistencia Técnica con la Comisión de Regulación en Salud -CRES*. 12. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_CRES/Acuerdo_08_de_2009_-_Anexo_3_-_Comentarios_complejidad_y_promocion_de_la_salud_y_prevencion_enfermedad.pdf
- Secretaría Seccional de Salud y Protección Social. (2019). *Infórmese antes de su cirugía plástica o estética*. <https://dssa.gov.co/index.php/historico-noticias/item/784-informese-antes-de-su-cirugia-plastica-o-estetica>
- Serna-Galvis, E. A., Silva-Agredo, J., Botero-Coy, A. M., Moncayo-Lasso, A.,

- Hernández, F., & Torres-Palma, R. A. (2019). Effective elimination of fifteen relevant pharmaceuticals in hospital wastewater from Colombia by combination of a biological system with a sonochemical process. *Science of the Total Environment*, 670, 623–632. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.153>
- Serna-Galvis, E. A., Vélez-Peña, E., Osorio-Vargas, P., Jiménez, J. N., Salazar-Ospina, L., Guaca-González, Y. M., & Torres-Palma, R. A. (2019). Inactivation of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* by photo-Fenton: Residual effect, gene evolution and modifications with citric acid and persulfate. *Water Research*, 161, 354–363. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.024>
- Software Delsol. (2022). *Coeficiente de variación ¿Qué es?* Online. <https://www.sdelsol.com/glosario/coeficiente-de-variacion/>
- Suarez Gil, J. A. (2018). Propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales en la E.S.E Hospital Departamental Universitario del Quindío San Juan de Dios. *Fundación Universidad de América*, 104. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6761>
- Thakre, A. R. (2019). Hospital Waste Management: a Review. *Journal of Medical Pharmaceutical And Allied Sciences*, 8(4), 2256–2275. <https://doi.org/10.22270/jmpas.v8i4.844>
- Thung, I., Aramin, H., Vavinskaya, V., Gupta, S., Park, J. Y., Crowe, S. E., & Valasek, M. A. (2016). Review article: The global emergence of *Helicobacter pylori* antibiotic resistance. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 43(4), 514–533. <https://doi.org/10.1111/apt.13497>
- Useche, L., & Mesa, D. (2006). *Una Introducción a la Imputación de Valores Perdidos*. 11(17), 339–361. https://www.academia.edu/56869456/Una_introducción_a_la_Imputación_de_Valores_Perdidos
- Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M., & Barceló, D. (2010). Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*, 389(3–4), 416–428. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.005>
- Villar-Navarro, E., Baena-Nogueras, R. M., Paniw, M., Perales, J. A., & Lara-Martín, P. A. (2018). Removal of pharmaceuticals in urban wastewater: High rate algae pond (HRAP) based technologies as an alternative to activated sludge based processes. *Water Research*, 139, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.072>
- Villarín, M. C., & Merel, S. (2020). Paradigm shifts and current challenges in wastewater management. *Journal of Hazardous Materials*, 390(September 2019), 122139. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122139>
- Wang, Y., Liu, J., Kang, D., Wu, C., & Wu, Y. (2017). Removal of pharmaceuticals and personal care products from wastewater using algae-based technologies: a review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 16(4), 717–735. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9446-x>

- WHO. (2014). Safe management of wastes from health-care activities - edited by CHARTIER, Yves et al. *World Health Organization*, 329. <http://www.searo.who.int>
- Wielens Becker, R., Ibáñez, M., Cuervo Lumbaque, E., Wilde, M. L., Flores da Rosa, T., Hernández, F., & Sirtori, C. (2020). Investigation of pharmaceuticals and their metabolites in Brazilian hospital wastewater by LC-QTOF MS screening combined with a preliminary exposure and in silico risk assessment. *Science of the Total Environment*, 699, 134218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134218>
- Xiong, J. Q., Kurade, M. B., & Jeon, B. H. (2018). Can Microalgae Remove Pharmaceutical Contaminants from Water? *Trends in Biotechnology*, 36(1), 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.09.003>
- Yan, S., Zhang, X. L., Tyagi, R. D., & Drogui, P. (2020). Guidelines for hospital wastewater discharge. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. BV. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819722-6.00016-x>
- Zhao, L., Dai, T., Qiao, Z., Sun, P., Hao, J., & Yang, Y. (2020). Application of artificial intelligence to wastewater treatment: A bibliometric analysis and systematic review of technology, economy, management, and wastewater reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, 133(92), 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.014>
- Zhao, Y., Zhang, C., Yang, Z., Yang, Y., Huang, N., Arku, J. E., Mao, G., & Wang, Y. (2021). Global trends and prospects in the removal of pharmaceuticals and personal care products: A bibliometric analysis. *Journal of Water Process Engineering*, 41(December 2020), 102004. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102004>

9 ANEXOS

9.1 **TABLA 29.** Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) de las actividades de servicios y otras actividades a cumplir, Artículo 14 del Decreto 631 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 2015.

Servicios y otras actividades.

PARÁMETRO	UNIDADES	ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - ATENCIÓN MÉDICA CON Y SIN INTERNACIÓN	ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - HEMODIÁLISIS Y DIÁLISIS PERITONEAL	POMPAS FÚNEBRES Y ACTIVIDADES RELACIONADAS
Generales				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,00	800,00	600,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	150,00	600,00	250,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50,00	100,00	100,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	1,00	1,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00	10,00	20,00
Fenoles	mg/L		0,20	0,20
Formaldehido	mg/L			Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo				
Ortofosfatos (PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte		Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones				
Cianuro Total (CN ⁻)	mg/L	0,50		
Metales y Metaloides				
Cadmio (Cd)	mg/L	0,05	0,05	
Cromo (Cr)	mg/L	0,50	0,50	
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,01	
Plata (Ag)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Plomo (Pb)	mg/L	0,10		0,10
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m-1	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

PARÁGRAFO. En los casos en que el vertimiento puntual de aguas residuales se realice en un cuerpo de agua superficial receptor o en un tramo del mismo, que tengan como destinación el uso del agua para consumo humano y doméstico, y pecuario la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en el vertimiento puntual de aguas residuales deberá ser menor o igual a 0,01 mg/L para aquellas actividades que lo tienen definido como de análisis y reporte.

9.2 ENCUESTA REALIZADA EN LAS CLÍNICAS ESTÉTICAS DEL VALLE DE ABURRÁ



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA



GESTIÓN AMBIENTAL EN VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS

Estimados miembros asociados al Comité Interdisciplinar Hospitalario de Gestión Ambiental. Les invitamos a participar en el diligenciamiento de esta encuesta, de forma libre, la cual está relacionada con el manejo de vertimientos hospitalarios de las Clínicas Estéticas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Consideramos que sus aportes, como miembro o experto de este comité, pueden ser valiosos y pertinentes para el desarrollo de este proyecto de investigación.

La información acá recopilada, busca identificar los desafíos, problemáticas y acciones exitosas emprendidas en la implementación de la norma de vertimientos líquidos establecida en la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). El diligenciamiento del instrumento, le tomará aproximadamente cinco minutos.

Esta investigación que se adelanta actualmente, cuenta con el apoyo de dos profesores adscritos a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Se establece como elemento fundamental dentro de mi formación de Maestría; tiene como propósito correlacionar los datos obtenidos, y de paso, permitirá conocer qué ocurre en el Área Metropolitana, en relación con los vertimientos hospitalarios generados a partir de actividades asociadas con las clínicas estéticas. Se espera, además, apoyar el manejo del recurso hídrico y su disposición en la red de alcantarillado.

Adicionalmente, es importante mencionar que se tendrá completa confidencialidad con la información recabada y con las instituciones acá relacionadas. Pues para cada clínica se usará un sistema de codificación y se evitará la vulneración de las entidades participantes; tampoco se usará la información con propósitos diferentes a los del ámbito académico, según lo incluido en esta investigación.

Agradecemos de antemano, sus valiosos aportes. Muchas gracias.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Jairo Andrés Morales

Jairo Andrés Morales Chinchá
Ingeniero Químico – Universidad de Antioquia
Registro Profesional: 12970
Candidato de Maestría en Gestión Ambiental – Universidad de Antioquia
Grupo de investigación GIGA
Email: andres.morales@udea.edu.co
Celular: 300 229 08 13 - 315 690 52 79



*Correo electrónico: _____

- De acuerdo con la Política general de tratamiento de datos personales de la Universidad de Antioquia, ¿acepta el manejo de sus datos personales para efecto de la presente investigación y registro de bases de datos? SI NO
- Escriba el nombre de la institución de salud estética a la cual usted pertenece (si su institución clínica tiene varias sedes, indicar en cuál de ellas labora).

- Ubicación de la clínica Estética (Dirección/Barrio): _____
- La clínica estética ¿en qué estrato se clasifica dada su ubicación urbana?

<input type="checkbox"/> Estrato 1	<input type="checkbox"/> Estrato 3	<input type="checkbox"/> Estrato 5
<input type="checkbox"/> Estrato 2	<input type="checkbox"/> Estrato 4	<input type="checkbox"/> Estrato 6
- ¿Sabe usted si la institución de salud pertenece a la red de hospitales verdes?

<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Lo ignoro
-----------------------------	-----------------------------	------------------------------------

En las siguientes preguntas, se puede seleccionar una o más respuestas, según lo permitan las casillas propuestas.

- De los siguientes procedimientos quirúrgicos estéticos ¿cuáles se practican en la clínica estética de la que usted hace parte?

<input type="checkbox"/> Abdominoplastia	<input type="checkbox"/> Mentoplastia
<input type="checkbox"/> Bichectomía	<input type="checkbox"/> Rinoplastia
<input type="checkbox"/> Blefaroplastia	<input type="checkbox"/> Ritidoplastia o Ritidectomía
<input type="checkbox"/> Gluteoplastia	<input type="checkbox"/> Otoplastia
<input type="checkbox"/> Liposucción o Lipoescultura	Otros: _____
<input type="checkbox"/> Mamoplastia de aumento o reducción	_____
<input type="checkbox"/> Mastopexia	_____
- De los siguientes procedimientos estéticos no quirúrgicos ¿cuáles se practican en la clínica estética donde usted labora?

<input type="checkbox"/> Toxina Botulínica	<input type="checkbox"/> Mesoterapia
<input type="checkbox"/> Peeling químico	<input type="checkbox"/> Hidrolipoclasia
<input type="checkbox"/> Hilos estimuladores de colágeno	<input type="checkbox"/> Peeling mecánico
<input type="checkbox"/> Hilos tensores	<input type="checkbox"/> Laser
<input type="checkbox"/> Plasma rico en plaquetas	<input type="checkbox"/> Terapia con Microagujas
<input type="checkbox"/> Aplicación de rellenos faciales	Otros: _____
<input type="checkbox"/> Aplicación de estimuladores de colágeno	_____



8. Si conoce el grado de cumplimiento de la normatividad de vertimiento y pudiese establecer un porcentaje del mismo, ¿qué valor seleccionaría? La norma actual de vertimientos es la Resolución 631 de 2015 del MADS.

- 0% 50% 100%
 25% 75% Lo ignoro

9. De los siguientes parámetros monitoreados por la Resolución 631 de 2015 del MADS, conoce si en su último informe ¿alguno o varios de dichos parámetros han reportaron valores que no estaban dentro de los límites permitidos que exige la norma? ¿Cuál o cuáles?

ARTÍCULO 14. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS A MONITOREAR Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS (ARND) DE ACTIVIDADES ASOCIADAS CON SERVICIOS Y OTRAS ACTIVIDADES. Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARND) de las actividades de servicios y otras actividades a cumplir, serán los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDADES	ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - ATENCIÓN MÉDICA CON Y SIN INTERNACIÓN
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	200,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg/L O ₂	150,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	50,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00
Iones Cianuro Total (CN⁻)	mg/L	0,50
Cadmio (Cd)	mg/L	0,05
Cromo (Cr)	mg/L	0,50
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01
Plomo (Pb)	mg/L	0,10

- pH SSED Cromo (Cr)
 DQO Grasas y aceites Mercurio (Hg)
 DBO5 Iones Cianuro Total (CN-) Plomo (Pb)
 SST Cadmio (Cd)



10. De los siguientes insumos ¿cuáles son los más utilizados en las actividades propias de la clínica estética a la que está adscrito?

- | | |
|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Ácidos | <input type="checkbox"/> Soluciones electrolíticas |
| <input type="checkbox"/> Bases | (Dextrosa, soluciones salinas, Hartmann, etc.) |
| <input type="checkbox"/> Siliconas | <input type="checkbox"/> Geles |
| <input type="checkbox"/> Aceites | <input type="checkbox"/> Otro: _____ |
| <input type="checkbox"/> Medicamentos | _____ |

11. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado realizar seguimiento a algunos vertimientos asociados con procedimientos quirúrgicos, a los que propone hacer evaluación con el fin de establecer un control preventivo. De las siguientes opciones, aquellas que sean usadas en la clínica estética donde usted labora, ¿a cuáles se les realiza un seguimiento apropiado?

- Desinfección de aguas residuales
- Sistemas de analizadores automatizados
- Reactivos (violeta cristal, yodo y carbol fucsia neutralizado o diluido, etc.)
- Fluidos corporales líquidos
- Conservantes y fijadores (alcoholes, acetonas y otros)
- Pequeños laboratorios
- Medicamentos farmacéuticamente activos
- Medicamentos no farmacéuticamente activos (por ejemplo, solución de glucosa, solución salina, alimentos y suplementos nutricionales líquidos)
- Descargas acuosas radiactivas y compuestos de contraste radioactivo
- Sala de autopsias
- Quirófano
- Amalgama dental
- Otro: _____

12. ¿Sabe usted si su clínica estética cuenta con algún sistema de tratamiento de aguas residuales?, indique qué tipo de sistemas se implementan para el tratamiento de sus vertimientos: (en caso de no contar con ningún sistema de tratamiento, favor pasar a la siguiente pregunta):

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Tratamiento preliminar | <input type="checkbox"/> Tratamiento secundario; proceso fisicoquímico |
| <input type="checkbox"/> Tratamiento primario | <input type="checkbox"/> Tratamiento terciario |
| <input type="checkbox"/> Tratamiento secundario; biológico aerobio | <input type="checkbox"/> Otro: _____ |
| <input type="checkbox"/> Tratamiento secundario; biológico anerobio | _____ |



13. ¿Cuál considera usted, que ha sido el motivo que ha limitado la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en su clínica estética, dado que esto ocurra?

<input type="checkbox"/> Costos
<input type="checkbox"/> Falta de espacio físico
<input type="checkbox"/> Desconocimiento de la normatividad y su alcance
<input type="checkbox"/> Aún no ha sido requerido por la autoridad ambiental
<input type="checkbox"/> Otro: _____ _____

14. Por último, si usted tiene el contacto de otras clínicas estéticas localizadas en el Valle de Aburra, le solicitamos el favor de compartirnos a continuación el nombre, correo electrónico o información de contacto, para remitirle esta encuesta ¡Muchas gracias!

NOMBRE DE LA CLÍNICA

**EMAIL O INFORMACIÓN DE
CONTACTO**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

9.3 RESPUESTA DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ A LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS DE CLÍNICAS ESTÉTICAS.

Medellín, 01 de marzo de 2021



Señores
AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA
ATENCIÓN AL USUARIO
Medellín, Antioquia

Asunto SOLICITUD DE INFORMACIÓN:

Cordial saludo

V.B.MAGNOLIA GIRALDO RASP-AMBIENTAL ver anexos

Atentamente,

JAIRO ANDRES MORALES CHINCHA
Identificación :
Tipo Solicitante : PERSONA JURÍDICA (EMPRESA)
Tipo Solicitud : OTROS

Teléfono / Celular :
Correo Electrónico : andres.morales@udea.edu.co
Dirección :
País : Colombia
Departamento : ANTIOQUIA
Ciudad : MEDELLÍN
Barrio/Vereda :
Medio de Respuesta : CORREO ELECTRÓNICO



COMUNICACIONES OFICIALES DESPACHADAS
Marzo 12, 2021 17:06
Radicado 00-004159



10203

Medellín,

Doctora
MÓNICA RUÍZ ARBELÁEZ
Gerente (E) Grupo EPM
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
Carrera 58 N° 42-125
Teléfono: 380-80-00
Correo Electrónico: epm@epm.com.co
Medellín- Antioquia

Asunto: Traslado por competencia de la comunicación oficial recibida con radicado número 07097 del 01 de marzo de 2021.

Respetada Doctora Mónica:

En atención al asunto de la referencia, mediante la cual se solicita lo siguiente:

"(...) Deseando éxitos en su trabajo, les pido de manera atenta la siguiente solicitud. Para comenzar, quiero mencionar que actualmente me encuentro desarrollando mi trabajo de investigación para la Maestría en Gestión Ambiental en la Universidad de Antioquia, en la que pretendo realizar un diagnóstico de gestión ambiental en el manejo de vertimientos hospitalarios, enfocado puntualmente en las clínicas estéticas y los contaminantes emergentes asociados. Si bien, estos establecimientos ya no necesitan el trámite de licencia para su funcionamiento, deben reportar los parámetros fisicoquímicos a monitorear a la autoridad ambiental competente según los lineamientos de la Resolución 631 de 2015, norma que rige actualmente en Colombia en materia de vertimientos. Dado que no hay mayor información sobre el impacto de los contaminantes emergentes provenientes de estas fuentes, planeo inicialmente realizar un análisis estadístico preliminar, con el fin de encontrar la relación entre las prácticas estéticas realizadas y los valores reportados en términos de DBO, DQO, Sólidos suspendidos y demás ítems que pide la norma. Por tanto, para este análisis inicial les solicito el favor de remitirme el último reporte de vertimientos de las clínicas estéticas que estén ubicadas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Es importante recalcar que se le dará un adecuado manejo de habeas data a cada una de las clínicas estéticas para salvaguardar su imagen, ya que mi interés es académico e investigativo en función de incentivar la sostenibilidad ambiental en las fuentes hídricas. También, los hallazgos encontrados en esta investigación, se retroalimentarán con ustedes en la modalidad de panel de expertos. Por último, se espera apoyar al principio de precaución, ya que, con el proyecto se ofrece un paradigma particularmente apropiado para abordar en otros estudios posteriores, problemáticas ambientales, tales como, los residuos farmacéuticos en cuerpos de agua. (...)"



Futuro sostenible

[f](#) [t](#) [i](#) [v](#) @areametropol
www.metropol.gov.co

(57-4) 385 60 00

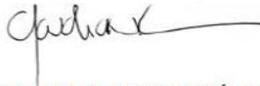
Carrera 53 N° 40A - 31
Medellín-Antioquia Colombia

Esta entidad se permite manifestar que, una vez revisado de una manera exhaustiva y dispendiosa el Sistema de Información Metropolitano SIM de esta entidad, se pudo evidenciar que actualmente esta información no está clasificada conforme a la actividad económica de las empresas, sino conforme a códigos metropolitanos o quejas; por tal razón y teniendo en cuenta que de conformidad con lo dispuesto en la Resolución 0075 del 24 de enero de 2011, **que establece la obligación de los suscriptores y usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado a presentar ante éste, la caracterización de sus vertimientos de acuerdo con la normatividad vigente**, se da traslado de la presente solicitud, para su lo de su competencia y fines pertinentes, de manera que la presente petición sea resuelta de fondo al peticionario.

No obstante, y para nuestro conocimiento, le solicitamos hacernos llegar copia de la respuesta que se le emita al usuario, teniendo en cuenta que según lo establece la norma en mención, Empresas Públicas de Medellín debe reportar a esta autoridad ambiental, el cumplimiento de la norma de vertimientos al alcantarillado público por parte de sus suscriptores y/o usuarios

Lo anterior, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 21 de la Ley 1755 de 2015, *"Por medio de la cual se regula el derecho fundamental de petición y se sustituye un título del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo"*.

Cordialmente,



CLAUDIA NELLY GARCÍA AGUDELO
Jefe Oficina Asesora Jurídica Ambiental
Firmado electrónicamente decreto 491 de 2020 el 12/03/2021



SANDRA CAROLINA CORZO ZARATE
Contratista
Firmado electrónicamente decreto 491 de 2020 el 12/03/2021

Proyectó

Anexo: Comunicación con radicado número 07097 del 01 de marzo de 2021, en cuatro (4) folios.

Con copia: Sr. Jairo Andrés Morales Chíncha, Dirección: No reporta, Teléfono: 300 229 08 13 - 315 690 52 79, Correo

Electrónico: andres.morales@udea.edu.co Celular: 300 229 08 13 - 315 690 52 79.

Código SIM: 1287364



9.4 RESPUESTA DE EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN EPM, FRENTE AL REDIRECCIONAMIENTO DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ POR LA SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS HOSPITALARIOS DE CLÍNICAS ESTÉTICAS.



Medellín, 30 de marzo de 2021

Señor
JAIRO ANDRES MORALES CHINCHA
NO REPORTA DIRECCIÓN
TEL 300 229 08 13
andres.morales@udea.edu.co

20210130055459

Asunto: Suministro base de datos entidades hospitalarias por traslado de competencia con radicado en el AMVA 07097 del 01 de marzo del 2021

Cordial saludo

Como bien se informa en los oficios radicados en EPM con códigos 20210120073342 y 20210120075639 del 16 de marzo del presente año, y como lo establece la legislación colombiana de vertimientos, es obligación de los usuarios que generan ARnD realizar y presentar un estudio de caracterización de manera anual a través de laboratorios acreditados y es obligación de la empresa de servicios públicos reportar a la autoridad ambiental los incumplimientos de tales usuarios.

En virtud de lo Anterior, se cuenta con una base de datos con estos resultados de los usuarios que presentan las caracterizaciones. Esta base está tipificada por el artículo de la Resolución 0631 que le aplica a cada cliente. En el caso de los hospitales y las clínicas estéticas, odontologías, etc. tienen una clasificación general en el artículo 14 que extraigo textual.

9.5 Actividad: Actividades de atención a la salud humana – Atención médica con o sin internación.

Comprende la prestación de servicios de salud debidamente habilitados, a través de atención hospitalaria y ambulatoria.

Incluye:

- Los servicios de salud de tipo curativo, de diagnóstico, de prevención y de rehabilitación a corto y a largo plazo que contienen un componente importante de supervisión o vigilancia directa de médicos titulados.
- Las actividades de atención odontológica de carácter general o especializado, y actividades de atención de salud que no realizan hospitales ni médicos, sino profesionales paramédicos legalmente facultados para tratar a pacientes.

En concordancia con lo expresado, la tabla suministrada tiene los usuarios que efectuaron su estudio con el artículo 14, pero sin discriminar cuál de estos es *estamos ahí*.

únicamente asociado a la medicina estética. Por otro lado, en muchas de las clínicas de la ciudad o propiedades horizontales que tienen asentados quirófanos donde se practican estos procedimientos, se presentan otros servicios de la medicina, no necesariamente de este tipo, por lo que se complejiza su separación.

En conclusión, la información con la que se cuenta está tabulada en función de los requerimientos de la normatividad en términos de parámetros y clasificación que es general para las actividades de salud (no subdivide en varias clasificaciones como si lo hace para el sector de alimentos o ganadería), con excepción de diálisis peritoneal, que tiene un artículo propio.

NOTAS:

- Por protección de datos se cambia el nombre de los clientes y las direcciones
- La base contiene estudios del 2019 y 2020
- Algunas entidades tienen varios puntos de monitoreo
- Al lado derecho de cada parámetro la columna siguiente indica si cumple (F) o incumple (V), el artículo 14

Espero que la información sea de utilidad y quedo atento a resolver cualquier duda adicional

Atentamente



JUAN CAMILO HERNANDEZ PEREZ
Profesional Operaciones negocios
Unidad Operación y Mantenimiento
Gestión Aguas Residual

Copia: atencionausuario@metropol.gov.co

estamos ahí.

Empresas Públicas de Medellín E.S.P.
Carrera 58 N° 42-125
Conmutador: 3808080 - Fax: 3569111
Medellin-Colombia
www.epm.com.co

9.5 DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS USADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN

9.5.1 TABLA 30. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS QUIRÚRGICOS

Procedimientos estéticos quirúrgicos	Definición
Abdominoplastia	^{a)} Procedimiento quirúrgico para hombres y mujeres, que tiene como objetivo remover el exceso de piel y grasa que se encuentra flácida bien sea en el abdomen, muslos, brazos o espalda. En el caso de tratar el abdomen se denomina lipectomía abdominal o abdominoplastia. En este caso se retira la piel sobrante y se tratan los músculos para mejorar el contorno. Produce una cicatriz transversa a nivel abdominal inferior que puede ir de cadera a cadera, de tal forma que queda escondida dentro del vestido de baño o ropa interior. Algunas cicatrices y estrías por debajo del ombligo pueden desaparecer en el segmento de piel y grasa que se elimina. Mujeres que estén pensando en embarazos posteriores no se recomienda la cirugía porque se pueden perder los resultados obtenidos. Sin embargo, no alterara el desarrollo del bebé. En los pacientes que se han sometido a importantes regímenes dietarios presentan grandes extensiones de piel que no tiene una adecuada capacidad elástica por lo cual se deben someter a lipectomías de los brazos, muslos o de la espalda. En este evento deben tener cuidado de no presentar desnutrición que conllevaría a complicaciones durante y después de la cirugía.
Bichectomía	^{b)} Cirugía de mejillas La bichectomía es un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo, mediante el cual se lleva a cabo la extirpación de las bolsas de Bichat, que son los depósitos de grasa localizados en la mejilla, exactamente entre el músculo masetero y el músculo buccinador. La bichectomía tiene como propósito, eliminar el volumen de los pómulos que generan la apariencia de un rostro ordinario o inelegante, y afinar el borde de la mandíbula, consiguiendo la perfilación del óvalo facial.
Blefaroplastia	^{c)} La cirugía de párpados es la solución a los párpados caídos y las bolsitas bajo los ojos. La piel que rodea los ojos es bastante sensible, por lo que el paso de los años se manifiesta en esta zona con mayor visibilidad. Cuando tienes los párpados caídos tu mirada luce cansada e incluso triste. Pero eso no es todo, en algunos casos el párpado está tan descolgado que obstaculiza la visión. Por otro lado, las bolsitas bajo los ojos se deben a la acumulación de grasa. Esto puede suceder por la edad, pero también existen otros factores como la mala alimentación y disfunción de la tiroidea que pueden favorecer su aparición. Si bien estos signos se manifiestan con el paso de los años, por razones de genética pueden darse a temprana edad. La falta de sueño, el estrés, algunas enfermedades cutáneas y la sobreexposición al sol también pueden generar bolsas bajo los ojos. Independientemente de cuál sea la causa, los párpados caídos pueden disminuir el campo de visión y aumentar la fatiga ocular.
Ginecomastia	^{d)} El crecimiento de los pectorales o senos en hombres se da generalmente por sobrepeso, por presencia de hormonas como algunas de las que toman en los gimnasios, la adolescencia o por la andropausia. El procedimiento de la Reducción de Pectorales (Ginecomastia) consiste en retirar la grasa y/o la glándula mamaria por pequeñas incisiones, también existe la posibilidad de que haya un exceso de piel por la pérdida de peso en esta zona, que en ocasiones se puede retirar, es ideal para tonificar los pectorales y devolver la comodidad a los hombres. La ginecomastia puede realizarse con una lipoescultura y/o marcación abdominal para los pacientes que desean mejorar su contorno corporal.
Gluteoplastia	^{e)} Es un procedimiento quirúrgico en el que se aumenta el volumen y mejora su forma en unos casos, o se elimina el exceso de piel y grasa de la zona, en otros. Puede ser realizada independientemente o asociada al lifting de la parte interna del muslo, y a la lipoescultura o a la colocación de prótesis en la citada región. La gluteoplastia o aumento de glúteos se puede realizar de 2 maneras: 1) Con inyección de grasa, mediante lipoestructura o lipoescultura. 2) Con implantes o prótesis. En cuanto a la técnica de colocación existen tres técnicas descritas: <ul style="list-style-type: none"> • Submuscular (por debajo del músculo), • Intramuscular (en el interior del músculo) • Subfascial (por debajo de la fascia muscular y por encima del músculo)
Liposucción o Lipoescultura	^{a)} Los depósitos grasos en el cuerpo tienen como objetivo reservar energía y proteger las prominencias óseas. Estos están distribuidos según un patrón que están genéticamente predeterminados. En general las mujeres hacen acúmulos grasos más periféricos; es decir que acumulan en la cadera y abdomen En el patrón androide, en los hombres, el depósito de grasa ocurre intrabdominalmente. Los candidatos ideales para lipoescultura son aquellos que tienen estos acúmulos grasos periféricos. Deben contar con un adecuado tono de la piel pues de lo contrario la piel puede no adherirse adecuadamente. Si la piel se encuentra muy flácida secundaria a estrías es posible que requiera una lipectomía de la zona indicada.

	<p>La lipoescultura NO es un procedimiento para el manejo de la obesidad. Por el contrario debe estar asociado a cambios en los hábitos alimentarios y un programa de ejercicios para fortalecimiento y mejoría de la capacidad aeróbica</p>
Mamoplastia de aumento o reducción	<p>a) DE AUMENTO Es la colocación de implantes o prótesis mamarias para aumentar el volumen del seno. Es importante comprender que no aumenta el contorno del tórax medido en tallas como 32, 34, 36 etc. sino la copa medidas en Colombia como A, B, C, D etc. Hay pacientes que, genéticamente, tienen senos pequeños e inclusive alteración de la forma dado por un pliegue inframamario alto y areola muy ancha llamados senos tuberosos. En otras pacientes, el volumen se disminuye después de las lactancias o por pérdidas masivas de peso. Finalmente es útil esta cirugía en pacientes que requieren reconstrucción mamaria bien sea por defectos congénitos como el Síndrome de Poland, por mastectomías o por cambios de sexo.</p> <p>DE REDUCCIÓN Es un procedimiento para corregir la caída o ptosis del seno más la reducción del tamaño de la glándula mamaria. Se aplica a mujeres con senos grandes (hipertrofia) o caídos (ptóticos). La cantidad de tejido mamario cambia proporcional al peso, al embarazo, y a cambios hormonales. Los ligamentos y el sistema de ductos en la glándula mamaria se estirarán por lo cual desciende el seno. Existen múltiples causas por las cuales se presenta la hipertrofia mamaria. Por una parte, hay factores hormonales en el momento del desarrollo de la mujer o después de la lactancia constituyéndose así unos senos grandes; en algunos genéticamente presentan un crecimiento exagerado del seno presentado gigantomastia. Otro factor a considerar es la obesidad que condiciona un aumento del tejido graso en la glándula mamaria aumentando su volumen. En todos los casos el seno o la glándula mamaria adopta una posición más baja en la pared torácica perdiendo así su aspecto juvenil. Sin embargo, la característica de una mujer adulta y sana conlleva una leve caída de este seno lo cual la diferencia del seno en desarrollo de una adolescente.</p>
Maxtopexia	<p>¶ La mastopexia es una cirugía con un claro propósito estético para conseguir la elevación de pecho, que ayuda a recuperar un aspecto más joven, eliminando el exceso de piel, y reubicando el tejido descolgado por motivos como: lactancia, cambios de peso, o degeneración evolutiva aparejada a la edad. Esta técnica de elevación senos, permite además aumentar el tamaño de las mamas en la misma intervención con la utilización de implantes, e incluso reducir el tamaño de la areola, si esta presenta una dimensión excesiva.</p>
Mentoplastia	<p>¶ La mentoplastia es el nombre técnico de una cirugía que de forma resumida consiste en cambiar la forma del mentón para conseguir una mejor simetría y proporcionalidad. Se realiza a personas que tiene mentones demasiado pequeños o grandes siempre que no presenten otros problemas con la mandíbula. Al someterse a una mentoplastia si no va en conjunto con la rinoplastia puede optar por una anestesia local o general. La mentoplastia o cirugía del mentón se puede realizar de diferentes formas:</p> <p>DE REDUCCIÓN: se realiza una incisión en el labio inferior para poder acceder al hueso y remodelar el mentón. Para estabilizar los cambios realizados se suele utilizar unas pequeñas placas de titanio.</p> <p>DE AUMENTO: se puede recurrir a un implante de una prótesis o material de relleno o también está la posibilidad de optar por una osteotomía deslizante.</p>
Otoplastia	<p>¶ Es un procedimiento para corregir múltiples deformidades auriculares. La más frecuente se enfoca en las orejas en pantalla, caracterizada por un aumento en el ángulo entre la oreja y el cuero cabelludo. La oreja se tiene un crecimiento constante desde el nacimiento hasta los 6 a 7 años. Por esta razón se prefiere realizar esta cirugía en este período de la vida fue éste le evita al paciente el trauma psicológico que genera la burla de sus compañeros sin alterar el crecimiento de la oreja. Sin embargo, puede realizarse en la edad adulta. Con la Otoplastia se busca corregir el exceso de proyección de la oreja, así como la profundidad de la concha. Usualmente esta cirugía de oreja requiere incisiones en la parte posterior de la oreja, aunque se pueden hacer incisiones o abordajes en la parte anterior. Esto permite la exposición del cartilago auricular para su modificación con incisiones de relajación y/o colocación de puntos de fijación. Esta cirugía se puede hacer con anestesia local O general durando la cirugía entre 2 a 4 horas. La cirugía pretende modificar la posición de la oreja con respecto al cráneo, pero es importante dejar un margen de separación que permita la limpieza y el uso de gafas cómodamente.</p>
Ritidoplastia, Lifting facial o Ritidectomía	<p>¶ Procedimiento destinado a remover el exceso de piel de la cara y corregir los ángulos faciales que se pueden encontrar alterados por efectos de la gravedad, el envejecimiento tanto de la piel como del hueso.</p>
Rinoplastia	<p>¶ Esta cirugía es empleada para disminuir o aumentar el tamaño de la nariz, modificar su forma o mejorar algunos trastornos de obstrucción del aire en la nariz.</p>

9.5.2 TABLA 31. PROCEDIMIENTOS ESTÉTICOS NO QUIRÚRGICOS

Procedimientos estéticos no quirúrgicos	Definición
Aplicación de estimuladores de colágeno	<p>^{b)} Son tratamientos de remodelación facial y corporal estimulador del colágeno, para la cara se busca conseguir un efecto lifting sin cirugía gracias a sus dos principales propiedades: remodelación-relleno y tensado cutáneo.</p> <p>Por un lado, tenemos componentes como el βTCP (β Tri Cloro Fosfato) y ácido hialurónico. Las partículas de βTCP una vez aplicadas en la dermis profunda producen una estimulación tisular de los fibroblastos aumentando la síntesis de colágeno y elastina con lo que conseguimos una redensificación de la dermis. El ácido hialurónico a su vez por sus propiedades higroscópicas capta grandes cantidades de agua aportando a la piel una hidratación intensa y efecto tensor. Resultados que son visibles tras su aplicación inmediata, a medio y a largo plazo. Actúa inclusive como relleno facial aportando volumen totalmente reabsorbible corrigiendo de esta forma las imperfecciones de la cara. Está indicado en el modelado facial (mejillas, óvalo de la cara) y en el tratamiento de arrugas localizadas (surcos naso-genianos, arrugas malares, arrugas de la barbilla). Dependiendo de cada caso, se recomiendan de 2 a 4 sesiones con intervalos máximos de 3 a 4 semanas. Los efectos obtenidos tienen una duración aproximada de 2 años.</p> <p>Por otro lado, tenemos componentes como el ácido Poli-L-láctico reabsorbible por el propio cuerpo en forma de suspensión apirógena estéril que se reconstituye a partir de polvo liofilizado estéril y agua estéril para inyecciones. Su efecto puede durar varios años, dependiendo de varios factores. Este producto induce la formación de nuevo colágeno y engrosa la dermis produciendo un aumento medible del grosor de la piel. Se utiliza para aumentar el volumen en zonas deprimidas, especialmente para corregir depresiones cutáneas, como surcos, arrugas, pliegues, cicatrices de la piel, ojeras y para el envejecimiento de la piel. También es adecuado para correcciones de grandes defectos de volumen como los signos de pérdida de grasa facial (lipoatrofia). La profundidad de la inyección y la cantidad del producto que se utilizarán dependen de la zona que se tratará y del resultado que se desee obtener.</p>
Aplicación de rellenos faciales	<p>^{d)} Los tratamientos de rellenos faciales que consisten en la infiltración de materiales de relleno biocompatibles, con los que corregimos arrugas y surcos en la piel. También sirven para dar volumen a distintas zonas de la cara (por ejemplo, los labios y los pómulos), así como para revitalizar la piel de una manera natural.</p> <p>Los diferentes tipos de material de relleno pueden ser utilizados dependiendo sobre todo de los objetivos estéticos que se persiguen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corregir surcos • Proyectar zonas concretas • Reponer volúmenes • Revitalizar la piel <p>Los materiales de relleno que utilizamos son completamente reabsorbibles. Estos son los más frecuentemente aplicados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido hialurónico • Ácido poliláctico • Fosfato tricálcico • Hidroxiapatita cálcica • Policaprolactona
Hilos estimuladores de colágeno	<p>^{d)} Los hilos estimuladores de colágeno (PDO) nos sirven para el procedimiento de levantamiento y estiramiento de piel, el cual es de forma segura y al instante levanta la piel suelta en la cara, el cuello y el cuerpo, con un tiempo de inactividad mínimo. La aplicación de hilos estimuladores de colágeno es una de las formas más efectivas de levantar la piel suelta sin cirugía. A medida que envejecemos, los efectos de la gravedad se vuelven más notorios en nuestras caras, especialmente a medida que nuestra estructura de soporte facial se debilita y perdemos grasa en el rostro. Las áreas que generalmente se ven afectadas son las cejas, alrededor de los ojos, las mejillas, la papada y el cuello. El resultado es una cara más larga y afilada. Tradicionalmente, la mayoría de las personas optaba por la cirugía plástica para obtener un estiramiento facial ya que no había tratamientos no invasivos muy eficaces para levantar la piel flácida. Sin embargo, ahora hay una opción no quirúrgica efectiva que puede levantar, moldear y suspender los tejidos caídos en la cara, el cuello y el cuerpo, especialmente para aquellos que necesitan rejuvenecimiento mínimo a moderado o para aquellos que no desean someterse a una intervención quirúrgica.</p> <p>¿Pero qué son los hilos PDO?</p> <p>Son agujas hipodérmicas precargadas con una sutura absorbible PDO sintética. Las suturas PDO (polidioxanona) son suturas quirúrgicas que se usan para realizar cirugía cardíaca. Todas las suturas están aprobadas por la FDA y las suturas PDO son uno de los materiales más seguros que se pueden usar en el cuerpo. Su piel absorberá completamente el hilo dentro de 4 a 6 meses sin dejar ningún tejido cicatricial. Los hilos se aplican sobre la epidermis y la piel reacciona suavemente creando una “respuesta inflamatoria selectiva” para producir colágeno. Las áreas de tratamiento más populares son las cejas, las mejillas (cara media), la quijada y la parte superior del cuello. Sin embargo, los hilos PDO se pueden aplicar prácticamente</p>

	<p>en cualquier lugar del cuerpo, como para levantar la piel suelta en la parte superior de los brazos, el estómago, los muslos y alrededor de las rodillas y hasta en los glúteos.</p>
Hidrolipoclasia	<p>^{k)} La hidrolipoclasia está indicado para la grasa localizada, destruye el adipocito para liberar la grasa. Esas células grasas que se destruyen ya no se vuelven a recuperar, por lo tanto, la zona no recupera el volumen en dicha zona. Después de la sesión de hidrolipoclasia se realiza un tratamiento con cavitación para seguir rompiendo células grasas, se termina el tratamiento con una presoterapia para drenar. Resultados visibles desde la primera sesión.</p> <p>Zonas para tratar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abdomen • Flancos • Cartucheras • Rodillas • Brazos • Papada
Hilos tensores	<p>^{l)} Son unos hilos finos utilizados en Medicina Estética para rejuvenecer el rostro. Se pueden aplicar tanto para eliminar las arrugas y la flaccidez facial, como para levantar las cejas o, incluso, para redefinir el óvalo de la cara y el contorno de la mandíbula. Existen dos tipos de hilos tensores:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Permanentes, que están hechos de propileno 2. Temporales, realizados con dioxanona, material que después de unos dos años es reabsorbido por el organismo sin necesidad de ninguna operación <p>El uso de los hilos tensores consigue un efecto lifting sobre el rostro sin la necesidad de pasar por el quirófano. El tratamiento con hilos tensores se realiza para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disimular las arrugas del contorno de los ojos. • Elevar las mejillas. • Reafirmar el cuello. • Elevar las cejas. • Dar simetría a la cara. • Reafirmar el contorno facial. • Difuminar las arrugas de la frente.
Laser	<p>^{a)} El láser es una herramienta invaluable para lograr un aspecto joven y saludable de la piel. En términos generales la tecnología láser es un coadyuvante en el manejo de lesiones localizadas en las distintas capas de la piel y sus anexos correspondientes, tales como: vellos, glándulas sebáceas, sudoríparas y las uñas. Para obtener óptimos resultados casi siempre es necesario combinar el láser con otro tipo de tratamientos tanto médicos como quirúrgicos. Es erróneo pensar que se pueden obtener resultados “mágicos” por el solo hecho de aplicar el láser, sin embargo, aplicado de una manera sistemática y responsable se logra mejorar tanto la calidad como el aspecto de la piel. Son pocos los tratamientos que permiten resultados con una única aplicación, por ejemplo, se requiere de varias sesiones para lograr eliminar total o parcialmente un tatuaje, o reducir tanto el tamaño como el color de una mancha.</p> <p>Los tratamientos láser son más prolongados en pacientes de piel oscura pues éstas están predispuestas a reaccionar con cambios de coloración de la piel generando manchas tanto claras (hipopigmentación) como oscuras (hiperpigmentación).</p> <p>Es de vital importancia informar al médico tratante el consumo de retinoides (medicamentos utilizados para el control del acné), o el antecedente herpes para que el cirujano pueda tomar las medidas del caso y prevenir resultados indeseables.</p> <p>La mayor parte de las veces la aplicación del láser se realiza con anestesia tópica (en crema) o frío local, puesto que la molestia generada la aplicación de la luz es mínima. Para liposucción asistida con láser (que muchos ofrecen como lipólisis láser) y tratamientos más profundos se puede utilizar anestesia inyectable o anestesia general según sea el caso.</p>
Mesoterapia	<p>^{m)} La mesoterapia es un tratamiento de Medicina Estética que emplea la estimulación de la regeneración celular mediante la infiltración de diferentes activos para conseguir una piel más firme y elástica. Puede realizarse en el rostro para conseguir un aspecto rejuvenecido o en diversas zonas del cuerpo para remodelar la silueta y estilizar la figura. En el tratamiento de mesoterapia se suelen utilizar principios activos como el ácido hialurónico, el plasma rico en plaquetas o diversas vitaminas, los cuales se inyectan en la zona a tratar con agujas muy finas bajo anestesia tópica.</p> <p>La mesoterapia es un tratamiento efectivo tanto en cara como en el cuerpo para tratar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Celulitis • Flacidez de la piel • Estrías • Cicatrices • Acné • Reducir la grasa

Peeling mecánico y Peeling químico	<p>^{m)} Un peeling es un procedimiento dermatológico que elimina capas externas de la piel indicado para mejorar la apariencia y textura de esta. Básicamente, es una forma de exfoliación que usa sustancias o diferentes tecnologías para renovar las capas de la piel. La intensidad del peeling (superficial, medio o profundo) se determina por el tipo de piel o problema a corregir en cada caso. También es fundamental considerar los resultados y la duración que se busca con el tratamiento. Lo importante es que todos estos tratamientos deben ser indicados y realizados en consultorio por un médico especialista.</p> <p>Peeling mecánico o físico</p> <p>La microdermoabrasión consiste en la remoción mecánica y controlada de los estratos más superficiales de la piel, produciendo una exfoliación muy suave. Como consecuencia de esta exfoliación, se produce la consiguiente regeneración celular e incremento en la producción de colágeno. Clínicamente, con este procedimiento se observa un incremento en la elasticidad y el tono de la piel. Además, es muy útil a la hora de eliminar manchas producidas por la exposición solar y las líneas de expresión se atenúan.</p> <p>Los peelings se pueden realizar tanto en el rostro como en el cuerpo, el escote y la espalda.</p> <p>Peeling químico o Dermoexfoliación</p> <p>Se indica para lograr cambios en la textura de la piel, tratar manchas, arrugas finas, poros dilatados, cicatrices y acné. Existen diferentes tipos de ácidos para realizarlos y la acción de cada uno de ellos varía dependiendo del PH y la concentración a la cual se encuentra.</p> <p>Ácido Glicólico. Se extrae de la caña de azúcar. Es una molécula de pequeño tamaño que consigue buena penetración en la piel. Puede irritar. Se indica en manchas, envejecimiento y acné no inflamatorio.</p> <p>Ácido Salicílico. Se extrae de las hojas del sauce. Penetra con facilidad en los poros de la piel y tiene efecto antiséptico. Por eso, es muy útil para desinflamar lesiones de acné. Ha demostrado beneficios para tratar manchas.</p> <p>Ácido Mandélico. Se extrae de las almendras y tiene la ventaja de no producir tanta irritación como el ácido glicólico. Es útil para tratar manchas y acné en pieles más sensibles. Puede emplearse en pacientes con piel oscura.</p> <p>Ácido Retinoico. Estimula la formación de colágeno y reduce la dilatación de los poros. Es útil para tratar el envejecimiento de la piel y el acné no inflamatorio.</p> <p>Ácido Tricloroacético. Produce coagulación proteica y síntesis de nuevo colágeno. Se indica para tratar cicatrices más profundas y pieles muy fotoenvejecidas. Debe realizarse siempre en pieles claras.</p>
Plasma rico en plaquetas	<p>^{o)} El plasma rico en plaquetas es un componente que se encuentra en nuestra sangre, el cual es rico en factores de crecimiento, por esta razón ha sido utilizado en múltiples tratamientos, como para sanar heridas, mejorar articulaciones y actualmente es bien usado para rejuvenecimiento facial.</p> <p>Una vez aplicado el plasma rico en plaquetas que contiene factores de crecimiento, dentro de la piel, va a tener efectos regenerativos, ralentizando y revirtiendo los signos del envejecimiento.</p>
Terapia con Microagujas	<p>^{p)} Se basa en la colagenogénesis y la neovascularización que ocurre como consecuencia del resultado de la liberación de los factores de crecimiento por la lesión en el estrato corneo de la epidermis.</p> <p>Los mecanismos por lo cual la terapia de microagujas actúa es mediante la formación de micro canales que resultan del proceso de reparación de la piel, los cuales son producidos por los cientos de micro lesiones. Estos canales crean una estimulación de los factores de crecimiento plaquetario al lesionar la piel, promoviendo así la regeneración celular. Estos factores (factores de crecimientos plaquetario y factor de crecimiento de fibroblastos) se activan y comienzan la reparación del tejido estimulando la migración de los fibroblastos y la producción de los depósitos de colágeno.</p> <p>Los instrumentos utilizados para este tratamiento han ido evolucionando; inicialmente se realizaba de manera manual, posteriormente aparecieron los dermarollers los cuales contaban con agujas de diferentes profundidades; en la actualidad ha revolucionado el tratamiento siendo las plumas con microagujas motorizadas lo más innovador, ya que en ellas se puede mediar la profundidad y velocidad de penetración de las micro lesiones.</p>
Toxina Botulínica	<p>^{a)} Es esta una sustancia, producida por una bacteria (<i>Clostridium botulinum</i>) y que al ser inyectada en un músculo lo paraliza por un cierto período de tiempo. Se usa aplicado en los músculos de la frente, el entrecejo y la “pata de gallina” con mayor frecuencia. También se puede inyectar en el cuello y el mentón.</p>

Referencias

- a) <https://www.cirurgioplastica.org.co/procedimientos/>
- b) <https://cirujanoplasticomedellin.com/cirurgia-plastica-medellin/facial/biclectomia-medellin/>
- c) <https://www.clofan.com/cirurgia-de-parpados-2/>
- d) <https://drlinatriana.com/procedimiento/reduccion-de-pectorales-ginecomastia/>
- e) <https://www.clinicasmatoansorena.com/aumento-de-gluteos/gluteoplastia/>
- f) <https://cirugiaplasticamalaga.com/mastopexia/>
- g) <https://www.prodentis.es/blog/que-es-la-mentoplastia/>
- h) <http://doctorcarloscespedes.com/estimuladores-del-colageno/>
- i) <https://www.iml.es/rellenos-faciales/>
- j) <https://www.edhelpharma.com/sabes-como-funcionan-los-hilos-estimuladores-de-colageno-pdo>
- k) <https://www.sumak.es/hidrolipoclasia-eliminar-grasalocalizada>
- l) <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/hilos-tensores>
- m) <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/mesoterapia>
- n) <http://www.esteticamedica.info/noticias/val/163-0/peeling-quimico-y-mecanico.html>
- o) <https://zahiaestetica.com.co/E?A=Plasma-Rico-Plaquetas>
- p) <http://www.rvoga.com.mx/noticia.php?id=34>