



DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

**AJUSTE A LA REGLAMENTACIÓN DE LA TASA
RETRIBUTIVA POR VERTIMIENTOS PUNTUALES AL
AGUA**

**Oficina de Negocios Verdes Sostenibles
Grupo de Análisis Económico para la Sostenibilidad**

2024

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MARCO JURÍDICO.....	9
3. ANTECEDENTES NORMATIVOS DEL INSTRUMENTO ECONÓMICO TRVP.....	12
3.1 <i>METODOLOGÍA ACTUAL DEL CÁLCULO DE LA TRVP.....</i>	<i>14</i>
3.1.1 Sujeto Activo	14
3.1.2 Sujeto Pasivo	14
3.1.3 Base gravable	14
3.1.4 Carga contaminante diaria (cc)	15
3.1.5 Hecho generador	15
3.1.6 Información previa al establecimiento de las metas de carga contaminante.....	16
3.1.7 Proceso de establecimiento de metas de carga contaminante.....	16
3.1.8 Valor, aplicación y ajuste del Factor Regional	17
4. COMPORTAMIENTO DEL RECURSO POR REGIONES HIDROLÓGICAS 20	
4.1 <i>DELIMITACIÓN POR AUTORIDADES AMBIENTALES</i>	<i>25</i>
4.2 <i>DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DE COLOMBIA.....</i>	<i>27</i>
4.3 <i>DELIMITACIÓN POR DEPARTAMENTOS.....</i>	<i>27</i>
5. PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES - PMAR 2020-2050.....	29
5.1 <i>Estado de avance acorde con el PMAR 2020-2050, MVCT.....</i>	<i>34</i>
6. ARTICULACIÓN CON EL MINISTERIO DE VIVIENDA PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026.....	35
6.1 <i>Alcance.....</i>	<i>35</i>
7. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA PROPUESTA DE AJUSTE A LA REGLAMENTACIÓN DE LA TRVP	43
7.1.1 Resumen general de los talleres Autoridades Ambientales	47
7.1.2 Resumen general de los talleres Empresas de Servicios Públicos de Alcantarillado	49

7.1.3 Resumen general de la Mesa de Expertos	51
8. PROPUESTA METODOLÓGICA DE AJUSTE DEL FACTOR REGIONAL.	53
8.1 <i>Modificación Reglamentaria.</i>	53
8.2 <i>Cálculo de la TRVP.</i>	53
8.3 <i>Cálculo del Factor Regional.</i>	53
8.3.1 Cálculo de la Variable Ambiental.	54
8.3.2 Coeficiente de calidad de agua (C_{ICA}).	54
8.3.3 Índice de Calidad del Agua (ICA) y metodología del IDEAM.....	55
8.3.4 Metodología del ICA según IDEAM.	56
8.3.5 Indicador de Calidad de Aguas Marinas (ICAM) y parámetros.....	64
8.3.6 Coeficiente de Relación (C_R)	67
8.3.7 Coeficiente de Biodegradabilidad (C_B)	75
8.3.8 Cálculo de la Variable Socioeconómica.	79
8.3.9 Coeficiente de Categorización Municipal (C_{CM}).....	79
8.3.10 Coeficiente de Necesidades Básicas Insatisfechas C_{NBI}	82
8.3.11 Cálculo de la Variable Económica.	85
8.3.12 Coeficiente de construcción de Interceptores y/o emisarios finales (C_{CI})	86
8.3.13 Coeficiente de eliminación de puntos de vertimiento (C_{EV}).	87
8.3.14 Coeficiente de estudios y diseños de sistemas de tratamiento de aguas (C_{DS}).	88
8.3.15 Coeficiente de construcción de sistemas de tratamiento (C_{CS}).....	89
8.4 <i>Sistema y Método para el cálculo del Ajuste del Factor Regional.</i>	91
8.4.1 Ponderación de las variables y parámetros.....	91
8.4.2 Establecimiento de rangos de los parámetros.	94
8.4.3 Asignación de valor numérico para los coeficientes según el rango del parámetro.	96
9. EVALUACIÓN ECONÓMICA SEGÚN EL AJUSTE DEL FACTOR REGIONAL PARA EL AÑO 2022	99
9.1 <i>Análisis de los datos</i>	99
9.2 <i>Resultados.</i>	99
10. CONCLUSIONES	108
11. BIBLIOGRAFIA	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Evolución del instrumento normativo 1974 - 2016.</i>	11
Figura 2. <i>Información previa al establecimiento de metas.</i>	16
Figura 3. <i>Procedimiento para establecer las metas de carga contaminante.</i> ..	16
Figura 4. <i>Valor, aplicación y ajuste del factor regional.</i>	17
Figura 5. <i>Evaluación del factor regional a usuarios prestadores.</i>	18
Figura 6. <i>Aplicación del factor regional nuevo quinquenio.</i>	19
Figura 7. <i>Niveles de agregación de las cuencas en Colombia.</i>	20
Figura 8. <i>Límite de las 41 cuencas asociadas a las Zonas hidrográficas colombianas.</i>	22
Figura 9. <i>Límite de las 316 Subcuencas asociadas a las Sub-Zonas hidrográficas colombianas.</i>	23
Figura 10. <i>Cubrimiento del territorio por Áreas Hidrográficas.</i>	25
Figura 11. <i>Autoridades Ambientales en el Territorio Nacional</i>	26
Figura 12. <i>DIVIPOLA de Colombia</i>	27
Figura 13. <i>Identificación de Municipios con sistema de Alcantarillado</i>	28
Figura 14. <i>Avances y metas en el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas en Colombia.</i>	30
Figura 15. <i>Municipios priorizados con población en cabecera mayor a 100 mil habitantes en el país.</i>	31
Figura 16. <i>Contexto internacional porcentaje aguas residuales municipales</i> ...	33
Figura 17. <i>Regionalización de Talleres</i>	38
Figura 18. <i>Índice de Calidad del Agua (ICA)</i>	61
Figura 19. <i>ICA Corriente del río Cauca.</i>	63
Figura 20. <i>Puma de dispersión vertimiento en un cuerpo léntico con estratificación</i>	69
Figura 21. <i>Cartografía submarina caribe.</i>	70
Figura 22. <i>Cartografía submarina pacífico</i>	71
Figura 23. <i>Zona de Mezcla Vertimiento de menor densidad en la superficie Marino-Costera.</i>	72
Figura 24. <i>Zona de Mezcla Vertimiento de menor densidad en la superficie Marino-Costera.</i>	72

Figura 25. <i>Dirección General de las corrientes marítimas mundiales.</i>	73
Figura 26. <i>Coeficiente de ponderación utilizando el método de regresión lineal</i>	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Zonas oficiales asignadas a cada área hidrológica de Colombia.</i>	21
Tabla 2. <i>Cargas contaminantes calculadas por macrocuenca</i>	34
Tabla 3. <i>Relación requerimientos de información para el desarrollo de los talleres</i>	37
Tabla 4. <i>Organización de los Talleres</i>	39
Tabla 5. <i>Estrategias orientativas Autoridades Ambientales</i>	47
Tabla 6. <i>Conclusiones Mesa de Expertos</i>	51
Tabla 7. <i>Variables del ICA y sus ponderaciones.</i>	57
Tabla 8. <i>Clasificación cualitativa del ICA – IDEAM</i>	57
Tabla 9. <i>Puntos de monitoreo con categoría "malo" del ICA 2021</i>	62
Tabla 10. <i>Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM)</i>	64
Tabla 11. <i>Valor Numérico del CICA según los rangos y categorías del ICA.</i> ...	66
Tabla 12. <i>Valor Numérico del CICA según los rangos y categorías del ICAM.</i> ..	66
Tabla 13. <i>Valor numérico del CR según los rangos del RQ.</i>	74
Tabla 14. <i>Valor numérico del CR según los rangos del RV.</i>	74
Tabla 15. <i>Degradación biológica de compuestos orgánicos con el Índice de Biodegradabilidad</i>	76
Tabla 16. <i>Criterios de Biodegradabilidad según la relación DBO5/DQO</i>	77
Tabla 17. <i>Características DQO y DBO5</i>	77
Tabla 18. <i>Valor numérico del CB según los rangos del RB.</i>	79
Tabla 19. <i>Rangos de las Categorías municipales por ICLD y Población</i>	80
Tabla 20. <i>Número de municipios por categoría.</i>	81
Tabla 21. <i>Número de municipio por Categoría.</i>	81
Tabla 22. <i>Valor Numérico del CCM según la categorización municipal.</i>	82
Tabla 23. <i>Necesidades básicas, dimensiones y variables censales</i>	83
Tabla 24. <i>Valor Numérico del CNBI según el porcentaje de personas en NBI.</i> ..	85

Tabla 25. <i>Valor numérico del CCI CEV CDS CCS según los porcentajes de avances en cada proyecto de inversión.</i>	90
Tabla 26. <i>Matriz de pesos de las variables.</i>	92
Tabla 27. <i>Ponderaciones del método AHP. Elaboración propia. 2024.</i>	93
Tabla 28. <i>Ponderaciones del método de participación.</i>	93
Tabla 29. <i>Clasificación del ICA según la metodología de percentiles</i>	95
Tabla 30. <i>Clasificación del ICA según la metodología de media y desviación estándar.</i>	95
Tabla 31. <i>Principales resultados de facturación y variación por cada autoridad ambiental.</i>	100
Tabla 32. <i>Comparación de factor regional vigente con el nuevo factor regional ajustado para cada autoridad ambiental.</i>	102
Tabla 33. <i>Principales resultados de facturación y variación por cada autoridad ambiental y sus principales sectores económicos.</i>	103
Tabla 34. <i>Comparación de factor regional vigente con el nuevo factor regional ajustado para cada autoridad ambiental y sus principales sectores económicos.</i>	106

1. INTRODUCCIÓN

La Tasa Retributiva, fue definida inicialmente en la normatividad colombiana, mediante el artículo 18 del Decreto 2811 de 1974, si bien esta norma fue derogada a través del artículo 118 de la Ley 99 de 1993, es importante mencionar su definición; La utilización directa o indirecta de los ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para introducir arrojar en ellos desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen y sustancias nocivas que sean resultado de actividades lucrativas, se sujetará al pago de tasas retributivas del servicio de eliminación o control de las consecuencias de las actividades nocivas expresadas.

La tasa retributiva por vertimientos puntuales contempla dentro del cobro el análisis y la aplicación del factor regional, el cual considera los costos sociales, ambientales causados por los vertimientos puntuales al recurso hídrico. Sin embargo, en la actualidad se han generado diferentes problemáticas o situaciones particulares, considerando que la tendencia ha sido el aumento de las cargas contaminantes producto del crecimiento de población en las principales ciudades del país, aunado a los costos elevados que conlleva el cumplimiento de las acciones asociadas, a la recolección, el transporte y el tratamiento de las aguas residuales, los cuales inciden positiva o negativamente en el cumplimiento de las metas de carga contaminante. Así como, el aumento de los vertimientos de aguas residuales no domésticas asociados a los incrementos en la producción, creación de nuevos negocios o emprendimientos en viviendas, los cuales generan vertimientos con características diferentes a la carga de origen orgánica de DBO₅ y SST, es decir aporte de sustancias o concentraciones diferentes a las mencionadas, que inciden en la calidad del recurso hídrico, pero que en la actualidad no ha sido contempladas en el cobro de la tarifa del instrumento económico.

Considerando lo anterior frente a los vertimientos realizados por parte de los municipios o empresas prestadoras de servicios públicos, se ha venido presentando un aumento en la carga contaminante vertida, asociado a la evaluación y aplicación del factor regional, el cual se evalúa de conformidad con el cumplimiento de las metas globales e individuales de carga contaminante, así como en el número de puntos de vertimiento a eliminar por parte del prestador del servicio de alcantarillado.

Acorde con la normatividad colombiana, la prestación del servicio público de alcantarillado, está en cabeza del estado, sin embargo a partir de la creación de la Ley 142 de 1994, esta normatividad permitió que empresas prestaran el servicio de alcantarillado, sin desconocer o perder de vista, que la obligación principal recae sobre la entidad territorial, por lo tanto las acciones a adelantar deben realizarse de forma conjunta considerando los costos asociados para su correcto tratamiento, puesto que las fuentes de financiación de las mismas, son

la tarifa que se cobra al usuario, así como las inversiones, de carácter, territorial, departamental y de la nación. No se puede desconocer, que las mismas requieren de una priorización para su ejecución, dado que acorde con lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000, la prioridad es el servicio del Acueducto sobre Alcantarillado, sin desconocer la prioridad que existe para el servicio de Aseo.

Por lo anterior, el artículo 25 del Plan Nacional de Desarrollo “Colombia Potencia Mundial de la Vida” Ley 2294 de 2023, estableció; al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la actualización de los estudios, las evaluaciones y la fórmula con el que se calcula la tasa retributiva, así como los criterios de gradualidad para distribuir el factor regional en función de los compromisos asumidos por los prestadores del servicio público de alcantarillado, generando la correspondiente reglamentación con un esquema de tratamiento diferencial.

Por lo tanto, entre los dos ministerios se diseñó un plan de trabajo que incluyó la realización de siete talleres regionales, a nivel nacional, distribuidos en la región, Andina, Amazonía, Caribe, Pacífica, los cuales se desarrollaron desde el mes de septiembre hasta el mes de noviembre del año 2023, en los cuales se definió el desarrollo de la metodología DOFA, con el propósito de identificar las Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas, en el saneamiento y manejo de vertimientos e implementación de la tasa retributiva por vertimientos puntuales al agua, los aportes recolectados y procesados de estos talleres, son uno de los insumos principales para la elaboración de la propuesta de ajuste del instrumento económico, considerando que los actores convocados, tienen relación directa con la implementación, el cobro y el pago de la tasa retributiva.

2. MARCO JURÍDICO

Es relevante mencionar que inicialmente se incluían las sustancias nocivas, que fuesen resultado de actividades lucrativas, posteriormente mediante el artículo 143 del Decreto 1594 de 1984, se expresó por primera vez la metodología del cálculo, la cual se definió como tasa retributiva ordinaria diaria (TO), en la ecuación se incluyeron, los parámetros de DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno, DQO Demanda Química de Oxígeno, SS Sólidos Suspendidos y la sumatoria de sustancias de interés sanitario, así como la inclusión de factores asociados a costos del programa de control por unidad de carga combinada en pesos por cada Kilogramo, al costo del programa de control de las sustancias de interés sanitario, el salario mínimo diario vigente y un factor que prevé la acumulación de sustancias de interés sanitario en el recurso. Dentro de las consideraciones para su aplicación, se estableció que se debía descontar la carga que existiera en el punto de captación, siempre y cuando el vertimiento ocurriera en el mismo cuerpo de agua.

El instrumento económico, se inició cobrando de forma semestral, tomando como base el promedio del vertimiento, teniendo en cuenta los periodos en los cuales no se realizó vertimiento, con la precisión que debía ser notificado previamente por parte del usuario. Es decir, desde su concepción, se consideró que los usuarios debían informar previamente a la Autoridad los periodos en los cuales no realizó vertimientos. Así mismo, se precisó que el pago de la tasa no exoneraba al usuario del cumplimiento a las obligaciones relativas a la norma de vertimiento, ni la aplicación de medidas preventivas, de seguridad, o de las sanciones que hubiese lugar.

Posteriormente, mediante el artículo 42 de Ley 99 de 1993, con la creación del Ministerio de Ambiente, y se reordenó el Sector Público y el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Se redefinieron las tasa retributivas y compensatorias como; La utilización directa o indirecta de la atmósfera, del agua y del suelo, para introducir o arrojar desechos o desperdicios agrícolas, mineros o industriales, aguas negras o servidas de cualquier origen, humos, vapores y sustancias nocivas que sean resultado de actividades antrópicas o propiciadas por el hombre, o actividades económicas o de servicio, sean o no lucrativas, se sujetará al pago de tasas retributivas por las consecuencias nocivas de las actividades expresadas. También podrán fijarse tasas para compensar los gastos de mantenimiento de la renovabilidad de los recursos naturales renovables. Uno de los principales cambios en la definición, es que se incluyen, la atmósfera, el agua y el suelo, que sean de origen, humos, vapores y sustancias nocivas, y que fuesen producto de actividades antrópicas sean o no lucrativas.

En desarrollo del artículo 42 de la Ley 99 de 1993, se reglamentó mediante el Decreto 901 de 1997, y su concepción fue basada en el que contamina paga, se asoció al producto de multiplicar el caudal promedio de vertimiento, por la

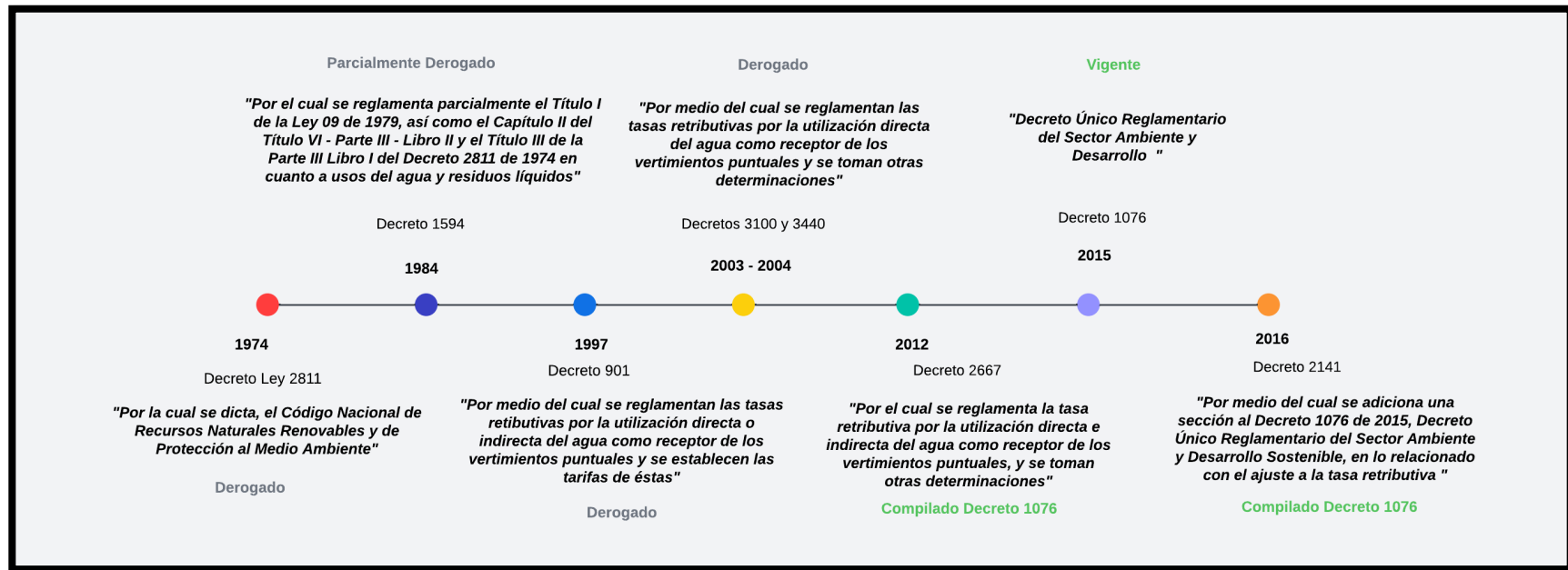
concentración de los parámetros de DBO₅ y SST, el tiempo de vertimiento, por un factor de conversión, la carga contaminante se expresó en kilogramos al día o el periodo objeto de cobro, se incluyó el factor regional, el cual se concibió, como un factor que incide en la determinación de la tasa retributiva y está compuesto por un coeficiente de incremento de la tarifa mínima, que involucra los costos sociales y ambientales de los daños causados por los vertimientos al valor de la tarifa de la tasa. Así como el establecimiento de metas de reducción de carga contaminante. Es importante precisar que se eliminó el parámetro de DQO, las sustancias de interés sanitario, los SS, se reemplazaron por los Sólidos Suspendidos Totales.

El Decreto 901 de 1997, fue derogado mediante el Decreto 3100 de 2003 el cual fue modificado en algunos apartes por el Decreto 3440 de 2004, vale la pena precisar que los decretos anteriores, aunque fueron derogados en su totalidad, son los antecedentes y parte del fundamento de la evaluación y modificación de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua, la cual se encuentra hoy reglamentada mediante el Decreto 2667 de 2012. El propósito o la concepción de este instrumento económico es que se cobra a la persona o a los usuarios que realizan descargas directas o indirectas a los cuerpos de agua superficiales.

En cuanto al Capítulo 7 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, es importante resaltar los cambios realizados en lo referente al establecimiento de la meta global de carga contaminante, la cual corresponde a la suma de las metas individuales del quinto año del acuerdo, así mismo, estipulo el seguimiento anual de la misma y determinó que a la meta global de carga contaminante no se le descontaría la carga de los prestadores de servicios público de alcantarillado, como lo consideraba el decreto 3100 de 2003 el cual se encuentra derogado, igualmente se determinaron dos metodologías de evaluación para los prestadores, sin embargo, únicamente se aplicaría una de los dos métodos de evaluación.

A continuación, se presenta la evolución del instrumento y los antecedentes normativos del Instrumento Económico Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua.

Figura 1. Evolución del instrumento normativo 1974 - 2016.



Fuente: Elaboración propia, 2024

3. ANTECEDENTES NORMATIVOS DEL INSTRUMENTO ECONÓMICO TRVP

La tasa retributiva por vertimientos puntuales al agua se ha implementado desde el año 1984, inicialmente se incluía el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno DQO, el cual es uno de los parámetros más relevantes de medición dado que indica el grado de contaminación de un cuerpo de agua.

Se precisa que la diferencia principal entre la Demanda Química de Oxígeno DQO y la Demanda Bioquímica de Oxígeno, es que la DQO, indica la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua, entre más alto sea el valor de la DQO, mayor grado de contaminación tiene el cuerpo de agua, en cuanto a la DBO₅, hace referencia a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consume durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra, este es un proceso biológico, que requiere de un mayor tiempo. Considerando que la descomposición depende de la temperatura (20°C) durante 5 días de manera estándar. Es preciso aclarar que la DQO engloba o contiene la DBO₅, e incluya más cosas. Es decir, en la DBO₅, únicamente se detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable, mientras que la DQO se busca la oxidación completa de la muestra, de manera que todo el material orgánico, biodegradable y no biodegradable, es químicamente oxidado, por lo tanto, en una muestra de agua residual, el valor de la DQO siempre debe ser mayor que la DBO₅.¹

Así mismo en el Decreto antes mencionado, se incluía el cobro de sustancias de interés sanitario.

Posteriormente mediante el Decreto 901 de 1997, se definió e incluyó en el cobro de la tarifa mínima por cada parámetro objeto de cobro DBO₅ y SST, el cálculo y aplicación del factor regional, cuyo producto de estos dos elementos, determinaba la tarifa regional a pagar por cada kg de carga contaminante vertida, para los parámetros antes mencionados, para las diferentes fuentes superficiales, que cuenten con objetivos de calidad previamente definidos.

A partir de los talleres y mesas de trabajo adelantadas con las Autoridades Ambientales y las Empresas Prestadoras de Servicio Público de Alcantarillado, se obtuvo que uno de los aspectos sujeto de revisión y evaluación del instrumento económico es el Factor Regional, por las condiciones que implican en la actualidad, puesto que el mismo es acumulativo en el tiempo, es decir se mantiene o aumenta durante el quinquenio una vez evaluado, ajustado y aplicado, la disminución y/o ajuste únicamente es aplicable en caso del cumplimiento de la meta global de carga contaminante durante el último año del

¹ En línea: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31

quinquenio y el primero año del nuevo quinquenio establecido, para los usuarios que hacen parte de la cuenca en la cual se esté calculando, así mismo, el Decreto 2667 de 2012, establece que un usuario que cumpla la meta individual en el último año del quinquenio y en el primer año del nuevo quinquenio, es objeto de ajuste del mismo, y su valor podrá regresar a (1).

En la actualidad este factor regional se calcula a partir del cumplimiento de las metas globales de carga contaminante, las cuales acorde con la definición del 2.2.9.7.3.1 del Decreto 1076 de 2015, se formulan para conducir al cumplimiento de los objetivos de calidad de las fuentes superficiales, como está concebida la norma se contempla las metas de carga contaminante con los usuarios que hacen parte de la fuente superficial, estableciendo metas individuales para cada uno de los usuarios, acorde con la carga contaminante inicial la cual se denomina la línea base y posteriormente la proyección de la carga durante los cinco años del quinquenio, dependiendo del comportamiento del usuario, si aumentan o se mantiene el crecimiento en los niveles de producción para el caso de usuarios individuales, que no son usuarios prestadores del servicio público de alcantarillado.

Para el caso de los prestadores de servicio público de alcantarillado, se evalúa en dos sentidos, en el cumplimiento de la meta global e individual de carga contaminante la cual está contenida en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos aprobado por parte de la Autoridad Ambiental, en caso de no contar con dicho instrumento será con la meta de carga definida en el Acuerdo de Metas de Carga Contaminante, establecido por parte de la Autoridad Ambiental Competente, así mismo, se revisará al prestador del servicio público de alcantarillado el cumplimiento de número de puntos de vertimiento a eliminar para el año objeto de aplicación, se aplicará un factor automático de 0,5 para cada parámetro para el año en el que se registre el incumplimiento, el Decreto menciona que solo se aplicará uno de los dos componentes de la evaluación y en caso de que un usuario incumpla con los dos indicadores, se le aplicará únicamente el factor regional por carga.

Acorde con lo anterior, es preciso aclarar que el factor regional tal como está diseñado depende del cumplimiento de las metas de carga contaminante, y el mismo se aplica a los usuarios en caso de no cumplir con la meta global e individual de carga contaminante, establecida para el año objeto de evaluación, por lo tanto, el factor se concibió para ser aplicado al usuario.

Se precisa que cada año, acorde con la normatividad la Autoridad Ambiental deberá realizar seguimiento al cumplimiento del objetivo de calidad, para cada uno de los parámetros establecidos y que el propósito de los procesos de meta de carga contaminante tiene como principal objetivo dar cumplimiento a los objetivos de calidad del recurso hídrico, los cuales se formulan para garantizar el uso del recurso hídrico en determinada zona, cuerpo de agua o tramo.

Sin embargo, se ha precisado que no necesariamente hay una correlación entre el factor regional ajustado y el cumplimiento del objetivo de calidad, es decir se han observado situaciones, en las cuales hay fuentes que no cumplen con el objetivo de calidad, pero su factor regional no ha sido objeto de ajuste y aplicación, así mismo, se han identificado situaciones en las cuales los cuerpos de agua cumplen con el objetivo de calidad, pero el factor regional ha sido ajustado.

Lo anterior resaltando que la tarifa de la tasa retributiva se calcula, multiplicando el factor regional por la tarifa mínima establecida para el año objeto de cobro.

3.1 METODOLOGÍA ACTUAL DEL CÁLCULO DE LA TRVP

La Tasa Retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales, es un instrumento económico previsto en el artículo 42 de la Ley 99 de 1993, tal como se expone en el numeral anterior, se encuentra reglamentada mediante el Capítulo 7 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el cual se fijó la estructura del gravamen como se señala a continuación:

3.1.1 Sujeto Activo

Son competentes para cobrar y recaudar la tasa retributiva por vertimientos puntuales al recurso hídrico, las autoridades ambientales señaladas en el artículo 2.2.9.7.2.2.

3.1.2 Sujeto Pasivo

Están obligados al pago de la tasa retributiva todos los usuarios que realicen vertimientos puntuales directa o indirectamente al recurso hídrico. (Artículo 2.2.9.7.2.4)

3.1.3 Base gravable

El parágrafo 1 del artículo 42 de la Ley 99 de 1993, establece la base gravable de la tasa retributiva; el cual fue modificado, por la Ley 1450 de 2011 Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014, la cual en su Artículo 211 establece la posibilidad de cobrar la tasa retributiva por las cargas causadas por encima de los límites permisibles. Lo anterior se recoge en el Artículo 2.2.9.7.2.5 del Decreto 1076 de 2015, , que señala que la tasa retributiva por vertimientos puntuales directos o indirectos, se cobrará por la totalidad de la carga contaminante descargada al recurso hídrico. La tasa retributiva se aplicará

incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar.

El cobro de la tasa no implica bajo ninguna circunstancia la legalización del respectivo vertimiento. A su vez, el Artículo 2.2.9.7.5.2 del Decreto 1076 de 2015 establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible “establecerá los elementos, sustancias o parámetros contaminantes que serán objeto del cobro de la tasa retributiva por vertimientos y la unidad de medida de las mismas”. La Resolución 273 de 1997 expedida por este Ministerio define el valor de la tarifa mínima para las sustancias contaminantes objeto del cobro las cuales son; Demanda Biológica de Oxígeno – DBO y los Sólidos Suspendidos Totales -SST, la mencionada resolución fue actualizada por la Resolución 372 de 1998, la cual estableció que la tarifa mínima de los parámetros antes mencionadas deberá ser actualizada anualmente según el índice de precios del consumidor -IPC- determinado por el Departamento Nacional

3.1.4 Carga contaminante diaria (cc)

Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0.0036 \times t$$

donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h).

3.1.5 Hecho generador

Está constituido por el vertimiento puntual directo e indirecto al recurso hídrico.

A continuación, se presenta en los siguientes esquemas los procedimientos a considerar para la aplicación de la Tasa Retributiva por vertimientos puntuales, relacionado con la información previa al establecimiento de las metas de carga

contaminante, el procedimiento para el establecimiento de las metas de carga contaminante, el cálculo del factor regional.

3.1.6 Información previa al establecimiento de las metas de carga contaminante.

En la figura 2, se presenta un esquema que contiene la información previa al establecimiento de las metas de carga contaminante, la cual hace parte del artículo 2.2.9.7.3.4 del Decreto 1076 de 2015.

Figura 2. Información previa al establecimiento de metas.



En la Figura 3, se relaciona lo establecido en el artículo 2.2.9.7.3.5 Procedimiento para el establecimiento de metas de carga contaminante del Decreto 1076 de 2015.

Figura 3. Procedimiento para establecer las metas de carga contaminante.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 4, se relaciona lo establecido en el artículo 2.2.9.7.4.4 - Procedimiento para calcular el valor, aplicación y ajuste del Factor Regional del Decreto 1076 de 2015.

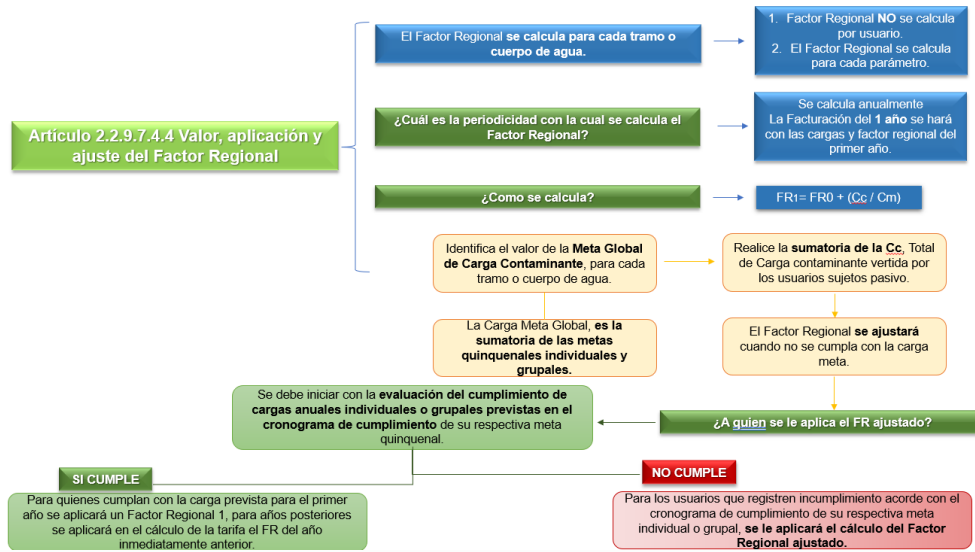
3.1.8 Valor, aplicación y ajuste del Factor Regional

En la Figura 4, se presenta el diagrama de aplicación del factor regional, que contiene evaluación de la meta global de carga contaminante y los posibles escenarios, para usuarios que realicen diversas actividades, así como para los usuarios prestadores del servicio público de alcantarillado. En la Figura 5 se presentan las condiciones de implementación del factor regional para los nuevos quinquenios.

Figura 4. Valor, aplicación y ajuste del factor regional.



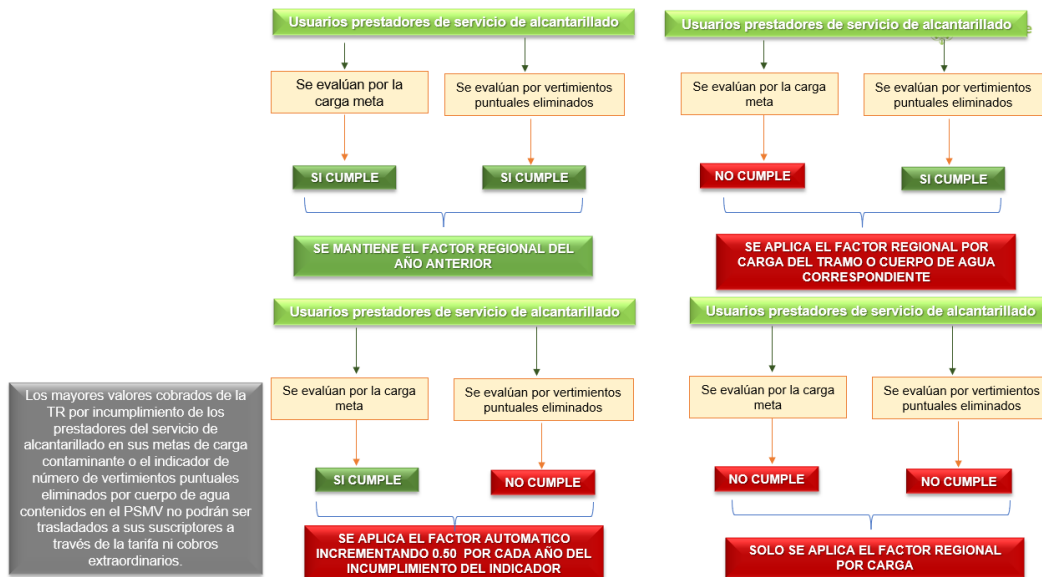
Ambiente



Fuente: Elaboración propia, 2024.

• Usuarios prestadores del servicio de alcantarillado

Figura 5. Evaluación del factor regional a usuarios prestadores.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

• Aplicación factor regional nuevo quinquenio

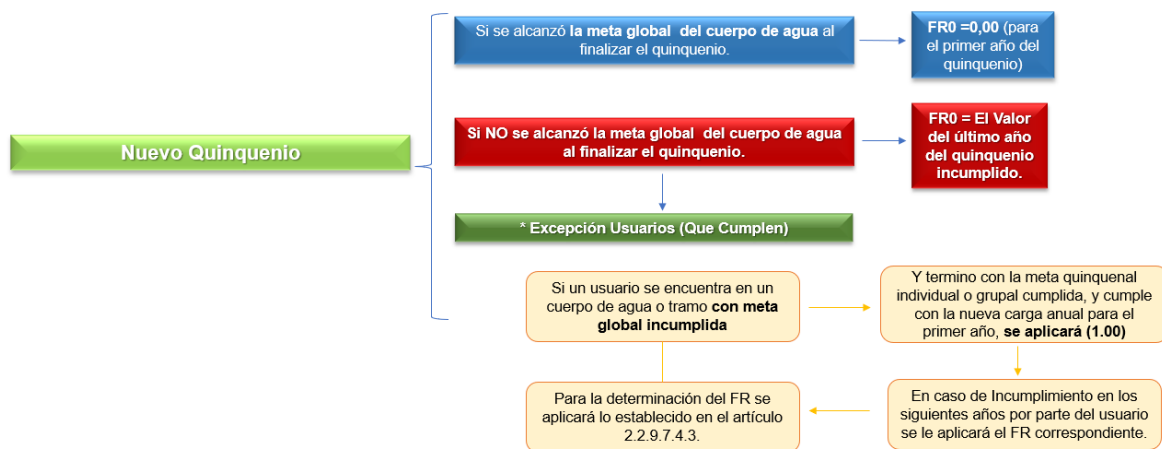
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia

Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676

Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

Figura 6. Aplicación del factor regional nuevo quinquenio.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Sistema Integrado de Gestión

4. COMPORTAMIENTO DEL RECURSO POR REGIONES HIDROLÓGICAS

La gestión Completa y detallada del agua continental e insular se centra en la cuenca como unidad con mayor potencial para definir la planificación y gestión del recurso hídrico, que, para el caso, son las fuentes receptoras de los vertimientos para su planeación y desarrollo físico, ambiental y social, que evidencien las interdependencias que se gestan en los ambientes físico, biótico y Socioeconómico (Asociación Mundial para el Agua, 2008).

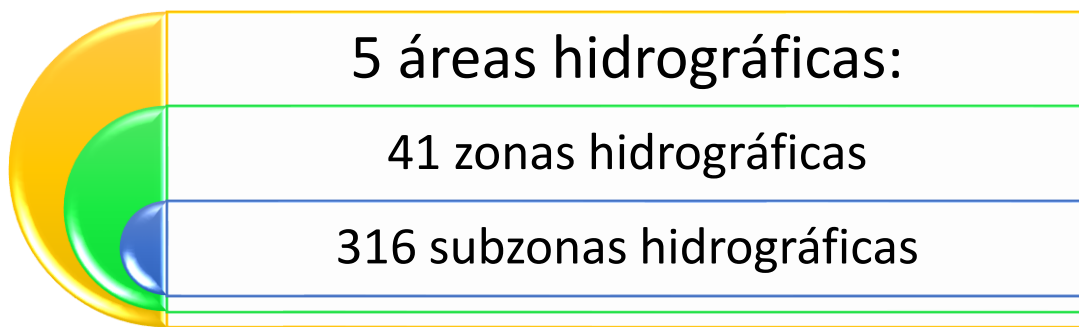
El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM como ente rector del manejo del recurso Hídrico a dividido el territorio nacional en cuatro niveles de agregación "Decreto 1076 de 2015 - artículo 2.2.3.1.1.4. De la estructura para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos. Se establece la siguiente estructura hidrográfica:

1. Áreas Hidrográficas o Macrocuencas.
2. Zonas Hidrográficas.
3. Subzonas Hidrográficas o su nivel subsiguiente.
4. Microcuencas y Acuíferos.

Parágrafo. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, oficializará el mapa de Zonificación Hidrográfica de Colombia a escala 1:500.000, relacionando las Áreas Hidrográficas, Zonas Hidrográficas y Subzonas Hidrográficas, con su respectiva delimitación geográfica, hidrografía, nombre y código. (Decreto 1640 de 2012, art. 4)"

La ponderación numérica de cada división se observa en la Figura 7 Niveles de agregación de las cuencas en Colombia.

Figura 7. *Niveles de agregación de las cuencas en Colombia.*



Fuente: IDEAM, 2024.

La información Generada por el IDEAM permite hacer un grado de desagregación hasta las subzonas, delimitando una particularización de las características de cada subcuenca dentro del contexto del territorio colombiano. Las Zonas derivadas de las áreas hidrográficas se presentan en la Tabla 10.

Tabla 1. Zonas oficiales asignadas a cada área hidrológica de Colombia.

ZH	CARIBE (1)	MAGDALENA CAUCA (2)	ORINOCO (3)	AMAZONAS (4)	PACÍFICO (5)
1	Atrato-Darién	Alto Magdalena	Inírida	Guainía	Mira
2	Caribe-Litoral	Saldaña	Guaviare	Vaupés	Patía
3	Sinú	Medio Magdalena	Vichada	Apaporis	Tapaje Amarales -Dagua - directos
4	Caribe-Urabá	Sogamoso	Tomo	Caquetá	San Juan
5	Caribe-La Guajira	Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge	Meta	Yarí	Baudó - directos Pacífico
6	Catatumbo	Cauca	Casanare	Caguán	Pacífico - directos
7	Caribe islas (San Andrés, Providencia, Santa Catalina)	Nechí	Arauca	Putumayo	Pacífico islas
8		Cesar	Orinoco directos	Amazonas - directos	
9		Bajo Magdalena	Apure	Napo	

Fuente: IDEAM, 2013.

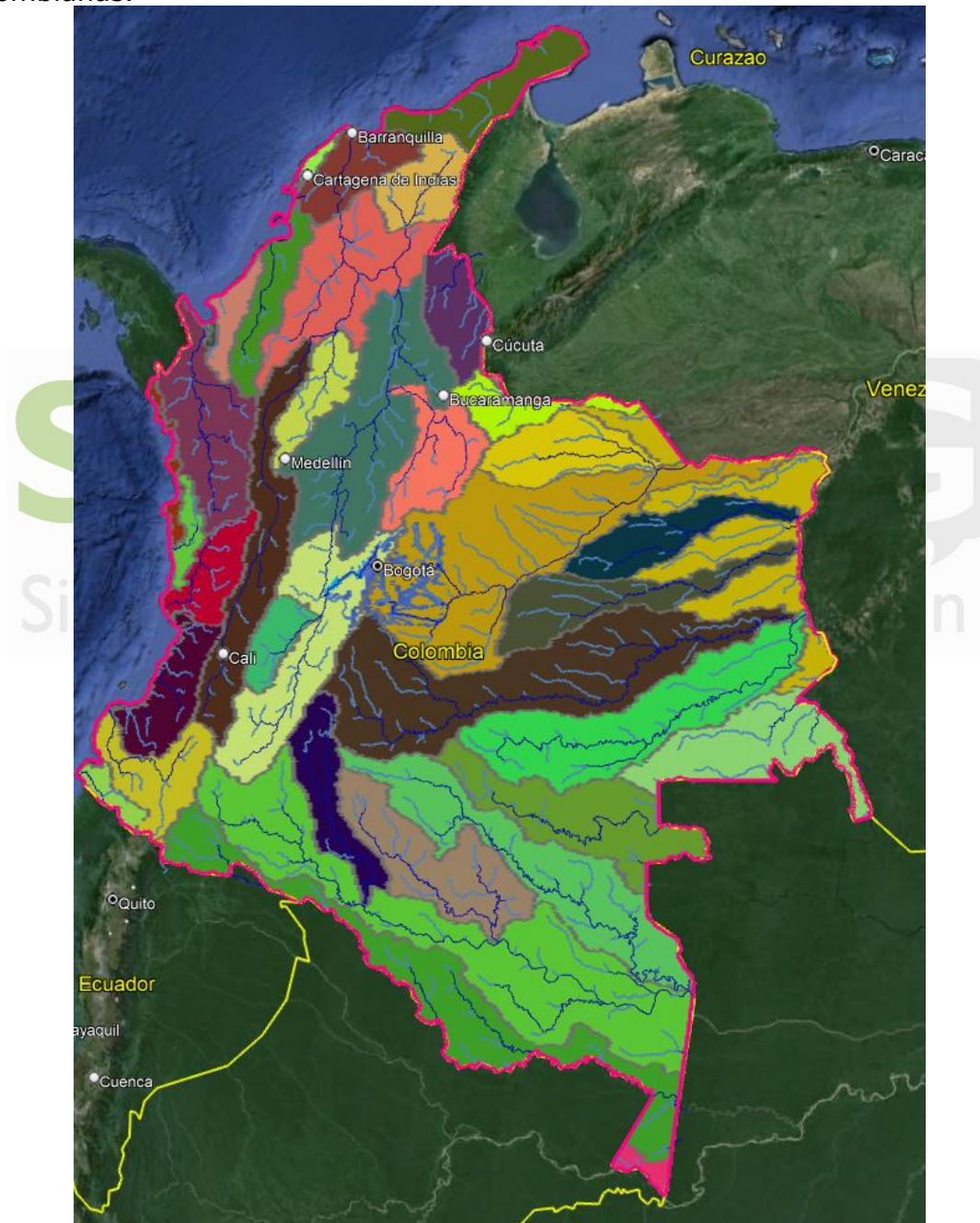


Ambiente



Los límites de las 41 zonas hidrográficas de Colombia se observan en la Figura 8.

Figura 8. Límite de las 41 cuencas asociadas a las Zonas hidrográficas colombianas.



Fuente: Base de datos IDEAM.

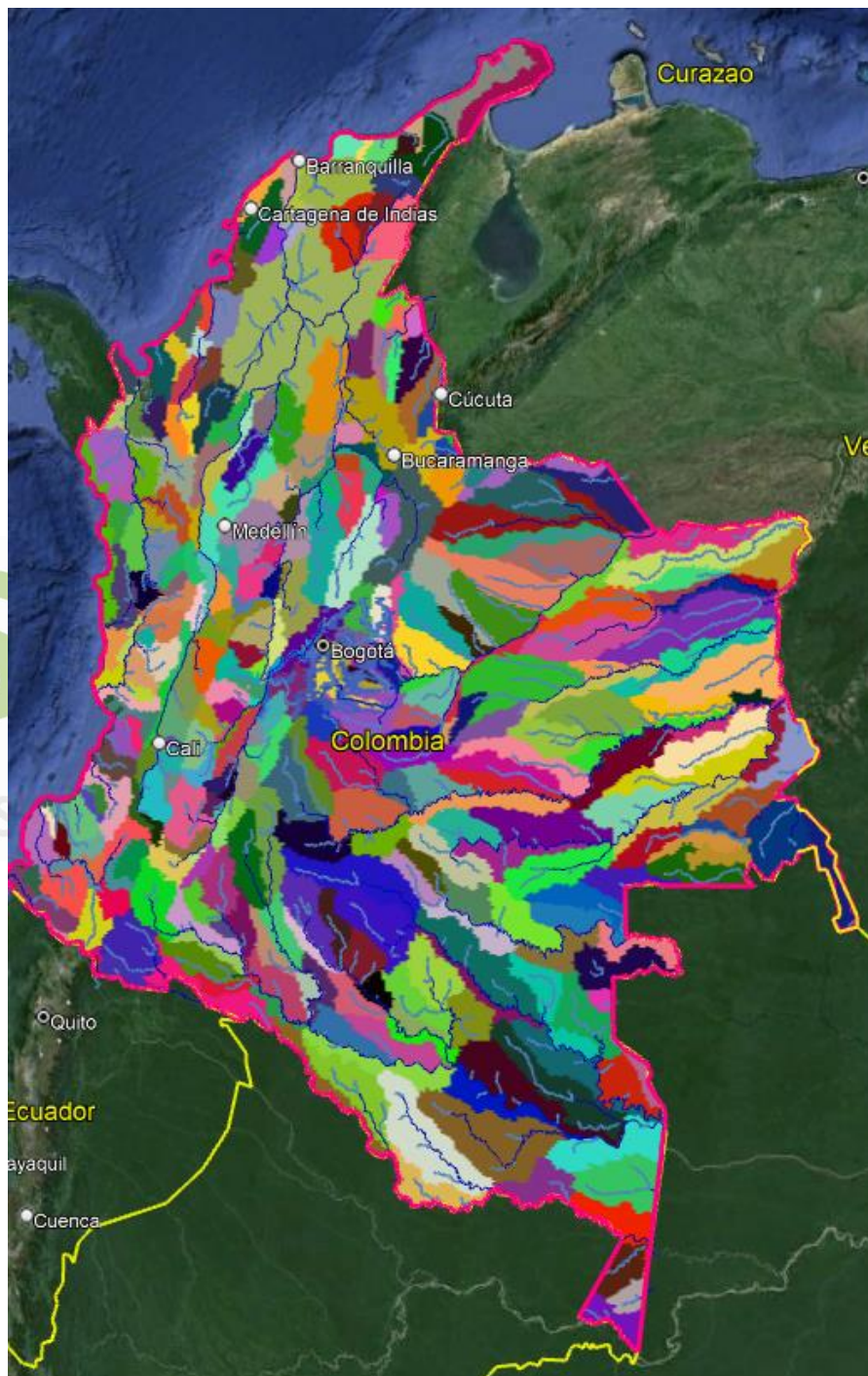
A su vez es posible determinar las características de las 316 subcuencas que el IDEAM ha asociadas a las zonas hidrográficas, que permiten tener un detalle importante para la planificación del Recurso hídrico en diversos aspectos fundamentales de su comportamiento ver Figura 9, límite de las 316 subcuencas asociadas a las Sub-Zonas hidrográficas colombianas.

Figura 9. *Límite de las 316 Subcuencas asociadas a las Sub-Zonas hidrográficas colombianas.*





Ambiente



Fuente: Base de datos IDEAM.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia

Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676

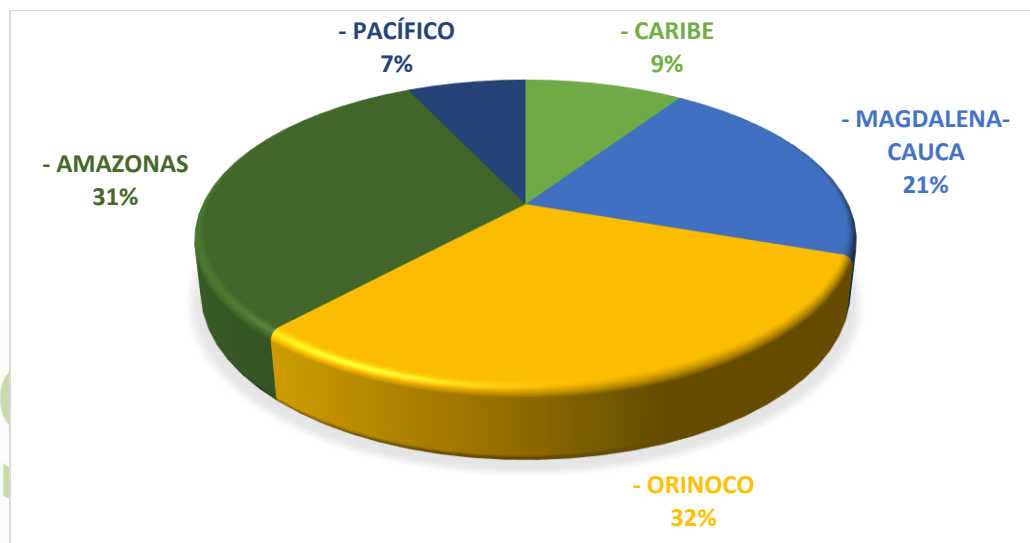
Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

Página 24 | 111

F-E-SIG-26: V7 02-08-2024

Con la información agregada se puede determinar la participación de cada una de las Áreas Hidrológicas ver Figura 10, Sin embargo, ejercicios similares se tienen disponibles para las 316 Subzonas hidrológicas.

Figura 10. *Cubrimiento del territorio por Áreas Hidrográficas.*



Fuente: Bases de datos IDEAM.

4.1 DELIMITACIÓN POR AUTORIDADES AMBIENTALES

Los sujetos activos de la tasa retributiva por vertimientos puntuales al agua son las Autoridades Ambientales, en cada punto de la geografía donde se extiende su jurisdicción.

Para efectos de generar el cruce de las jurisdicciones de cada Autoridad Ambiental con los parámetros propuestos se implementa la base de datos por Jurisdicción en el ámbito nacional el plano implementado presenta los límites correspondientes ver Figura 11.



Ambiente

Figura 11. Autoridades Ambientales en el Territorio Nacional



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

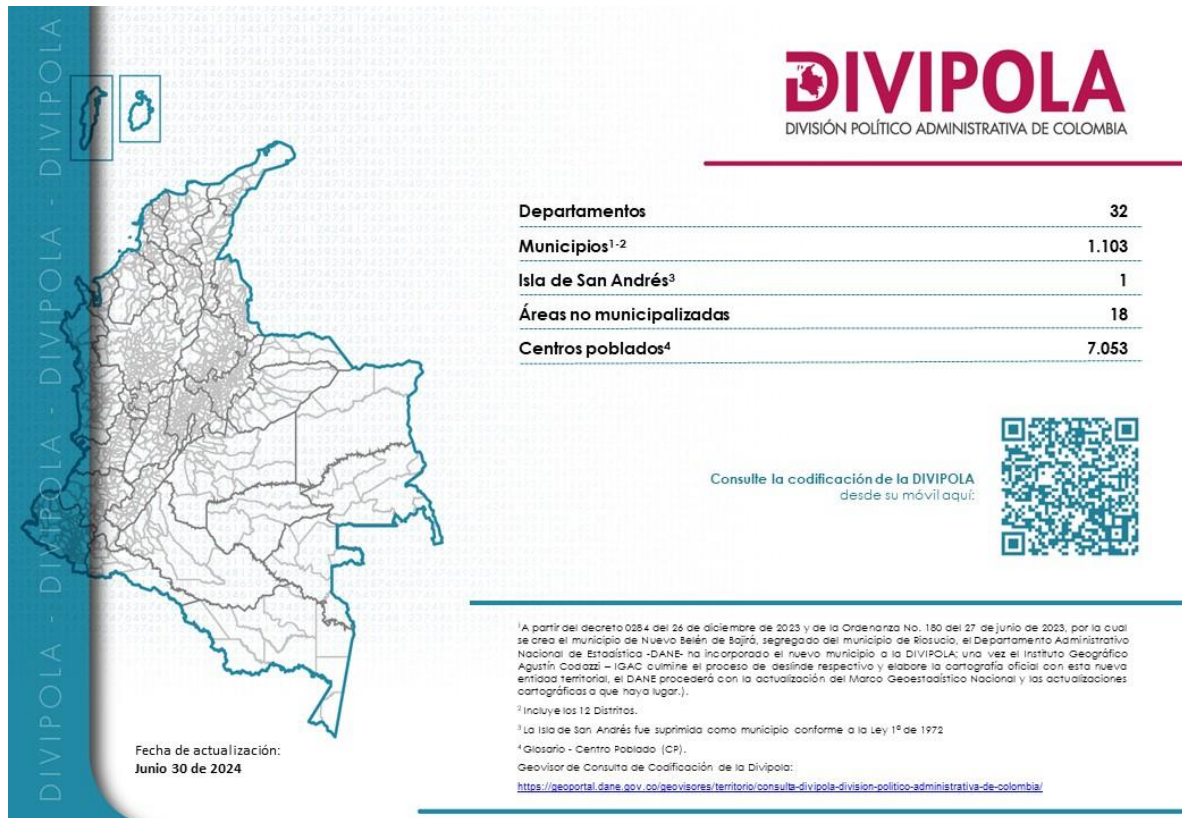
Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia

Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676

Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

4.2 DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DE COLOMBIA

Figura 12. DIVIPOLA de Colombia



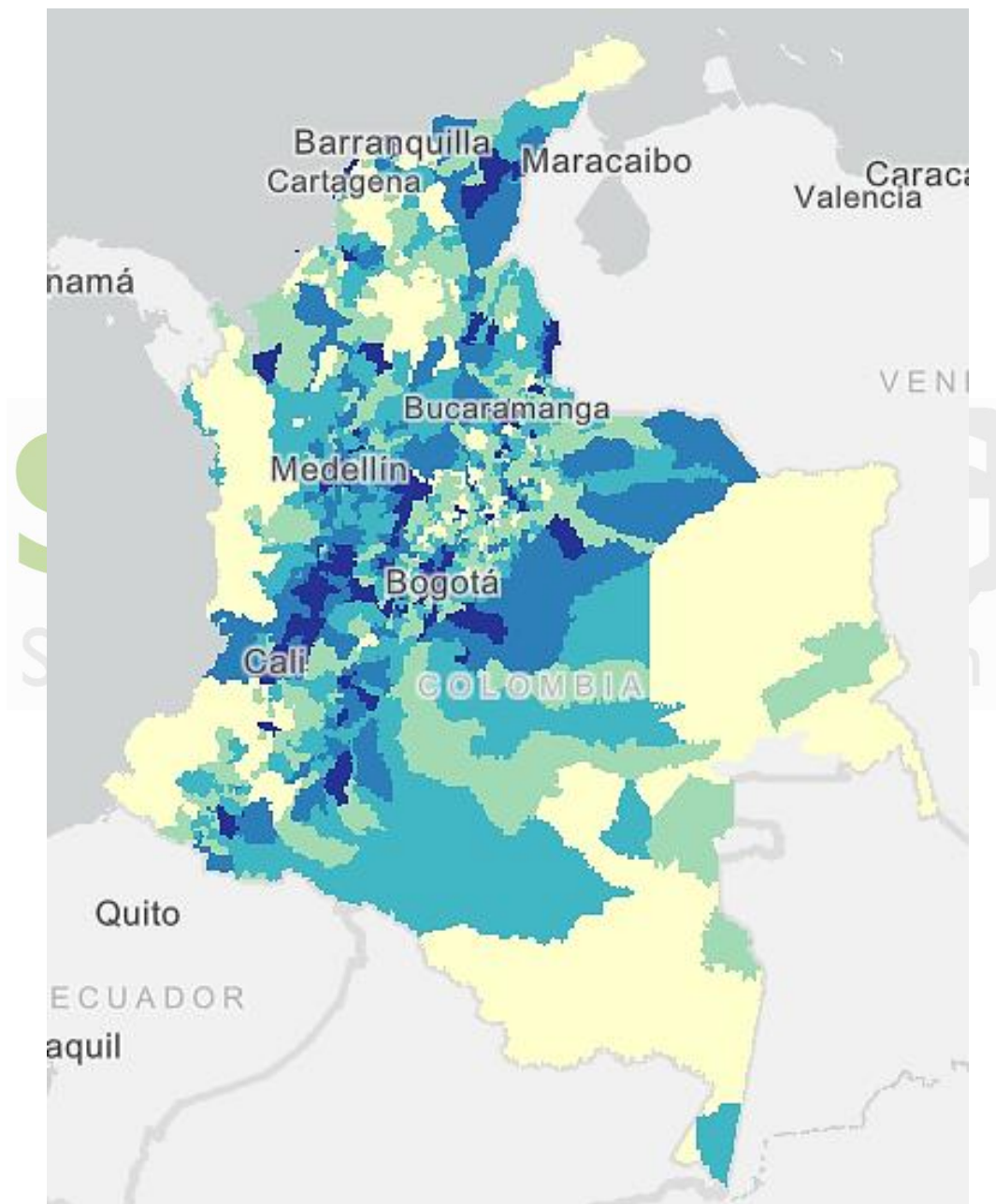
Fuente: DIVIPOLA, DANE.

4.3 DELIMITACIÓN POR DEPARTAMENTOS

Dada la jurisdicción territorial de los municipios y departamentos se cuenta con la Geodatabase que delimita la jurisdicción de cada departamento y cada municipio, adicionalmente se cuenta con información para verificar cuales cuentan con alcantarillado ver Figura 12.



Figura 13. Identificación de Municipios con sistema de Alcantarillado



Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda DANE – Servicios públicos

5. PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES - PMAR 2020-2050

El Plan Nacional de Manejo de aguas residuales PMAR 2020-2050 formulado por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, fue publicado en marzo de 2022, en el documento se presentan los avances en términos en saneamiento ambiental en el país, es importante resaltar que las cifras reportadas corresponden a porcentajes con algún tipo de tratamiento, en el cual no se detalla si corresponde a un tratamiento preliminar, primario, secundario o terciario, en la actualidad no se encontró un reporte específico del porcentaje de cumplimiento de estos sistemas, respecto a la normatividad ambiental vigente, es decir las resoluciones 631 de 2015 y 883 de 2018, que establecen los límites máximos permisibles para los vertimientos a fuentes superficiales continentales y cuerpos marino costeros respectivamente.

Del documento se tomaron los siguientes párrafos, en los cuales se relacionan los avances realizados en el país en términos construcción y puesta en marcha de sistemas de tratamiento para el manejo de los vertimientos provenientes de aguas residuales domésticas, en cabeza de las administraciones municipales y los prestadores de servicio público de alcantarillado, con los aportes financieros realizados a través de las diferentes fuentes.

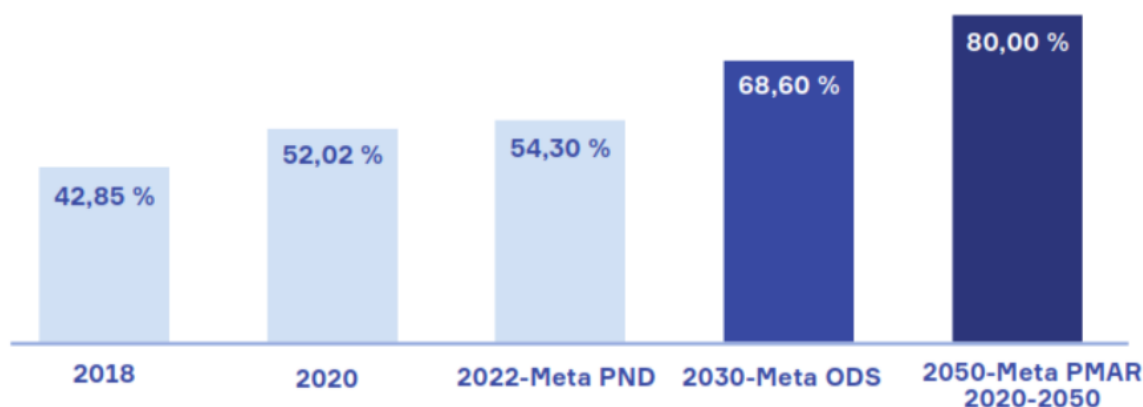
Este documento fue formulado inicialmente en el año 2004, en aplicación del CONPES 3177, en el cual se establecieron los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales PMAR, generándose la necesidad de avanzar en su formulación, con el objetivo de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico en el corto, mediano y largo plazo. En el documento se recogieron diez estrategias que priorizaron acciones de orden institucional, normativo y/o regulatorio, de planificación, construcción, optimización y operación de sistemas de tratamiento.

Adicionalmente, en 2006 se estableció el Programa Saneamiento de Vertimientos (SAVER), en el que se identificaron 10 cuencas críticas por los niveles de carga vertida sin tratamiento. En el marco de este programa, entre 2010 y 2017, se brindó apoyo financiero con recursos de la Nación en municipios como: Tunja, Sogamoso, Tuluá, Armenia, Santander de Quilichao, entre otros, que aunados a otros esfuerzos del orden regional y local han permitido aumentar del 30,6 % de aguas urbanas residuales tratadas en 2011 al 42,6 % en 2017.

No obstante, es necesario establecer nuevas estrategias que permitan avanzar con la descontaminación y mejora del recurso hídrico, con miras al cumplimiento de los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 de lograr el 54,3% del tratamiento de las aguas residuales urbanas tratadas en el año 2022 y el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de alcanzar el 68,6 % en el año 2030, así como dar sostenibilidad a las intervenciones en

tratamiento que se realicen y continuidad en las inversiones hasta lograr la universalidad requerida.

Figura 14. Avances y metas en el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas en Colombia.



Fuente: PMAR 2020-2050, MVCT

A través del instrumento de política se busca priorizar y reconocer interinstitucionalmente las acciones e inversiones requeridas para el saneamiento de vertimientos municipales con una visión 2020-2050; lo cual incluye estrategias de carácter normativo, institucional, de inversión (planeación, pre-inversión, inversión y operación, así como mantenimiento en obras de saneamiento) y una estrategia financiera que permita identificar fuentes adicionales a las del sector [Sistema General de Participaciones (SGP) y tarifas] para el financiamiento de las intervenciones requeridas. Con la implementación del plan se busca mejorar la gestión en la prestación del servicio de alcantarillado, garantizar la sostenibilidad de las inversiones y mejorar las condiciones de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos municipales.

se priorizaron 58 municipios, con poblaciones mayores a cien mil habitantes en la cabecera municipal, en los cuales se concentra el 73 % de la población en la cabecera del país². Adicionalmente, de acuerdo con la zonificación hidrográfica, 42 de estos municipios están localizados en zona hidrográfica (ZH) Magdalena Cauca, 11 en la Caribe, dos en la ZH Orinoco, dos en la ZH Pacífico y una en la ZH Amazonas, Ver Figura 16.

² Valores de referencia, con base en las proyecciones de población a nivel municipal. periodo 2018-2035, DANE para el año 2020

Figura 15. Municipios priorizados con población en cabecera mayor a 100 mil habitantes en el país.



Fuente: PMAR 2020-2050, MVCT.

Con base en esta priorización se realizó un diagnóstico sectorial y ambiental a través del cual se identificaron las principales situaciones problemáticas y desafíos para el manejo de las aguas residuales municipales, y se definieron las estrategias y acciones que se requieren desarrollar en los próximos 30 años.

Para la presentación de los análisis y resultados obtenidos, documento expone de manera resumida en tres secciones lo que se desarrollará como Política Nacional para el Manejo de Aguas residuales en el país. El primero de ellos realiza un balance de los principales logros alcanzados hasta el momento y los retos que enfrenta el sector en el manejo de las aguas residuales municipales.

Posteriormente, la segunda sección resume las estrategias y acciones propuestas a nivel normativo y regulatorio, institucional, de inversión y financiero a partir del diagnóstico ambiental y sectorial identificado a partir de la priorización de los municipios, con poblaciones mayores a cien mil habitantes.

En síntesis, la hoja de ruta que establece el mencionado documento ejecutivo de política para avanzar con el manejo de las aguas residuales municipales en el país es de gran utilidad para los tomadores de decisión a nivel local, regional y nacional, así como para la priorización de acciones que permitan reducir la contaminación de las fuentes receptoras de vertimientos municipales, avanzar con el cumplimiento del ODS 6 a 2030 (agua limpia y saneamiento), y lograr que en 2050 más del 80 % de las aguas residuales municipales reciban algún tipo de tratamiento y cumplan con los criterios de calidad establecidos por la normativa y la regulación ambiental y sectorial.

Con base en esta priorización se realizó un diagnóstico sectorial y ambiental a través del cual se identificaron las principales situaciones problemáticas y desafíos para el manejo de las aguas residuales municipales, y se definieron las estrategias y acciones que se requieren desarrollar en los próximos 30 años.

Se estima que a 2050 el país generará 2.765 millones de metros cúbicos de aguas residuales. Para cumplir la meta del ODS 6.3 de mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar, el país deberá alcanzar el 68,6 % de las aguas residuales urbanas tratadas en 2030, lo que implicará tratar las aguas residuales de 10,7 millones de personas que hoy no son atendidas.

Con el PMAR 2020-2050, se proyecta alcanzar la meta de más del 80 % de tratamiento de aguas residuales urbanas del país, representados en 11,5 millones de habitantes adicionales a los de la meta ODS. Actualmente se generan 2.126 millones de metros cúbicos de aguas residuales municipales al año.

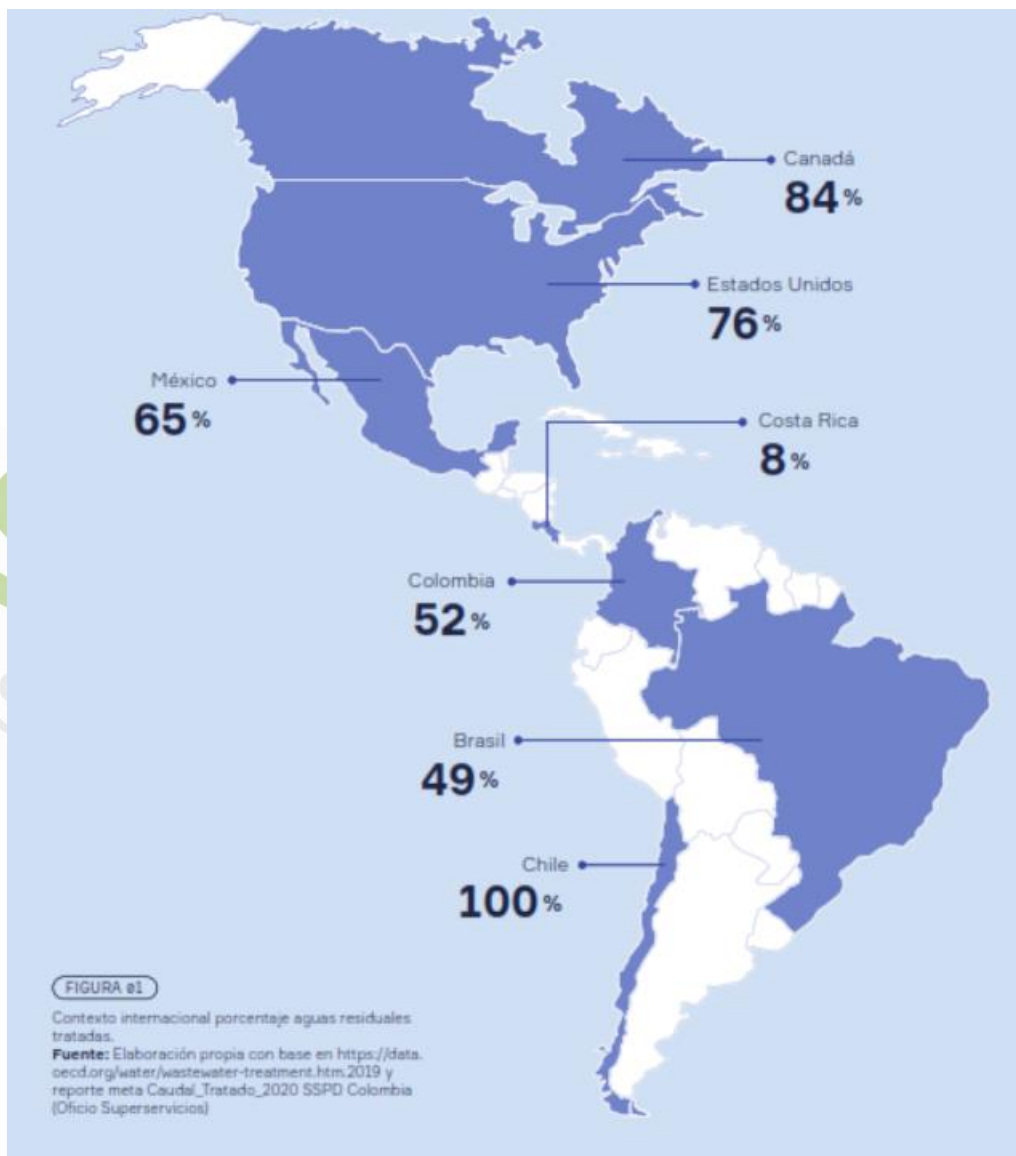
En la Figura 17, se presenta el contexto internacional frente a los porcentajes de aguas residuales tratadas, en Latinoamérica.

Se precisa que el reporte elaborado por parte del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio está relacionado con el caudal de agua residual tratada y no con la relación en términos de porcentaje asociados a la carga contaminante generada y la carga contaminante tratada, que permite estimar el estado real de carga contaminante removida por parte de los sistemas de tratamiento implementados.



Ambiente

Figura 16. Contexto internacional porcentaje aguas residuales municipales



Fuente: Reporte meta Caudal Tratado 2018-2020 (PMAR 2020-2050) – MVCT.

En Colombia se estima una carga contaminante nacional de DBO de 1.174.362 Ton/año, 2.906.556 Ton/año de DQO y 1.364.659 Ton/año de SST. Más del 80 % de esta carga contaminante se concentra en la cuenca hidrográfica de Magdalena – Cauca.

Tabla 2. Cargas contaminantes calculadas por macrocuenca

Calidad del agua - Cargas contaminantes			
Área hidrográfica o macrocuenca	DBO (t/año) Demanda Bioquímica de Oxígeno	DQO (t/año) Demanda Química de Oxígeno	SST (t/año) Sólidos Suspendidos Totales
Amazonas	9.253	17.564	19.483
Caribe	74.429	260.473	117.288
Magdalena Cauca	1.030.837	2.477.227	1.120.258
Orinoco	33.412	96.240	54.038
Pacífico	26.431	55.052	53.592
Total	1.174.362	2.906.555	1.364.660

Fuente: PMAR 2020-2050, MVCT.

5.1 Estado de avance acorde con el PMAR 2020-2050, MVCT.

En 2020 se amplió la proporción de aguas residuales urbanas tratadas a un 52,02 %, lo que representa un incremento de 9,17 puntos porcentuales con respecto al año 2018, debido principalmente a la entrada en operación del sistema de tratamiento de aguas residuales Aguas Claras en el municipio de Bello (Antioquia).

Para el 2022, se proyecta que con la estabilización y entrada en operación de la segunda fase PTAR Salitre, y entrada en operación de algunos de los sistemas de la cuenca del Río Bogotá, se alcanzará la meta establecida en el Plan Nacional de Desarrollo del 54,3 %.

6. ARTICULACIÓN CON EL MINISTERIO DE VIVIENDA PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2022-2026.

6.1 Alcance

De conformidad con lo establecido en el artículo 25 de la Ley 2294 de 2023 “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 Colombia Potencia Mundial de la Vida”:

Artículo 25. Adiciónese un párrafo transitorio al artículo 42 de la Ley 99 de 1993, así. Artículo 42°. Tasas Retributivas y compensatorias.

"Parágrafo Transitorio: El factor regional de la tasa retributiva por vertimientos para los prestadores del servicio público de alcantarillado en el territorio nacional se cobrará con el factor regional de 1 a los prestadores de los municipios, hasta el 31 de diciembre del 2024, plazo en el cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, actualizarán los estudios, las evaluaciones y la fórmula con el que se calcula la tasa retributiva, así como los criterios de gradualidad para distribuir el factor regional en función de los compromisos asumidos por los prestadores del servicio público de alcantarillado, generando la correspondiente reglamentación con un esquema de tratamiento diferencial"

Acorde con lo definido en el mencionado párrafo, se hace necesario realizar el diagnóstico y la evaluación del estado del saneamiento y manejo de los vertimientos e implementación de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua. Con el propósito, de capturar información relacionada con el estado y avance regional de los sistemas de tratamiento de vertimientos, con información suministrada por parte de las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos de Alcantarillado, a través del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Se estableció un plan de trabajo y una hoja de ruta para adelantar el diagnóstico y evaluación del saneamiento y manejo de vertimientos e implementación de la tasa retributiva por vertimientos puntuales al agua, como propuesta para adelantar la reglamentación del artículo 25 de la ley 2294 del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

Como punto de partida para abordar la reglamentación de las disposiciones del artículo 25 de la Ley 2294, se estableció el desarrollo de mesas técnicas con el Grupo de Desarrollo Sostenible del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio desde el mes de junio de 2023, estableciendo una hoja de ruta conforme a la

planeación de etapas para el desarrollo de la propuesta reglamentaria y cronograma para la ejecución de actividades conforme a la competencia y alcance para cada uno de los Ministerios.

Para la definición de la hoja de ruta, se identificó la necesidad de definir una línea base de información a través de un diagnóstico situacional sobre la implementación de la Tasa Retributiva y el avance en el saneamiento y manejo de vertimientos. Identificando necesidades de información por parte de las Autoridades Ambientales y Prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.

Obteniendo como resultados informes de diagnóstico adelantados por el Vivienda, la Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico – DGIRH y la Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles de Ambiente sobre:

- Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales – PMAR.
- Programa Saneamiento de Vertimientos – SAVER.
- Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV.
- Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua – TRVP

De igual manera, se trabajó simultáneamente en el desarrollo de talleres regionales con las Autoridades Ambientales y prestadores del servicio público de alcantarillado para identificar en el territorio las dificultades, oportunidades de mejora y fortalezas del instrumento económico.

Para el desarrollo de las mesas regionales, desde el sector Ambiente y Saneamiento Básico se requirió previamente la siguiente información para su recopilación, evaluación y análisis:

Como parte del análisis de los factores de incumplimiento de los acuerdos de meta de carga contaminante, se diseñaron talleres regionales, con la participación de las Autoridades Ambientales, así como de las empresas prestadoras del servicio público de alcantarillado, para que en estos espacios, se identificarán los factores de incumplimiento de las metas de carga contaminantes y las oportunidades de mejora del instrumento económico, proponiendo nuevos elementos y variables para la modificación del instrumento económico de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua.

Tabla 3. Relación requerimientos de información para el desarrollo de los talleres

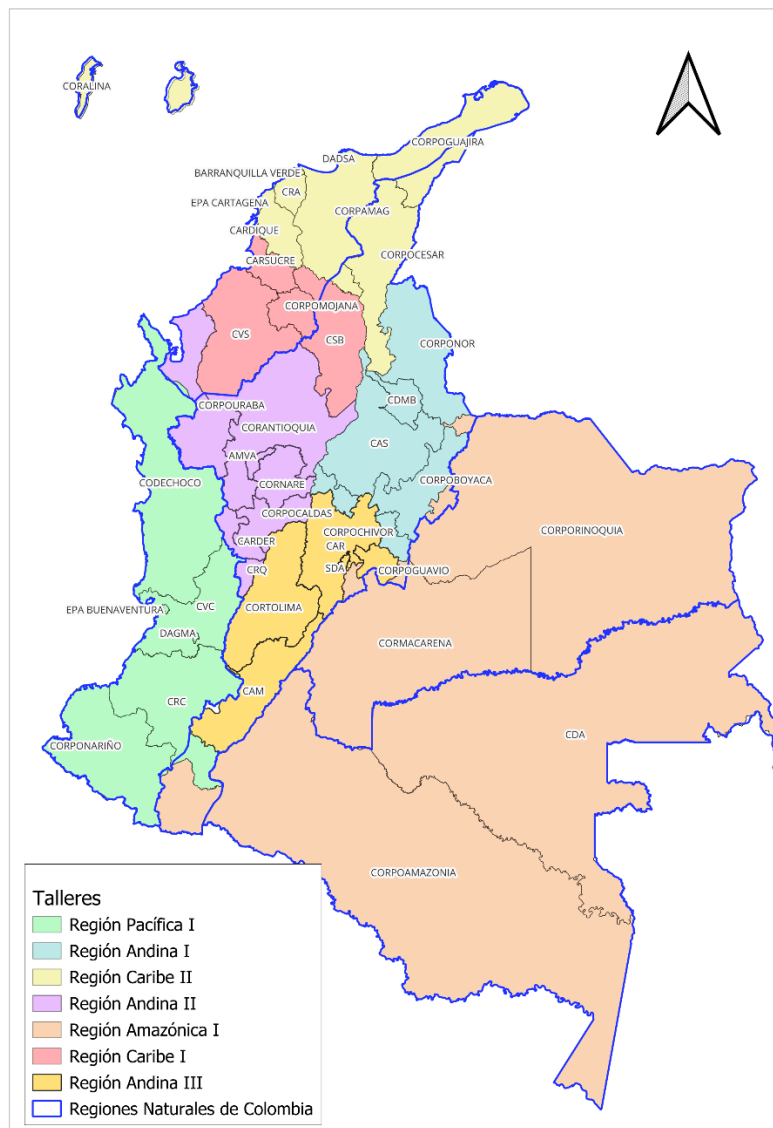
MINAMBIENTE	MINVIVIENDA	
Autoridades Ambientales	Empresas Prestadoras del Servicio de Alcantarillado	Departamentos / Municipios
Reporte de avance y cumplimiento de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – Autoridades Ambientales	Comportamiento Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (ejecución financiera – fuentes de inversión – cumplimiento de indicadores)	Reportes inversiones realizadas de acuerdo con los Planes Departamentales de Agua
Reporte implementación Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua 2022	Diagnóstico del avance y funcionamiento sistemas de tratamiento para el manejo de vertimientos	Captura de información Tasa Retributiva por vertimientos puntuales al agua.
Informe de cobro, recaudo y acuerdos de pago para los Prestadores del Servicio Público de Alcantarillado	Informe de cumplimiento de obras y actividades para el saneamiento y manejo de vertimientos	Informe de gestión para la ejecución de sistemas de manejo y tratamiento de vertimientos

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Talleres Regionales

Las mesas regionales se desarrollaron en siete talleres, distribuidos estratégicamente de acuerdo la ubicación de las Autoridades Ambientales y Empresas de Servicios Públicos. Cada taller se abordó en dos días de trabajo, el primer día con la participación de las Autoridades Ambientales, y el segundo día con las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado priorizadas por parte del Ministerio de Vivienda de cada región.

Figura 17. Regionalización de Talleres



Fuente: Ambiente – Vivienda, 2024.

Teniendo en cuenta la logística, número de municipios y empresas de servicios públicos; la selección de estos actores se realizó teniendo en cuenta una representatividad tanto de prestadores de servicio de alcantarillado directos e indirectos. En la siguiente tabla se presenta la distribución de los siete talleres regionales realizados.

Tabla 4. Organización de los Talleres

Taller	Autoridad Ambiental	Municipio / ESP	Ciudad	Programación	Fecha	Entidad Responsable
Región Andina I	1.CAS	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Bogotá	Septiembre	11 y 12.	Ambiente
	2.CDMB					
	3.CORPOBOYACÁ					
	4.CORPOCHIVOR					
	5.CORPONOR					
Región Caribe II	1.CORPAMAG	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Barranquilla	Septiembre	25 – 26.	Vivienda
	2.CORPOGUAJIRA					
	3.CRA					
	4.CARDIQUE					
	5.CORALINA					
	6.EPA_BARRANQUILLA					
	7.EPA_CARTAGENA					
	8.DADSA					
	9.CORPOCESAR					
Región Andina III	1.CAR	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Bogotá	Octubre	19-20.	Vivienda
	2.CORTOLIMA					
	3.SDA					
	4.CORPOGUAVIO					
	5.CAM					

Taller	Autoridad Ambiental	Municipio / ESP	Ciudad	Programación	Fecha	Entidad Responsable
Región Andina II	1.AMVA	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Medellín	Noviembre	2-3.	Vivienda
	2.CARDER					
	3.CORNARE					
	4.CORPOCALDAS					
	5.CORANTIOQUIA					
	6.CORPOURABA					
	7.CRQ					
Región Pacífica	1.CODECHOCÓ	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Cali	Noviembre	9-10.	Ambiente
	2.CORPONARIÑO					
	3.CRC					
	4.CVC					
	5.DAGMA					
	6.EPA-Buenaventura					
Región Caribe I	1.CARSUCRE	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Montería	Noviembre	28-29	Ambiente
	2.CORPOMOJANA					
	3.CSB					
	4.CVS					
Amazonía	1.CORPORINOQUIA	30 prestadores del Servicio Público de Alcantarillado.	Bogotá	Diciembre	4-5.	Vivienda
	2.CORMACARENA					
	3.CDA					
	4.CORPOAMAZONIA					

Fuente: Ambiente - Vivienda, 2024.

Teniendo en cuenta el número de participantes, la necesidad de escuchar y recopilar los insumos requeridos por parte de los actores se planteó un día para las Autoridades Ambientales y otro para las empresas de servicios públicos y los municipios.

Mesa técnica de Expertos

En el marco de la reglamentación del Artículo 25 de la ley del Plan Nacional de Desarrollo (PND), se llevó a cabo una mesa cerrada de expertos con el propósito de recopilar información sobre la prospectiva y escenarios futuros del instrumento económico ambiental - Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua. El espacio fue concebido como un diálogo participativo, propositivo y neutral, orientado a la formulación del proyecto de decreto reglamentario.

El propósito y objetivo principal fue el de identificar las necesidades de ajuste del instrumento económico Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua, destacando la importancia de evaluar la normativa actual y proponer ajustes basados en un ejercicio prospectivo de las situaciones futuras esperadas y deseadas, explicando la Metodología Prospectiva, la cual se desarrolla en seis etapas, sustentadas en la acción común de los participantes.

1. Reconstrucción Histórica
2. Diagnóstico Situacional
3. Grandes Escenarios
4. Escenarios Futuros
5. Grandes Estrategias
6. Decisiones Estratégicas

A cada uno de los participantes se les formulo una ronda de preguntas, las cuales fueron abordadas por temas, con un tiempo de 3 minutos por intervención para cada experto abordando los siguientes temas:

1. Metas de carga contaminante de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua:
 - 1.1. ¿Considera que las metas de carga contaminante establecidas por las autoridades ambientales cada 5 años han aportado al mejoramiento de la calidad del recurso hídrico?
 - 1.2. ¿Considera que los modelos de calidad del agua, aplicados en la determinación de las metas de carga contaminante, son una herramienta efectiva?
 - 1.3. ¿Considera que los PSMV (Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos) deberían continuar asociados al cobro de la TRVP? ¿Son una herramienta efectiva para avanzar en el saneamiento del recurso

hídrico?

2. Actualización de la fórmula de cálculo de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua.
 - 2.1. ¿Qué elementos considera relevantes y necesarios para el cálculo de la TRVP desde el componente ambiental, socioeconómico y económico?
3. Aplicación del Factor Regional de la TRVP
 - 3.1. ¿Cuál es su opinión sobre el cálculo del FR para los cuerpos de agua o tramos?
 - 3.2. ¿Cuál es su opinión sobre las variables actuales para calcular el factor regional de la TRVP?
 - 3.3. ¿Qué condiciones establecería usted para que los prestadores del servicio público de alcantarillado tengan un cobro diferencial de la TRVP?
 - 3.4. ¿Considera Usted que se deben evaluar los valores de aportes per cápita de aguas residuales del RAS, empleados para estimar la carga contaminante cuando no se cuenta con caracterización?

7. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA PROPUESTA DE AJUSTE A LA REGLAMENTACIÓN DE LA TRVP

Dadas las diversas situaciones presentadas en torno a la aplicabilidad de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales. Es importante mencionar y contextualizar algunas de ellas como punto de partida para definir los aspectos a considerar para realizar una propuesta.

Dentro del proceso de revisión se han identificado debilidades por parte de las autoridades ambientales en la aplicación del instrumento económico, lo anterior debido a los cambios de profesionales encargados de la implementación del instrumento económico, en algunos casos a la falta de trazabilidad o falta de información sobre los procesos anteriores que inciden en la correcta implementación de la norma.

Aunado a lo anterior, se han identificado debilidades en la contextualización y conceptualización del instrumento económico lo que ha incidido en los procesos de cobro y facturación, por lo cual se han recibido demandas a algunas autoridades causando en algunas ocasiones prejuicios a la entidad o a los usuarios objeto de cobro.

Adicionalmente se han identificado en los procesos de consulta la poca o baja participación de algunos usuarios durante el establecimiento de las metas de carga contaminante, sin embargo una vez se generan los cobros respectivos y se presentan ajustes al Factor Regional, los usuarios interponen reclamaciones hacia las facturas emitidas, aduciendo en ocasiones que desconocían el proceso, a pesar que fueron convocados no participaron del proceso, por lo que la Autoridad está obligada a fijar la respectiva meta de carga contaminante.

En la actualidad acorde con la División Política Administrativa de Colombia, existen 1.103 municipios, 1 Isla San Andrés, 18 Áreas no municipalizadas y 7.053 centros poblados. El artículo 2.2.9.7.3.3. del Decreto 1076 de 2015, estipula que, la meta individual de carga contaminante para los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado, corresponderá a la contenida en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV, acorde con los lineamientos definidos en la Resolución 1433 de 2004. De conformidad con el artículo 1 de la resolución se define como, PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS, PSMV. *Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la autoridad ambiental competente.*

El Plan deberá formularse teniendo en cuenta la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores. los criterios de priorización de proyectos definidos en el Reglamento Técnico del sector RAS 2000 o la norma que lo modifique o sustituya y lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento y Territorial, POT. Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial. El Plan será ejecutado por las personas prestadoras del servicio de alcantarillado y sus actividades complementarias.

El artículo 4, de la mencionada resolución que corresponde a la presentación de la información, menciona entre otros la siguiente información:

- Proyecciones de la carga contaminante generada, recolectada, transportada y tratada, por vertimiento y por corriente, tramo o cuerpo de agua receptor, a corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2o año), mediano plazo (contado desde el 2o hasta el 5o año) y largo plazo (contado desde el 5o hasta el 10o año). Se proyectará al menos la carga contaminante de las sustancias o parámetros objeto de cobro de tasa retributiva.*
- Objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales para el corto plazo (contado desde la presentación del PSMV hasta el 2o año), mediano plazo (contado desde el 2o hasta el 5o año) y largo plazo (contado desde el 5o hasta el 10o año), y cumplimiento de sus metas de calidad. que se propondrán como metas individuales de reducción de carga contaminante.*

De conformidad con lo anterior, los prestadores de servicio de alcantarillado deben presentar los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV, no solamente para las áreas urbanas sino todas aquellas zonas o áreas no municipalizadas donde se preste el servicio de alcantarillado. Acorde con el artículo 5 la Ley 142 de 1994, competencia del municipio frente a la prestación de servicio.

Considerando lo anteriormente expuesto, frente a la responsabilidad en la formulación, presentación y ejecución de los PSMV, por parte del municipio y/o prestador del servicio de alcantarillado, es preciso revisar la pertinencia de asociar el cobro de la tasa retributiva al cumplimiento de las obligaciones impuestas en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, puesto que las Autoridades Ambientales pueden adelantar procesos sancionatorios, en los casos que se evidencie incumplimiento de las obligaciones impuestas en el PSMV, el cual hace las veces de permiso de vertimiento, hasta tanto el prestador no adelante la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales una vez entre en funcionamiento deberán contar con el respectivo permiso de vertimientos del que trata los artículos 2.2.3.3.5.1 Requerimiento de permiso de vertimiento y 2.2.3.3.5.2 Requisitos del permiso de vertimientos, del Decreto 1076 de 2015.

Para el establecimiento de las metas de carga contaminante la Autoridad Ambiental deberá contar con la información previa mencionada en el numeral 5.1.1 del presente documento, resaltando en los requerimientos el establecimiento de los objetivos de calidad, los cuales se formulan para garantizar el cumplimiento de los usos del recurso hídrico, establecidos en los respectivos Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico o en las resoluciones de establecimiento de objetivos de calidad.

El Proceso de consulta de metas de carga contaminante se adelanta con el propósito de conducir a los usuarios al cumplimiento de los objetivos de calidad, fijados por parte de las autoridades ambientales. Sin embargo, se han evidenciado algunas debilidades frente a la formulación e implementación del proceso, así como en el procedimiento en la evaluación del factor regional.

El ministerio desde la expedición del Capítulo 7 del Título 9 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha recibido diversas solicitudes frente a la implementación del instrumento económico, lo anterior se aduce a la complejidad que requiere articular todos los elementos e insumos para la adecuada implementación de la tasa retributiva por vertimientos puntuales, entre ellos se destacan, dudas e inquietudes frente a la aplicación del Factor Regional, el establecimiento de la meta global de carga contaminante, la evaluación del Factor Regional durante el quinquenio y en el nuevo quinquenio que se formula, el tiempo en el cual se deben adelantar los procesos de consulta, solicitudes reiteradas y específicas por parte de los prestadores del servicio de alcantarillado, aduciendo el aumento significativo del valor a pagar por concepto de tasa retributiva por vertimientos puntuales, considerando que el Factor Regional se mantiene o aumenta durante el quinquenio, pero no disminuye pese a que en algunos años se cumpla con la meta establecida.

En la actualidad, el Decreto contempla la meta global de carga contaminante, como la sumatoria de las metas quinquenales individuales y grupales establecidas. Lo que significa que desde el inicio de la evaluación del primer año del quinquenio se está comparando la carga vertida por los usuarios, con la carga meta que corresponde a la del año 5, acorde con el cronograma de cumplimiento. Dado que la meta se propone para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, los cuales tienen una gradualidad o un horizonte de planificación, que se presentan y detallan en la resolución de adopción por parte de la Autoridad Ambiental, como se tiene configurada la evaluación de la meta global de carga contaminante, se está exigiendo el cumplimiento del objetivo de calidad del quinto año desde el primer año del quinquenio.

La ecuación del cálculo del Factor Regional contempla el valor del FR del año inmediatamente anterior, lo que significa que a partir del primer incumplimiento el FR va en aumento, y se deberá considerar siempre y cuando no se cumpla

con la carga meta global de carga contaminante, el cuál será aplicado a los usuarios que no cumplan con su carga meta individual, establecida en el cronograma de cumplimiento, para el año que se esté adelantando la evaluación.

Por otra parte, el Decreto contempla condicionantes para que el FR vuelva a 1, en un nuevo quinquenio. De la siguiente manera;

- Si se cumple con la meta global finalizando el quinquenio el FR para el primer año del nuevo quinquenio se calculará con $FR=0.00$
- Si no se cumple con la meta global finalizando el quinquenio, el FR se calculará con el valor del FR calculado para el último año del quinquenio.
- Para los usuarios que se encuentren en un tramo que no se cumpla la meta global, pero que terminan cumpliendo con su meta de carga individual quinquenal, e inicial el nuevo quinquenio cumpliendo con la meta del primer año el $FR=1.00$

Tal como se relaciona anteriormente, en caso de incumplimiento con la meta global de carga contaminante, el FR será mayor que 1, lo que implica que se arrastra el incumplimiento del quinquenio anterior.

Una de las solicitudes reiterativas de los usuarios prestadores, se relaciona frente a la evaluación del cumplimiento en dos sentidos, por meta de carga contaminante y por el indicador de número de vertimientos puntuales eliminados por cuerpo de agua, así como la imposibilidad de trasladar el cobro a sus usuarios, en caso de contar con un Factor Regional mayor a 1, considerando que el mismo es acumulativo durante el quinquenio, tal como lo establece el parágrafo 2 del artículo 2.2.9.7.4.4 Valor, aplicación y ajuste del Factor Regional.

"Para los prestadores del servicio de alcantarillado que incumplen con el indicador de número de vertimientos puntuales eliminados por cuerpo de agua, contenido en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV o en la propuesta adoptada por la autoridad ambiental en el acuerdo que fija las metas de carga contaminante cuando aún no cuentan con Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV aprobado, se les ajustará y aplicará un factor automático con un incrementado de 0.50 por cada año de incumplimiento del indicador.

Cuando el prestador del servicio de alcantarillado sea sujeto de aplicación del factor regional por carga, esto es, cuando se incumple la meta individual y la meta global del tramo, y a su vez, se registre incumplimiento del indicador de número de vertimientos puntuales eliminados por cuerpo de agua, solo se aplica el factor regional por carga.

Los ajustes al factor regional por cargas e incumplimientos de indicadores se acumularán a lo largo del quinquenio sin que sobrepase el límite del factor regional de 5.50. Lo anterior, sin perjuicio de las sanciones que correspondan

por el incumplimiento de los indicadores contenidos en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV. (Modificado por el decreto 1956 de 2015, Art. 10)

En todo caso, los mayores valores cobrados de la tasa retributiva por incumplimiento de los prestadores del servicio de alcantarillado en sus metas de carga contaminante o en el indicador de número de vertimientos puntuales eliminados por cuerpo de agua contenidos en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV, no podrán ser trasladados a sus suscriptores a través de la tarifa ni de cobros extraordinarios”.

7.1.1 Resumen general de los talleres Autoridades Ambientales

Tabla 5. Estrategias orientativas Autoridades Ambientales

ESTRATEGIAS RE ORIENTATIVAS AUTORIDADES AMBIENTALES
<p><u>El factor regional durante el quinquenio no baja, es desmotivante considerando que no contempla la inversión y tiene muchos condicionantes, por tanto se debería considerar que el Factor Regional baje durante cualquier año del quinquenio, teniendo en cuenta el cumplimiento de las cargas contaminantes o metas pactadas, el porcentaje de cumplimiento de obras establecidas en el PSMV (volver o aumentar) y analizando además la posibilidad de aplicar un incentivo regresivo a los usuarios que se esfuerzan por cumplir las metas durante el quinquenio.</u></p>
<p><u>No hay claridad en la norma lo que genera diversidad de interpretación y aplicación. El cálculo del Fr es muy complejo por tanto la norma de la tasa retributiva debe ser más clara, permitiendo la facilidad en su aplicación y con el fin de evitar diferentes interpretaciones jurídicas y técnicas.</u></p>
<p><u>Solo se tiene en cuenta dos parámetros para el cobro de la tasa y no se incluye parámetros específicos para las industrias y reevaluar la tarifa mínima de la tasa retributiva, por tanto, se debería incluir otros factores y parámetros que permitan el cobro de la TR de acuerdo con la actividad económica del sujeto pasivo, diferenciando agua residual doméstica y no doméstica y evaluar posibilidad de reemplazar el parámetro DBO₅ por DQO.</u></p>
<p><u>No hay diferenciación de los prestadores de acuerdo con su clasificación y existe un manejo diferencial con estos usuarios en relación con los demás usuarios, pero no cumplen con las metas de carga contaminante. En municipios pequeños los prestadores del servicio público no tienen la capacidad económica para el pago de TR por tanto se debe tener un tratamiento diferencial para los municipios de 5ta y 6ta categoría incluyendo tratamiento diferencial para el cobro de TR para los diferentes sectores productivos y el nivel de complejidad del municipio en donde se ubica el</u></p>

ESTRATEGIAS RE ORIENTATIVAS AUTORIDADES AMBIENTALES

prestador. Un factor regional muy alto no es posible su pago parte del prestador, dado que vía tarifa no es posible su cobro superior a 1.00.

Con el factor por tramo, no hay proporcionalidad frente a los aportes en contaminación y con los modelos de calidad y cantidad, contruidos con mínimo de información que puede generar incertidumbre en la capacidad de asimilación de la fuente receptora (información presuntiva y disponible) por tanto se debe considerar la calidad o capacidad de asimilación de los cuerpos de agua en el cálculo de la TR para el establecimiento de la meta de carga y aclarar normativamente la prelación de límites permisibles o de objetivos de calidad, en casos donde la capacidad de asimilación de la fuente hídrica es alta, así como la priorización de inversiones en función de la capacidad de las fuentes hídricas.

La destinación del recaudo está orientado a la descontaminación, monitoreo y seguimiento de las fuentes hídricas por lo tanto se debe brindar elementos normativos que permitan fortalecimiento en el pago de los prestadores del servicio de alcantarillado público.

El ajuste del Factor Regional tiene en cuenta la contaminación y envía una señal económica generando conciencia respecto al impacto de la contaminación al Recurso Hídrico, por lo tanto se debe considerar que el Factor Regional baje durante cualquier año del quinquenio, teniendo en cuenta el cumplimiento de las cargas contaminantes o metas pactadas, el porcentaje de cumplimiento de obras establecidas en el PSMV (volver o aumentar) y analizando además la posibilidad de aplicar un incentivo regresivo a los usuarios que se esfuercen por cumplir las metas durante el quinquenio.

La formulación metas quinquenales y anuales permite hacer seguimiento y evaluación para implementar acciones de descontaminación localizado, lo que ha aportado además a eliminación de descargas de Agua Residual, mejorando las condiciones de calidad del agua, por lo tanto se debe aplicar del factor regional al usuario que incumple su meta, evitando inequidad de aplicación por incumplimiento atribuible a otros usuarios y la metodología del cálculo de la tasa se debería desarrollar de manera práctica.

La TR está direccionada a todos los usuarios que realizan descargas de aguas residuales así no cuenten con permiso de vertimientos y permite un diálogo directo con los autores directos, por lo tanto, se debe Incluir otros factores y parámetros que permitan el cobro de la TR de acuerdo con la actividad económica del sujeto pasivo, diferenciando agua residual doméstica y no doméstica y evaluar posibilidad de reemplazar el parámetro DBO5 por DQO.

Fuente: Ambiente – Vivienda.

7.1.2 Resumen general de los talleres Empresas de Servicios Públicos de Alcantarillado

- Tanto las autoridades ambientales como las personas prestadoras del servicio cuestionan la aplicación del FR y su no regresividad, ya que el mismo se mantiene o aumenta en el quinquenio, lo que ocasiona un incremento en el tiempo del valor a pagar por concepto de la Tasa Retributiva.
- Se debe replantear el establecimiento de metas de carga contaminante, teniendo en cuenta su subjetividad en relación la mejor información disponible o presuntiva; las diferentes problemáticas para su definición y cumplimiento; el aporte real al cumplimiento de los objetivos de calidad del recurso hídrico y las implicaciones de la meta global de carga contaminante.
- Se identifica falta de articulación entre los instrumentos de planificación tales como: Planes de Obras e Inversiones, Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, Objetivos de calidad, Metas de reducción de carga, lo que se ve reflejado en el retraso de la descontaminación hídrica.
- Se evidenció que el Decreto 2667 de 2012, tiene diferentes interpretaciones por parte de las autoridades ambientales, en especial se identifica no claridad en el concepto de meta global de carga contaminante y cómo influye en la determinación del factor regional.
- Las disposiciones del Decreto 2667 de 2012 tiene varias condicionantes y requerimientos de información con diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico, lo que dificulta su avance y cumplimiento. Se debe evaluar independizar sus variables y coeficientes.
- Se debe evaluar las condiciones de ajustar el factor regional a 1, conforme al cumplimiento de metas por parte de los usuarios y la eliminación de vertimientos por parte de los prestadores del servicio público de alcantarillado.
- No se conoce por parte de la mayoría de las Personas Prestadoras el Decreto 2141 de 2016 y su aplicabilidad, adicional a esto existe una evaluación subjetiva por parte de las autoridades ambientales al aceptar las condiciones señaladas para argumentar el no cumplimiento de la meta de carga contaminante.



Ambiente

- Los prestadores no han armonizado sus PSMV, con los POIR (Plan de Obras e Inversiones Regulado), lo que ha generado un impacto negativo en la ejecución de obras relacionadas con el saneamiento ambiental, considerando que, si estas obras no están incluidas en el plan de inversiones, las mismas no tienen una verdadera financiación.
- La falta de articulación efectiva entre las alcaldías municipales y las empresas prestadoras de servicio, han generado limitaciones y retrasos en el saneamiento ambiental, considerando que son los municipios las entidades a las cuales el estado puede financiar a través de la presentación de estos proyectos, las empresas prestadoras no están facultadas para presentarlos, lo que puede impactar el pago de la TRVP la cual está a cargo de los prestadores, por la omisión de actividades por parte de los municipios.
- El no pago de los cobros anuales y cobros coactivos por parte de los prestadores del servicio público de alcantarillado afecta el recaudo del instrumento económico impactando la cofinanciación en proyectos de inversión para la descontaminación del recurso hídrico por parte de las autoridades ambientales, dificultando el desempeño de la Tasa Retributiva.
- La CRA tiene la facultad de limitar el cobro del Factor Regional a 1, ya que puede interpretarse como una "sanción" que no es clara en el marco de la normatividad aplicable a la Tasa Retributiva. Considerando que el artículo 2.2.9.7.4.4 del Decreto 1076 de 2015, estipula que los mayores valores cobrados de la TRVP por incumplimiento de los prestadores no pueden ser trasladados a sus suscriptores.
- La CRA se encuentra en la evaluación de un nuevo marco tarifario para los servicios públicos, lo cual es una oportunidad para hacer los ajustes necesarios, entre ellos lo relacionado con el pago de la tarifa mínima de la tasa y la distribución del factor, en caso de que así lo estipule el nuevo decreto de Tasa Retributiva.
- No se establece una responsabilidad clara de procedimientos y cumplimientos en las descargas que están siendo vertidas a la red de alcantarillado por usuarios industriales o comerciales y que alteran el cobro de la Tasa Retributiva. Ya que es más fácil verter a la red y no asumir el costo individual de la contaminación. Si bien existe la resolución 631 de 2015, que establece los límites máximos permisibles para los usuarios que vierten al alcantarillado público, se desconocen los procesos sancionatorios adelantados por parte de las Autoridades a los usuarios que incumplen esta normatividad.

7.1.3 Resumen general de la Mesa de Expertos

Tabla 6. Conclusiones Mesa de Expertos

Temática	Conclusiones
Metas de Carga contaminante	<p>Establecer redes de monitoreo estandarizados y continuos.</p> <p>Priorizar la ejecución de sistemas de tratamiento de aguas residuales de forma estratégica de acuerdo con las prioridades nacionales, regionales y municipales.</p> <p>Revisar nuevos instrumentos o herramientas para el cumplimiento de los objetivos de calidad del recurso hídrico y la idoneidad del recurso para el uso de este.</p> <p>Mirada integral de la cuenca, identificando las cuencas que estén más afectadas, acorde con los indicadores de calidad.</p> <p>Revisar la diferencia entre los usuarios ARnD, ARD y reglamentación de la calidad del agua.</p>
Modelos de Calidad de Agua	<p>Considerar la biodegradabilidad de los parámetros o contaminantes sujetos al instrumento económico.</p> <p>Considerar nuevos elementos relacionados con la medición y control a la calidad del recurso hídrico que aporten mayor precisión de la información.</p>
Cálculo del Factor Regional	<p>Replantear las variables con las que se determina el factor regional, a partir del sistema y método definido por la norma; las cuales deben estar</p>

Temática	Conclusiones
	asociadas a la calidad del recurso, la carga contaminante, las condiciones socioeconómicas de la región y la inversión para reducir carga contaminante.
Propuesta Variables Factor Regional	Evaluar indicadores o índices asociados a la calidad y comportamiento del recurso hídrico, condiciones sociales y de inversión en la descontaminación del recurso hídrico.
Evaluación de valores contaminantes	Considerar la evaluación de los aportes per cápita de acuerdo con las características de la región.

Fuente: Ambiente – Vivienda.

Sistema Integrado de Gestión

8. PROPUESTA METODOLÓGICA DE AJUSTE DEL FACTOR REGIONAL

En este capítulo se presentan los principales aspectos metodológicos del ajuste al sistema y método de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al Agua (TRVP).

8.1 Modificación Reglamentaria.

Respecto al sistema y método, se propone modificar el Artículo 2.2.9.7.4.3 del Capítulo 7 del Decreto 1076 del 2015, referente al cálculo del Factor Regional.

8.2 Cálculo de la TRVP.

La TRVP se seguirá calculando a partir de la formula general, la cual se presenta a continuación:

$$Ttr = (Tm + Fr)$$

Donde:

Ttr: Es la tarifa de la tasa retributiva por vertimientos puntuales al agua.

Tm: Es la tarifa mínima nacional.

Fr: Corresponde al Factor Regional.

8.3 Cálculo del Factor Regional.

La fórmula general del cálculo del Factor Regional -FR- se modificará, incorporando una variable ambiental -VA-, una variable socioeconómica -VS- y una variable económica -VE- que tengan en cuenta las condiciones, sociales, ambientales y económicas del territorio. La variable económica aplicará únicamente a los prestadores del servicio público de alcantarillado, además dentro del cálculo se eliminará la metodología de relación entre carga vertida y carga meta, el Factor Regional al igual como se dispone actualmente no modificará su rango de valor entre 1 y 5.5, finalmente la fórmula para el cálculo del Factor Regional será la siguiente:

$$Fr = (V_A + V_S) - V_E$$

Donde:

V_A : Variable ambiental.

V_S : Variable socioeconómica.

V_E : Variable económica.

8.3.1 Cálculo de la Variable Ambiental.

Esta variable está asociada a la calidad de las aguas continentales superficiales o aguas marinas, la relación del caudal o volumen vertido con respecto al caudal o volumen de la fuente receptora del punto de descarga y la relación entre la concentración de los parámetros de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 y la Demanda Química de Oxígeno DQO. Permite evidenciar las condiciones del cuerpo de agua, la relación entre el vertimiento y el cuerpo de agua y las condiciones del propio vertimiento. Lo anterior se define en la fórmula de la variable ambiental de la siguiente manera:

$$V_A = ((C_{ICA} * 0.16) + (C_R * 0.16) + (C_B * 0.48))$$

Donde:

C_{ICA} : Coeficiente de Calidad de Agua.

C_R : Coeficiente de Relación.

C_B : Coeficiente de Biodegradabilidad.

8.3.2 Coeficiente de calidad de agua (C_{ICA}).

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre uno y cinco puntos cinco ($1 \leq C_{ICA} \leq 5.5$).

Su valor se determina a partir de del cálculo del índice de calidad de las aguas continentales superficiales o marinas, que representa el valor numérico que califica la calidad del recurso en una de cinco categorías, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de parámetros.

La calidad del agua es un concepto relativo, definido según el uso previsto del agua o del sistema hídrico a evaluar. Así, los criterios de calidad varían si el agua se destina al consumo humano, riego, transporte, vida acuática o conservación del ecosistema.

Dado que no existe un solo parámetro físico, químico o biológico que defina la calidad del agua en un tiempo o lugar específico, esta se determina mediante un índice de calidad del agua, una expresión matemática que considera: (i) aspectos fisicoquímicos, como las concentraciones y tipos de sustancias presentes; (ii) aspectos biológicos, como la composición de la biota acuática; y (iii) aspectos no acuáticos, como cambios en el entorno, por ejemplo, la canalización de cauces o la vegetación ribereña (Ramírez, Universidad de Medellín, 2011).

8.3.3 Índice de Calidad del Agua (ICA)³ y metodología del IDEAM⁴

El Índice de Calidad del Agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo J en el tiempo T . (IDEAM, 2021)

Este coeficiente se determina a partir del cálculo del índice de calidad en las aguas continentales superficiales o marinas después del vertimiento de aguas residuales y que representa el valor numérico que califica la calidad del recurso en una de cinco categorías, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de parámetros.

Para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) en la zona o tramo de influencia del punto de descarga en el caso de las aguas continentales superficiales, se deberá considerar la metodología de cálculo establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En caso de contar con varios registros al año, la autoridad ambiental seleccionará el valor que considere más crítico.

Por lo general como fuente de información primaria para este indicador, se tiene, la Red de Referencia Nacional del IDEAM (año 2021), convenios (Ecopetrol IDEAM) y datos de las redes monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico, establecidas por las Autoridades Ambientales, con el fin de verificar la idoneidad del recurso hídrico, así como el cumplimiento del objetivo de calidad formulado.

³ IDEAM: Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) (Hoja metodológica versión 1,2)

⁴ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

8.3.4 Metodología del ICA según IDEAM.

El Índice de Calidad del Agua (ICA), desarrollado en 2011 por el IDEAM, utiliza una metodología que permite calcularlo a partir de parámetros fisicoquímicos clave. Este índice, aplicado a corrientes superficiales, es una medida simplificada que se obtiene mediante una sumatoria aritmética equiponderada de valores de cinco o seis variables fisicoquímicas básicas. Los datos se recogen en estaciones de monitoreo de la Red de Referencia Nacional de Calidad de Agua y otros convenios. La metodología incluye una evaluación comparativa para ajustar resultados si se considera necesario, mejorando así su precisión y aplicabilidad.

El estudio identificó seis variables clave para el Índice de Calidad del Agua (ICA): Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica, pH, y la relación NT/PT. Se desarrollaron dos metodologías para el cálculo, una de ellas destinada a casos en que no esté disponible la relación NT/PT. El cálculo del ICA-IDEAM se basa en una suma lineal de los pesos ponderados (W_i) de cada parámetro (ver tabla 7), multiplicados por un subíndice (Q_i) correspondiente a cada uno, así:

$$ICA_{njt} = \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt}$$

Donde:

ICA_{njt} : Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t , evaluado con base en n variables.

W_i : Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad

I_{ikjt} : Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j , registrado durante la medición realizada en el trimestre k , del período de tiempo t .

n : Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

Los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA) se comparan con tablas de categorización para clasificar la calidad del agua en cinco categorías descriptivas: buena, aceptable, regular, mala y muy mala, asociadas a colores (azul, verde, amarillo, naranja y rojo) (ver tabla 8). Esta clasificación, además de simplificar la interpretación y el análisis de tendencias (deterioro, estabilidad o recuperación), facilita la toma de decisiones de las autoridades. Los resultados pueden visualizarse en mapas, vinculando cada clasificación al punto de monitoreo, con una valoración cualitativa y color asignado a cada rango.

Tabla 7. Variables del ICA y sus ponderaciones.

VARIABLE	UNIDADES	PESO DE IMPORTANCIA 1 (ICA 5 Variables)	PESO DE IMPORTANCIA 2 (ICA 6 Variables)
Oxígeno Disuelto – OD	% Saturación	0,2	0,17
Sólidos Suspendedos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17
Conductividad Eléctrica - C.E.	uS/cm	0,2	0,17
N total/P total – NT/PT	mg/L/mg/L	--	0,17
pH	Unidades	0,2	0,15

Fuente: (IDEAM, 2011)

Tabla 8. Clasificación cualitativa del ICA – IDEAM

Clasificación de la calidad	Rango ICA	Color
Buena	0,91 – 1,00	Azul
Aceptable	0,71 – 0,90	Verde
Regular	0,51 – 0,70	Amarillo

Mala	0,26 - 0,50	Naranja
Muy Mala	0 - 0,25	Rojo

Fuente: Calidad de Agua, IDEAM.

a) Oxígeno Disuelto (OD)⁵

El oxígeno disuelto (OD) es fundamental para los ecosistemas acuáticos, pues sostiene la vida de peces, plantas, algas y otros organismos. Este oxígeno proviene en gran parte de la atmósfera y se disuelve en el agua hasta que alcanza la saturación; su distribución y absorción dependen del movimiento del agua. Aguas turbulentas o con oleaje captan más oxígeno, mientras que las aguas estancadas retienen menos. Este proceso permite un intercambio constante de oxígeno entre el aire y el agua, favoreciendo un entorno saludable donde el OD facilita la respiración y descomposición de la materia orgánica, ambos vitales para la estabilidad del ecosistema.

La concentración de OD en el agua se utiliza para clasificar su calidad en función de rangos específicos: 0 mg/L indica condiciones de anoxia o mala calidad; entre 0 y 5 mg/L, se considera hipoxia o baja calidad; de 5 a 8 mg/L, representa condiciones aceptables; entre 8 y 12 mg/L se clasifica como agua de buena calidad, y valores superiores a 12 mg/L sugieren sobresaturación de oxígeno. Estos niveles afectan directamente la vida acuática: en condiciones de baja concentración, pueden ocurrir problemas como malos olores y la muerte de organismos aerobios, mientras que niveles adecuados permiten la existencia de especies sensibles y la actividad fotosintética.

b) Sólidos Suspendidos Totales -SST.

Los sólidos en el agua, tanto disueltos como en suspensión, revelan la presencia de sales y partículas de origen orgánico e inorgánico. Los sólidos suspendidos (SST) pueden causar depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando los desechos no tratados se descargan en medios acuáticos. Estos sólidos generan problemas como la sedimentación, la absorción de contaminantes y la protección de patógenos, en especial cuando provienen de vertimientos domésticos e industriales o de la erosión natural del suelo. Además, los contaminantes orgánicos y metales pesados suelen adsorberse en los sólidos suspendidos, y la materia suspendida protege a los microorganismos de los agentes desinfectantes.

⁵ En línea: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>, 2024.

La cantidad de SST en ríos y lagos está influida por vertimientos que pueden contener altos niveles de materia orgánica y residuos sólidos. También se originan en el arrastre natural de sedimentos y la erosión, agravada por actividades humanas como la ganadería y la deforestación. Este indicador es clave para evaluar la calidad del agua, medir la eficacia del tratamiento y asegurar el cumplimiento de normativas sobre vertimientos. Aunque no existe un límite reglamentario específico en algunos países, se sugiere que valores superiores a 150 mg/L de SST indican contaminación en cuerpos de agua.

c) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La prueba de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utiliza ampliamente para medir la carga contaminante de los desechos domésticos e industriales. A través de esta prueba, se mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar completamente la materia orgánica de los desechos a dióxido de carbono (CO_2), agua y amoníaco. A diferencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), que solo mide la oxidación biológica de la materia orgánica, la DQO mide tanto la materia orgánica como inorgánica, proporcionando una oxidación más completa. Sin embargo, no distingue entre estos tipos de material. Las concentraciones de DQO en aguas superficiales pueden variar considerablemente, desde 20 mg O_2 /l o menos en aguas no contaminadas hasta más de 200 mg O_2 /l en aguas que reciben efluentes industriales y domésticos.

La DQO se determina a través de un proceso que utiliza un agente oxidante específico, en condiciones controladas de temperatura y tiempo. El oxígeno consumido por el agente oxidante se expresa en mg/l O_2 . Aunque tanto la DQO como la DBO miden la cantidad de oxígeno necesario para la descomposición de la materia orgánica, la DBO siempre es más baja que la DQO, ya que el proceso bioquímico, basado en la acción de microorganismos, no suele ser tan completo como la oxidación química utilizada en la DQO. Ambas pruebas correlacionan bien en la mayoría de las muestras, pero la DBO es más limitada en términos de la descomposición que puede medir.

d) Conductividad Eléctrica

La conductividad o conductancia específica de una solución acuosa mide su capacidad para conducir electricidad, y su valor aumenta cuando la solución contiene electrolitos. Los electrolitos son sales que, al disolverse en agua, se disocian en iones, permitiendo que la corriente eléctrica fluya a través de la solución. La unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es siemens por metro (S/m), aunque en aguas con bajo contenido de electrolitos, la conductividad se expresa comúnmente en micro siemens por

centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Un siemens (S) es equivalente a 1×10^6 micro siemens (μS).

La conductividad del agua es una herramienta útil para evaluar el desempeño de equipos de desmineralización, como los basados en ósmosis inversa, resinas de intercambio iónico, destilación y electro deionización. Cuando los sólidos disueltos en el agua son principalmente electrolitos, la conductividad es proporcional a su concentración. Sin embargo, algunas sales inorgánicas no se disocian al disolverse, y estas no afectan la conductancia de la solución. El agua de alta calidad desionizada tiene una conductividad de aproximadamente $5.5 \mu\text{S}/\text{m}$, mientras que el agua potable típica varía entre 3,000 y 15,000 $\mu\text{S}/\text{m}$, y el agua de mar alcanza cerca de 5 S/m (5,000,000 $\mu\text{S}/\text{m}$).

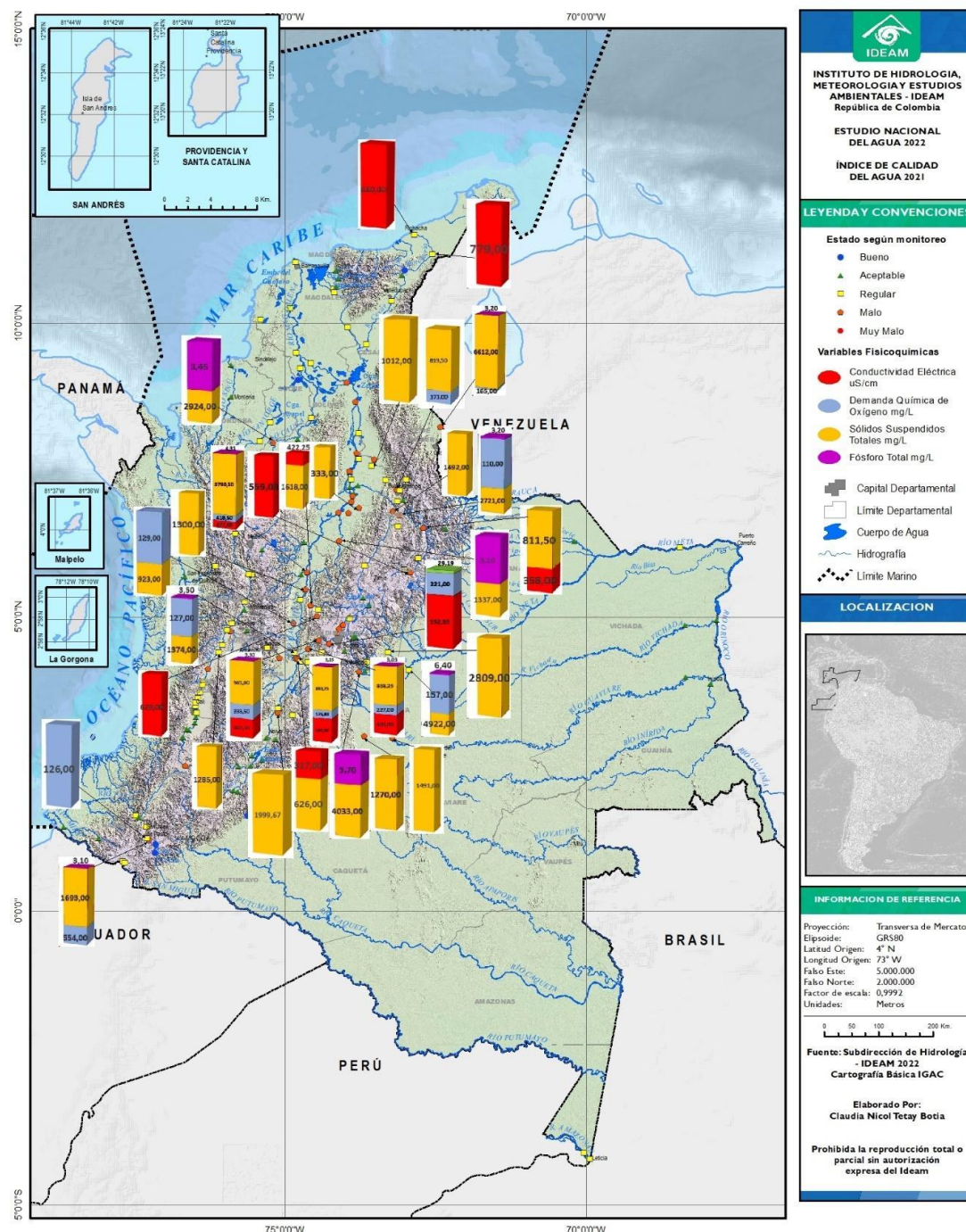
e) Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad del agua, definida como la concentración de iones de hidrógeno presentes en ella. Esta escala es logarítmica, con valores que van de 0 a 14, donde un incremento de una unidad en la escala equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. Un pH más bajo indica mayor acidez, mientras que un pH más alto indica mayor alcalinidad. El pH es crucial para las reacciones químicas en los organismos acuáticos, ya que la mayoría de los procesos metabólicos dentro de estos organismos requieren un rango estrecho de valores de pH para funcionar correctamente.

El pH afecta tanto a la fauna como a la flora de los cuerpos de agua, alterando la toxicidad de ciertos compuestos como el amoníaco, los metales pesados y el hidrógeno sulfurado. En los extremos de la escala de pH (valores de 2 o 13), pueden ocurrir daños físicos en las agallas, esqueletos y aletas de los organismos acuáticos. Además, el pH influye en la solubilidad de metales, la coagulación y los procesos de desinfección en el agua. El rango ideal de pH para el agua potable es entre 5,0 y 9,0 unidades, según lo establece el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015, lo cual es adecuado tanto para el consumo humano como para la preservación de la fuente y los elementos físico-bióticos que se ven afectados.

A continuación, se presenta los resultados del ICA, calculados por el IDEAM a nivel nacional para el año 2021, los cuales fueron publicados en el Estudio Nacional del Agua en el año 2022.

Figura 18. Índice de Calidad del Agua (ICA)



Fuente: IDEAM, año 2021

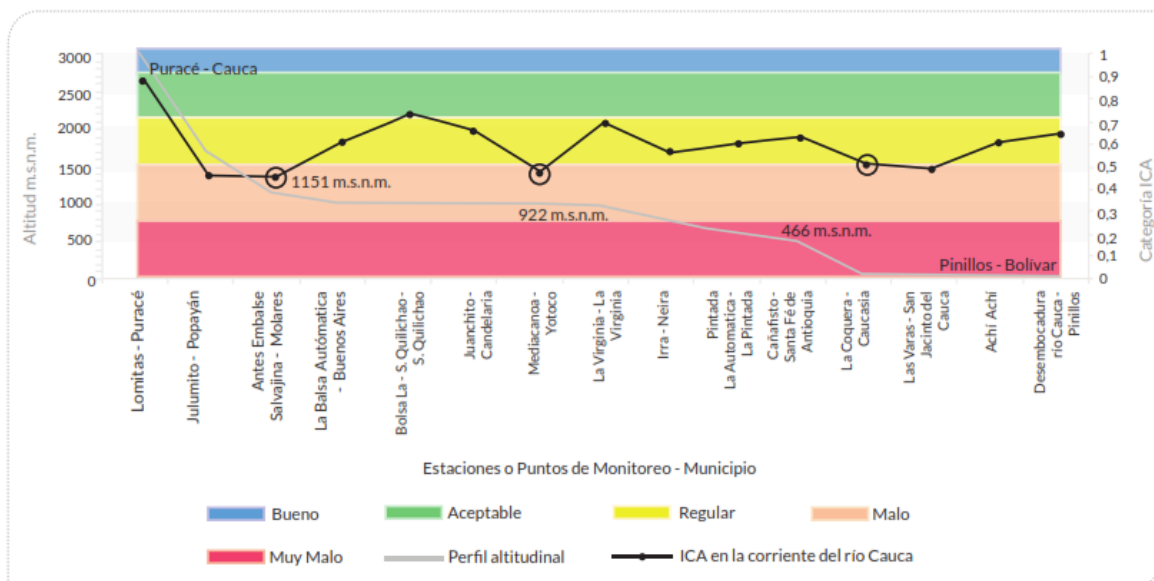
Tabla 9. Puntos de monitoreo con categoría "malo" del ICA 2021

Punto de monitoreo	Corriente	Departamento	Municipio	ICA	Variables que más inciden en la categorización MALA
Cortijo El 37	Bogotá	Cundinamarca	Bogotá	Malo	OD, CE, DQO, NT/PT
Frente Hacienda Darien	Bogotá	Cundinamarca	Chía	Malo	OD, CE, NT/PT
Pte.El Comun	Bogotá	Cundinamarca	Chía	Malo	CE, DQO, NT/PT
Antes De La Desembocadura En El Rio Magdalena.	Carare	Santander	Puerto Parra	Malo	DQO, SST, NT/PT
Cafe Madrid	Lebrija	Santander	Girón	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Magdalena_San Pablo Rio Magdalena	Magdalena	Bolivar	San Pablo	Malo	OD, CE, SST, NT/PT
Magdalena_Desembocadura Rio Opon	Magdalena	Santander	Barrancabermeja	Malo	CE, SST, NT/PT
Magdalena_Puerto Wilches_Sitio Nuevo R-11	Magdalena	Santander	Puerto Wilches	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Ariari_Pto.Rico	Ariari	Meta	Puerto Rico	Malo	DQO, SST, NT/PT
Bogota_Pte.La Virgen	Bogotá	Cundinamarca	Cota	Malo	OD, CE, DQO, NT/PT
Bogota_La_Campina	Bogotá	Cundinamarca	Girardot	Malo	OD, CE, DQO, SST, NT/PT
Bogota_Alicachin - El Salto	Bogotá	Cundinamarca	Sibaté	Malo	OD, CE, DQO, SST, NT/PT
Bogota_Pte.Carretera La Mesa - Mesitas	Bogotá	Cundinamarca	Tena	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Bogota_Pte.Portillo	Bogotá	Cundinamarca	Tocaima	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Cabrera_San Alfonso	Cabrera	Huila	Villavieja	Malo	DQO, SST, NT/PT
Carare_Sta.Rosa	Carare	Santander	Cimitarra	Malo	CE, SST, NT/PT
Cauca_La Coquera	Cauca	Antioquia	Caucasia	Malo	SST, NT/PT
Cauca_Julumito	Cauca	Cauca	Popayán	Malo	CE, Ph, NT/PT
Chicamocha_Capitanejo	Chicamocha	Boyacá	Covarachia	Malo	DQO, SST, NT/PT
Chicamocha_Pte.Chameza	Chicamocha	Boyacá	Sogamoso	Malo	OD, CE, NT/PT
Chicamocha_Jordan El	Chicamocha	Santander	El Jordan	Malo	DQO, SST, NT/PT
Coello_Payande	Coello	Tolima	San Luis	Malo	DQO, SST, NT/PT
Guayuriba_Pte.Carretera	Guayuriba	Meta	Villavicencio	Malo	DQO, SST, NT/PT
Guejar_Pinalito	Guejar	Meta	Vista Hermosa	Malo	SST, NT/PT
La Colorada_Ayacucho	La Colorada	Santander	Simacota	Malo	DQO, SST, NT/PT
La Vieja_Cartago	La Vieja	Valle del Cauca	Cartago	Malo	DQO, SST, NT/PT
Lagunilla_La Esmeralda	Lagunilla	Tolima	Lenida	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Magdalena_Regidor	Magdalena	Bolivar	Regidor	Malo	CE, DQO, SST
Magdalena_Girardot	Magdalena	Cundinamarca	Girardot	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Magdalena_Puerto Salgar	Magdalena	Cundinamarca	Puerto Salgar	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Magdalena_El Banco	Magdalena	Magdalena	El Banco	Malo	CE, DQO, SST
Magdalena_Barrancabermeja	Magdalena	Santander	Barrancabermeja	Malo	DQO, SST, NT/PT
Magdalena_Isla Del Amor	Magdalena	Tolima	Flandes	Malo	CE, SST, NT/PT
Negro_Guaduro	Negro	Cundinamarca	Caparrapi	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Negro_Pto.Libre	Negro	Cundinamarca	Puerto Salgar	Malo	CE, DQO, SST
Opon_Pte.Ferrocarril	Opón	Santander	Simacota	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Pamplonita_Aguas Claras	Pamplonita	Norte de Santander	Cúcuta	Malo	CE, DQO, SST, NT/PT
Pasto_Boca Toma Centenario	Pasto	Nariño	Pasto	Malo	DQO, SST, NT/PT
Sogamoso_El Juncal	Sogamoso	Santander	Los Santos	Malo	DQO, SST, NT/PT
Villeta_Villeta	Villeta	Cundinamarca	Villeta	Malo	CE, SST, NT/PT
Cauca_Riofrio	Cauca	Valle del Cauca	Rio Frio	Malo	CE, SST, NT/PT
San Alberto_El Hoyo	San Alberto	Cesar	San Alberto	Malo	Ph, SST, NT/PT

Fuente: IDEAM, año 2021

En la figura 19 se presenta el Índice de Calidad del Agua (ICA) del río Cauca, a través de las 16 estaciones o puntos de monitoreo, que van desde Lomitas-Puracé hasta la desembocadura del río Cauca en Pinillos. En esta representación se observa cómo varía la condición del cuerpo de agua a lo largo del recorrido. En un inicio, la calidad del agua en Lomitas-Puracé se clasifica como Aceptable, pero en el siguiente punto en Popayán, se registra una calidad mala. A medida que se avanza por la cuenca, la calidad del agua oscila entre mala y regular, para finalmente estabilizarse en una calidad regular en la última estación de monitoreo. Esta variabilidad en la calidad del agua está directamente influenciada por el impacto de las cargas contaminantes vertidas a lo largo de la cuenca.

Figura 19. ICA Corriente del río Cauca.



Fuente: IDEAM, 2021.

8.3.5 Indicador de Calidad de Aguas Marinas (ICAM)⁶ y parámetros

El **ICAM** (Índice de Calidad del Agua Marino-Costera) es un indicador desarrollado por el Sistema de Información Ambiental Marino (SIAM) para evaluar la calidad de las aguas marino-costeras. Este indicador se calcula mediante una ecuación algebraica que califica cada uno de los parámetros que lo componen, los cuales son ponderados según su importancia ambiental, de acuerdo con los criterios de calidad establecidos por la legislación. Los parámetros seleccionados para el cálculo del ICAM en sustrato de Agua Marina incluyen Oxígeno Disuelto (**OD**), Nitratos (**NO₃**), Sólidos Suspendidos Totales (**SST**), Coliformes Termotolerantes (**CTE**), **pH**, Hidrocarburos del Petróleo Disueltos y Dispersos (**HPDD**), Demanda Bioquímica de Oxígeno (**DBO**) y Fosfatos (**PO₄**).

La calidad se pondera entre 0 y 100 y se interpreta de la siguiente manera.

Tabla 10. Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM)

Escala de Calidad	Color	Categorías	Color
Óptima	Azul	100 - 90	Calidad excelente del agua
Adecuada	Verde	90 - 70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	Amarillo	70- 50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuada	Naranja	50 - 25	Agua que conserva presenta muchas restricciones de uso
Pésima	Rojo	25 - 0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Fuente: (Vivas-Aguas, 2011)

⁶ Índice de calidad de aguas costeras (ICAM), INVEMAR (Vivas-Aguas, 2011).

a) Oxígeno Disuelto (OD) [mg/L]

El oxígeno disuelto es esencial para la respiración de los microorganismos y otras formas de vida acuática. Esta variable mide la capacidad del agua para sostener la vida acuática y es fundamental para controlar los niveles de oxígeno en los ecosistemas acuáticos. El oxígeno disuelto también permite conocer la supervivencia de las especies y los procesos biológicos de producción. Las reducciones por debajo de los niveles de saturación recomendados generan efectos negativos sobre la biodiversidad, el crecimiento, la reproducción y la actividad de las especies acuáticas. Además, el oxígeno disuelto determina si en los procesos de degradación predominan los organismos aerobios o los anaerobios, lo que influye en la capacidad del agua para realizar procesos de auto purificación.

b) Nitratos (NO₃) [µg/L]

El parámetro de nitratos se utiliza para medir la concentración de nitratos presentes en el agua, los cuales provienen principalmente de aguas residuales o de fertilizantes. Estos contaminantes pueden provocar la eutrofización del recurso hídrico, un proceso que altera el equilibrio ecológico al aumentar el crecimiento de algas y la reducción de oxígeno en el agua. La presencia de niveles elevados de nitratos en ciertos cuerpos de agua puede ser un indicador de aportes antropogénicos, como la contaminación del agua subterránea, ya que el nitrato es el producto final de la estabilización de los desechos orgánicos en el ambiente.

c) Sólidos Suspendidos Totales (SST) [mg/L]

Este parámetro se refiere a la cantidad de sólidos suspendidos que corren o albergan en un cuerpo de agua. Los altos niveles de sólidos suspendidos totales pueden resultar dañinos a los hábitats y causar condiciones anaerobias en los lagos, ríos y mares, debido a la descomposición de los sólidos, además reduce la penetración de luz solar al cuerpo de agua, disminuye la columna de agua y generar problemas de colmatación.

d) Coliformes Termotolerantes (CTE) [NMP/100ml]

Es un indicador de contaminación biológico que se incorporó para evaluar la presencia en determinadas concentraciones asociadas a la ocurrencia de agentes patógenos y a un riesgo de afectación en la salud.

e) Hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos (HPDD) [µg/L]

f) La evaluación de hidrocarburos se enfoca en los compuestos aromáticos disueltos y dispersos, ya que son los más tóxicos para el medio marino. Los

hidrocarburos interfieren con el intercambio gaseoso entre el agua y la atmósfera, iniciando una serie de procesos físico-químicos simultáneos, como la evaporación y penetración. La velocidad de estos procesos depende del tipo de hidrocarburo, la temperatura y la cantidad vertida, lo que puede hacer que algunos sean más lentos y, por lo tanto, más tóxicos. Además, los hidrocarburos impiden la entrada de luz y el intercambio gaseoso, lo que desencadena la solubilización de compuestos hidrosolubles y afecta negativamente a diversas poblaciones marinas.

g) Ortofosfatos (P-PO₄-3) [µg/L]

Es un elemento necesario para la vida, los excesos de fosfatos causan desarrollo excesivo de las algas y la eutrofización de las aguas. El fosfato entra a las fuentes de agua por escurrimiento del suelo, operaciones industriales y aguas negras o residuales.

Teniendo en cuenta las tablas 11 y 12 donde se presentan los rangos y categorías de calidad de agua tanto para el ICA como para el ICAM, los valores que toma el **Coefficiente de Calidad del Agua (C_{ICA})** para ambas se presenta en las siguientes tablas 11 y 12.

Tabla 11. Valor Numérico del CICA según los rangos y categorías del ICA.

Categorías	Rangos	Color	Valor Numérico C _{ICA}
Buena	0,91 – 1,00	Azul	1,00
Aceptable	0,71 – 0,90	Verde	1,60
Regular	0,51 – 0,70	Amarillo	2,80
Mala	0,26 – 0,50	Naranja	4,00
Muy Mala	0,00 – 0,25	Rojo	5,50

Fuente: Elaboración Propia 2024.

Tabla 12. Valor Numérico del CICA según los rangos y categorías del ICAM

Categorías	Rangos	Color	Valor Numérico C _{ICA}
Óptima	100-90	Azul	1,00

Adecuada	90-70	Verde	1,60
Aceptable	70-50	Amarillo	2,80
Inadecuada	50-25	Naranja	4,00
Pésima	25-0	Rojo	5,50

Fuente: Elaboración Propia 2024.

8.3.6 Coeficiente de Relación (C_R)

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre uno y cinco punto cinco ($1 \leq C_R \leq 5.5$).

Este coeficiente se determina a partir de la relación de caudales o volúmenes promedio del vertimiento y el caudal o volumen promedio de las aguas continentales lenticas, lóaticas o aguas marinas que reciben el punto de descarga.

8.3.6.1 Cuerpos de Agua Lóaticos Continentales.

Este coeficiente se determina a partir de la relación de caudales o volúmenes promedio del vertimiento y el caudal o volumen promedio de las aguas continentales lenticas, lóaticas o aguas marinas que reciben el punto de descarga.

Esta información permite conocer las condiciones diferenciales para las distintas características de dilución disponibles en el punto de descarga y que generen la menor afectación posible a los usuarios potenciales aguas abajo del punto de vertimiento, en las aguas continentales lóaticas superficiales.

En cuerpos lóaticos continentales, la turbulencia en las corrientes limita la sedimentación de sólidos y la acumulación de lodo, lo cual evita malos olores. Las altas velocidades de flujo mejoran la transferencia de oxígeno y expulsan contaminantes volátiles, distribuyéndolos más rápidamente. La pendiente del flujo influye en el tiempo de concentración y en la eficiencia de dilución de los contaminantes. La dilución reduce la concentración de sustancias químicas y el impacto de los vertimientos, facilitando la estabilización natural y la recuperación de la calidad del agua. Según el Modelo de Streeter-Phelps, la autodepuración depende de la presencia de ecosistemas que transformen contaminantes biodegradables, siempre que haya suficiente oxígeno y dilución. Además,

procesos naturales como la precipitación y la oxidación contribuyen a restablecer el equilibrio en el ecosistema.

Para los cuerpos de aguas lóticos continentales, el cálculo se realiza a partir de la relación del caudal promedio vertido y el caudal promedio del cuerpo de agua receptor en el cual se hace el vertimiento, en los mismos términos de unidades, de conformidad con los estudios, monitoreos, caracterizaciones y/o modelaciones realizadas por parte de la autoridad ambiental y los criterios que esta determine, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$R_Q = \frac{Q_{ver}}{Q_r}$$

Donde:

Q_{ver} : Caudal promedio del Vertimiento.

Q_r : Caudal promedio del receptor del cuerpo de agua lótico receptor.

8.3.6.2 Cuerpos de Agua Lenticos Continentales.

Los cuerpos de agua lénticos, como lagos y embalses, se caracterizan por el almacenamiento prolongado del recurso y corrientes de baja velocidad. Estos sistemas tienen un alto valor ecológico y sociocultural, y requieren largos tiempos de recuperación si son impactados por aguas no tratadas. En el contexto nacional, las lagunas altoandinas son especialmente frágiles, por lo que se debe evitar cualquier vertimiento no tratado en ellas.

La evaluación del impacto ambiental de un vertimiento en cuerpos lénticos debe considerar si se alcanzan los objetivos de calidad definidos por la Autoridad Ambiental, en función de la tasa de intercambio y la dilución que pueda ocurrir en la zona de mezcla. Esta evaluación también incluye la distancia a zonas de uso de agua para consumo, agricultura, recreación o acuicultura, así como estudios específicos del cuerpo de agua, como su batimetría y perfil de densidad. Además, se deben establecer características clave del vertimiento, como el caudal y la densidad del efluente.

Figura 20. Puma de dispersión vertimiento en un cuerpo léntico con estratificación



Fuente: Elaboración propia, 2024

Es fundamental conocer los volúmenes involucrados en el cuerpo léntico para determinar la proporción entre el volumen del vertimiento y el volumen total del agua. Esto dependerá de las características específicas de cada cuerpo de agua, como la presencia de fuentes tributarias y puntos de salida. Los estudios, caracterizaciones y modelaciones realizadas por la autoridad ambiental, junto con los criterios que esta establezca, serán determinantes en esta evaluación.

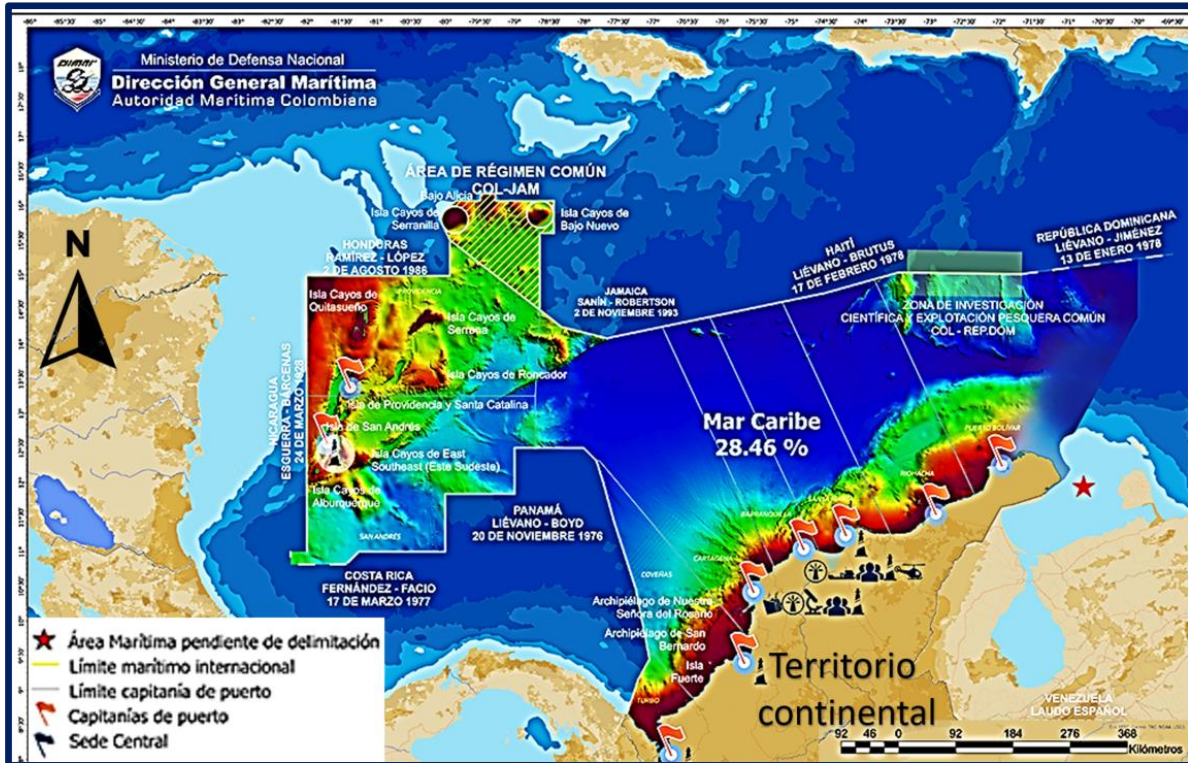
8.3.6.3 Cuerpos de Agua Marino Costeros

En Colombia, la batimetría de las costas es bastante uniforme (ver Figura 21 y Figura 22) y la ubicación ecuatorial de los dos mares confiere características particulares a los vertimientos al mar. Los principales factores que inducen la dilución de un vertimiento en un cuerpo marino costero incluyen el impulso de la descarga, las diferencias de densidad entre el vertimiento y las capas térmicas del agua salada, así como la dispersión horizontal causada por las corrientes marinas. La zona de mezcla es el área donde ocurre la dilución inicial sin intervención de procesos de sedimentación, químicos o microbiológicos. Otros aspectos importantes para este proceso son el caudal del vertimiento, el tipo de dispositivo de descarga (superficial o submarino) y el uso de difusores (único o múltiple).



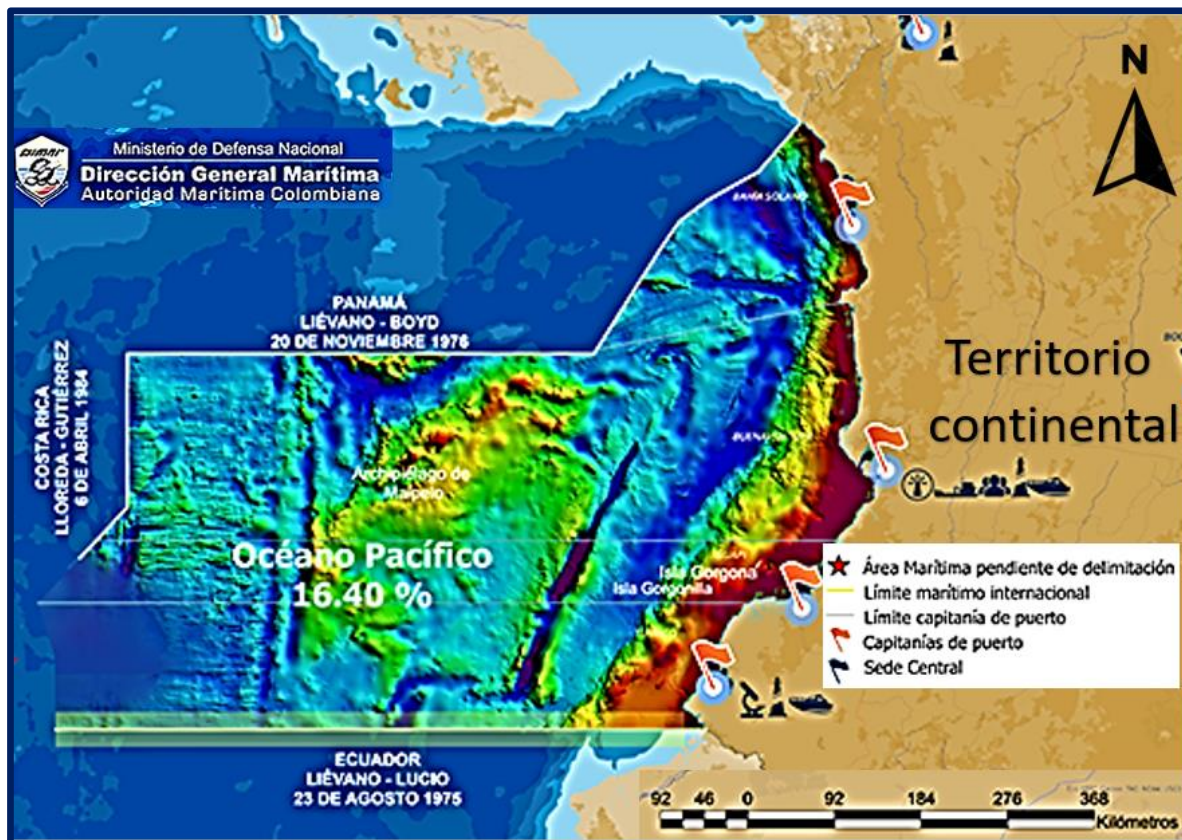
Ambiente

Figura 21. Cartografía submarina caribe.



Fuente: Ministerio de Defensa Nacional

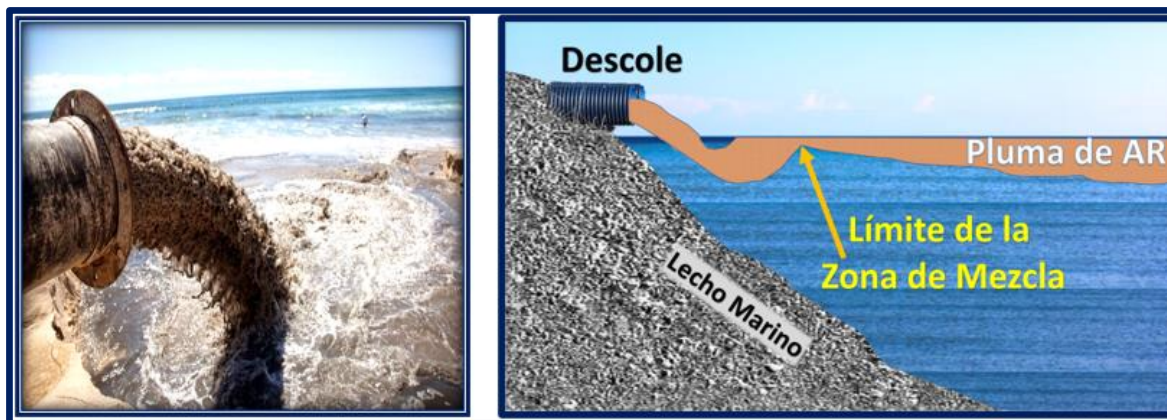
Figura 22. Cartografía submarina pacífico



Fuente: Ministerio de Defensa Nacional

Las aguas vertidas pueden tener dos orígenes en términos de densidad: pueden ser aguas dulces provenientes de procesos domésticos o industriales, o salmueras generadas por procesos de desalinización de agua marina, como la destilación por etapas múltiples (MSF). En los vertimientos realizados en la superficie del cuerpo de agua marina (cerca de la orilla o playa), la dilución inicial es provocada principalmente por el impulso del vertimiento al salir del dispositivo de descarga, alcanzando niveles de dilución bajos, en un rango de 1:3 a 1:10 (Autoridad Nacional del Agua - Perú, 2017) ver figura 23.

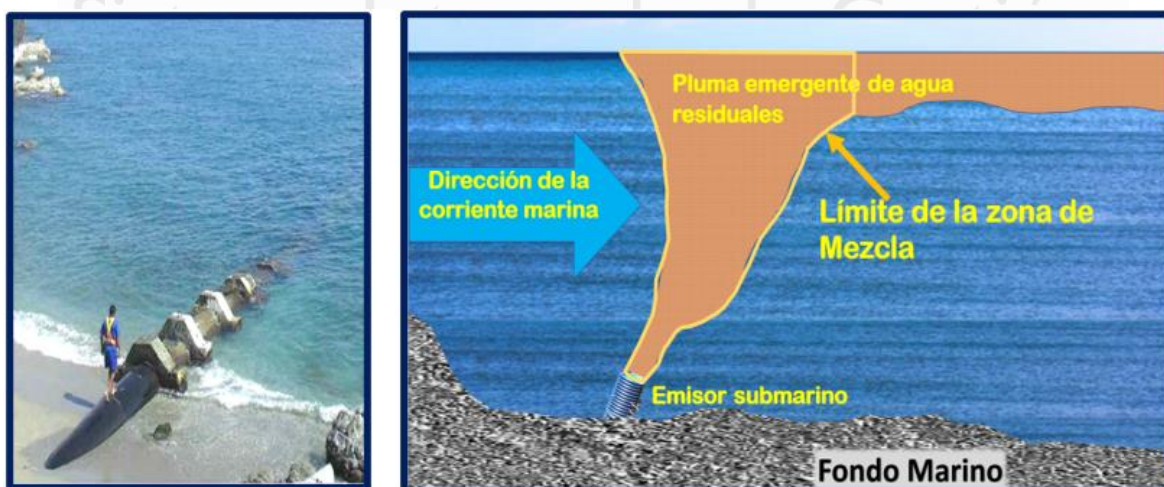
Figura 23. Zona de Mezcla Vertimiento de menor densidad en la superficie Marino-Costera.



Fuente: Guía Zona de Mezcla y evaluación del impacto, Perú.

Los Vertimientos a través de emisor submarino permiten diluciones importantes (cerca de 1:100), y generan menor impacto que los anteriores respecto de la calidad sanitaria y estética ver figura 24.

Figura 24. Zona de Mezcla Vertimiento de menor densidad en la superficie Marino-Costera.



Fuente: Guía Zona de Mezcla y evaluación del impacto, Perú.

En los vertimientos submarinos, la dilución ocurre debido a la fuerza ascensional generada por las diferencias de densidad entre las aguas vertidas y las del cuerpo receptor, con una diferencia aproximada de 0.0263 kg/L⁷. Esta fuerza

⁷ El valor normal de la densidad de aguas naturales marinas es aproximadamente 1,0258 kg/L;
El valor normal de la densidad de aguas residuales tratadas doméstico- municipales es aprox.

impulsa el agua vertida hacia la superficie a través de una columna en el cuerpo receptor, siguiendo la dirección de las corrientes submarinas locales (ver figura 25). La dilución máxima se alcanza en la superficie o en el punto más alto al que ascienden las aguas vertidas.

Figura 25. Dirección General de las corrientes marítimas mundiales.



Fuente: Colombia verde.

Para los cuerpos de aguas continentales lénticos, el cálculo se realiza a partir de la relación del caudal promedio vertido expresado en volumen y el caudal promedio del cuerpo de agua receptor expresado en volumen, para una misma unidad de tiempo definida, en la cual se hace el vertimiento, de conformidad con los estudios, caracterizaciones y/o modelaciones realizadas por parte de la autoridad ambiental y los criterios que esta determine.

Para las aguas marinas, el cálculo se realiza a partir de la relación del caudal promedio vertido expresado en volumen y el volumen promedio afectado de las aguas marinas, para una misma unidad de tiempo definida, el cual dependerá entre otras variables de la distancia, la longitud de mezcla, la profundidad en la cual se hace el vertimiento, de acuerdo con los estudios, caracterizaciones y/o

0,9995 kg/L

modelaciones realizadas por parte de la autoridad ambiental y los criterios que esta determine.

El cálculo de la relación en aguas continentales lenticas y aguas marinas o costeras se expresa de la siguiente manera:

$$R_V = \left(\frac{V_{ver}}{V_r} \right)$$

Donde:

V_{ver} : Volumen promedio del Vertimiento.

V_r : Volumen promedio de las aguas continentales lénticas o aguas marinas.

Teniendo en cuenta las fórmulas para expresar las relaciones de caudales en aguas continentales lóaticas R_Q y aguas continentales lenticas o aguas marinas R_V vistas previamente, en las siguientes tablas (Ver Tabla 13 y Tabla 14) se presentan los valores que toma el **Coficiente de Relación (C_R)** para estos tipos de aguas.

Tabla 13. Valor numérico del CR según los rangos del R_Q .

Rango R_Q	clasificación de R_Q	Valor Numérico C_R
$\geq 0.0 - 0.2 \leq$	Buena	1,00
$> 0.2 - 0.4 \leq$	Aceptable	2,12
$> 0.4 - 0.6 \leq$	Regular	3,25
$> 0.6 - 0.8 \leq$	Mala	4.37
$> 0.8 - 1.0 \leq$	Muy mala	5,50

Fuente: Elaboración Propia 2024

Tabla 14. Valor numérico del CR según los rangos del R_V .

Rango R_V	Clasificación de R_V	Valor Numérico C_R
$\geq 0.0 - 0.2 \leq$	Buena	1,00
$> 0.2 - 0.4 \leq$	Aceptable	2,12
$> 0.4 - 0.6 \leq$	Regular	3,25
$> 0.6 - 0.8 \leq$	Mala	4.37

>0.8 – 1.0<=	Muy mala	5,50
---------------------------	-----------------	-------------

Fuente: Elaboración Propia, 2024

8.3.7 Coeficiente de Biodegradabilidad (C_B)

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre uno y cinco punto cinco ($1 \leq C_B \leq 5.5$).

Este coeficiente relaciona los parámetros o sustancias contaminantes vertidas e indica si son de tipo orgánico o inorgánico, se determina a partir de la relación de concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en el vertimiento, con la siguiente expresión.

Donde:

$$R_B = \left(\frac{DBO_5}{DQO} \right)$$

DBO_5 : Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (mgO_2/L).

DQO : Concentración de la demanda química de oxígeno (mgO_2/L).

Los vertimientos contienen diversos componentes orgánicos con diferentes niveles de biodegradabilidad, lo que es crucial para seleccionar el tratamiento adecuado. Para ello, es fundamental conocer el contenido biodegradable del efluente, ya que parámetros convencionales como la DBO_5 , los SST y el nitrógeno total no son suficientes para determinar la biodegradabilidad, especialmente cuando el efluente contiene componentes industriales no identificados. En estos casos, la DBO_5 , que solo refleja una parte del contenido orgánico, puede no ser una medida adecuada.

La DQO (Demanda Química de Oxígeno) mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica de manera química, transformándola en dióxido de carbono y agua. En vertimientos industriales, los valores de la DQO pueden variar entre 50 y 2000 mgO_2/l , y en algunos casos superar los 5000 mgO_2/l , dependiendo de la naturaleza de los componentes industriales. Por su parte, la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) indica la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos durante la degradación biológica de la materia orgánica. Este valor también depende de la temperatura, y se mide estándar a $20^\circ C$, denominándose DBO_5 .

La materia orgánica biodegradable se compone principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas animales, y su degradación es evaluada mediante los parámetros DBO y DQO. Estos parámetros son esenciales para evaluar la calidad del agua y el impacto de los vertimientos en los recursos hídricos. Si los vertimientos no se tratan adecuadamente, pueden agotar los recursos naturales de oxígeno y generar condiciones sépticas. Es importante señalar que, en términos generales, la DQO debe ser numéricamente mayor que la DBO, ya que algunas sustancias son susceptibles de oxidarse químicamente pero no biológicamente, ver Tabla 15.

La relación (DBO_5/DQO) proporciona importantes indicios del nivel de contaminación del vertimiento. Si la relación $[DBO_5/DQO] < 0.2$ se puede inducir que el vertimiento tiene compuestos derivados de actividades industriales. Si la relación $[DBO_5/DQO] > 0.5$ se puede inferir que el vertimiento es prioritariamente compuesto de residuos domiciliarios y es fácilmente biodegradable. Sin embargo, la determinación de la disposición de tratamientos con sistema biológico, se pueden determinar más exactamente de la relación de biodegradabilidad acorde con lo indicado en la Tabla 15.

Tabla 15. Degradación biológica de compuestos orgánicos con el Índice de Biodegradabilidad

DBO_5/DQO	Biodegradabilidad del agua residual
> 0.4	Muy Biodegradable
0.3 – 0.4	Baja Biodegradabilidad
< 0.3	No biodegradable

Fuente: (Metcalf & Eddy, INC., 2000)

Tabla 16. Criterios de Biodegradabilidad según la relación DBO₅/DQO

DBO ₅ /DQO	Carácter
> 0.8	Muy Biodegradable
0.7 – 0.8	Biodegradable
0.3 – 0.7	Poco Biodegradabilidad
< 0.3	No biodegradable

Fuente: (Ardila et al. 2012)

Las aguas residuales cuyos componentes son biodegradables y no tóxicos, con una alta relación DBO₅/DQO (entre 0.55 y 0.70), tienen una alta posibilidad de ser tratadas biológicamente. Por el contrario, las aguas con una relación baja indican una mayor proporción de compuestos no degradables, lo que implica que estos llegarán a la planta convencional sin haberse degradado previamente (Menéndez Gutiérrez & Pérez Olmo, 2007, pág. 82).

En general, los compuestos con alta masa molecular o estructuras complejas son no biodegradables o de difícil degradación. En estos casos, es más recomendable utilizar métodos fisicoquímicos de tratamiento, ya que los procesos biológicos no serían eficaces para tratar estos compuestos de manera adecuada.

A continuación, se presente la Tabla 17, donde se relacionen las principales diferencias entre el parámetro de DQO y DBO.

Tabla 17. Características DQO y DBO₅

	DQO	DBO
Defunciones	Cantidad de oxígeno necesario para la oxidación total de la materia orgánica.	Cantidad de oxígeno consumido por microorganismos durante la descomposición de la materia orgánica en condiciones aeróbicas.
Tiempos utilizados	Variable mínimo, 2 horas.	Tarda 5 días para poder determinarse.
Capacidad de Oxidación	Degrada los residuos industriales.	Puede oxidar naturalmente los

		detritus y los desechos orgánicos en el agua.
Metodología	Se determina incubando la muestra con un oxidante combinado con ácido sulfúrico en ebullición, bajo condiciones determinadas de temperatura y tiempo.	Se determina incubando la muestra a una temperatura de 20°C durante 5 y metiendo el Oxígeno al inicio y al final de la incubación.
Descomposición	Proceso de Oxidación Química.	Proceso de Oxidación Biológica.

Fuente: Hanna instruments, 2024.

Conocer el tipo de contaminación presente en el agua residual es esencial para seleccionar el tratamiento más adecuado. En general, los contaminantes orgánicos biodegradables son fácilmente removibles, siempre y cuando no se encuentren en concentraciones excesivas. En cambio, los contaminantes orgánicos no biodegradables, como los hidrocarburos, pesticidas o productos aromáticos, representan un desafío significativo para las plantas de tratamiento convencionales.

La relación DBO₅/DQO es un indicador clave de la biodegradabilidad del agua residual. Si esta relación es inferior a 0.3, no se recomienda utilizar tratamientos biológicos, ya que no serán efectivos. En estos casos, es necesario realizar un análisis más detallado del tipo de agua residual para determinar el tratamiento más adecuado, que en la mayoría de los casos involucra procesos fisicoquímicos específicos según las características del efluente.

De manera complementaria se realizó la revisión de la relación de biodegradabilidad considerando lo establecido en las resoluciones 631 de 2015 y 883 de 2018, lo cual sirvió como insumo para establecer los rangos y clasificaciones:

Teniendo en cuenta la fórmula para expresar las entre DBO₅ y DQO, en la siguiente tabla (Ver Tabla 18) se presentan los valores que toma el **Coficiente de Biodegradabilidad (C_B)** dependiendo el nivel de biodegradabilidad del vertimiento.

Tabla 18. Valor numérico del CB según los rangos del RB.

R _B	Carácter R _B	Valor Numérico C _B
>0.6 – 0.8<=	Muy biodegradable	1,00
>0.4 – 0.6<=	Biodegradable	2,50
>0.2 – 0.4<=	Poco biodegradable	4,00
>=0.0 – 0.2<=	No biodegradable	5,50

Fuente: Elaboración propia, 2024.

8.3.8 Cálculo de la Variable Socioeconómica.

Esta variable está asociada a las condiciones sociales y económicas de los distintos municipios del país, ya que ayuda a comprender las limitaciones en términos poblacionales y financieros que enfrentan. Esto permite crear una diferenciación socioeconómica a nivel municipal al momento de implementar la TRVP, de modo que las poblaciones más desfavorecidas no se vean perjudicadas de manera significativa, el cálculo de la variable socioeconómica se define por la siguiente expresión:

$$V_S = ((C_{CM} * 0.1) + (C_{NBI} * 0.1))$$

Donde:

C_{CM}: Coeficiente de categorización municipal.

C_{NBI}: Coeficiente de Necesidades Básicas Insatisfechas NBI.

8.3.9 Coeficiente de Categorización Municipal (C_{CM}).

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre uno y cinco punto cinco ($1 \leq C_{CM} \leq 5.5$).

Este coeficiente corresponde a la categoría del municipio donde se realiza el vertimiento, definida por la Contaduría General de la Nación.

Para efectos de determinar la categoría del municipio se deberá tener en cuenta los criterios contenidos en el Decreto 2106 de 2019 o la norma que lo derogue, modifique o sustituya.

La estimación de la categoría municipal en Colombia se basa en los Ingresos Corrientes de Libre Destinación (ICLD) y la población de cada municipio. Existen siete categorías, que van de la sexta a la primera, además de una categoría especial. Según el artículo 320 de la Constitución Política, la ley puede establecer categorías de municipios según su población, recursos fiscales, importancia económica y situación geográfica. Esta disposición fue reglamentada por la Ley 136 de 1994 y modificada por la Ley 1551 de 2012, que define las siete categorías: Especial, Primera, Segunda, Tercera, Cuarta, Quinta y Sexta.

Los Ingresos Corrientes de Libre Destinación incluyen los ingresos tributarios y no tributarios, excluyendo aquellos destinados a fines específicos por ley o acto administrativo. La importancia económica se refiere al Producto Interno Bruto (PIB) del municipio en comparación con el de su departamento, y es calculada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Además, los municipios fronterizos con una población superior a 70,000 habitantes deben ser como mínimo de cuarta categoría.

Cada alcalde municipal debe determinar anualmente la categoría de su municipio mediante un decreto, basándose en los certificados emitidos por el Contralor General de la República y el DANE, que consideran los cuatro criterios de categorización mencionados.

Las siete categorías de municipios y sus características son las siguientes, de acuerdo con el artículo 6 de la Ley 136 de 1994⁸:

Tabla 19. Rangos de las Categorías municipales por ICLD y Población

CATEGORIA	POBLACIÓN	INGRESOS CORRIENTES DE LIBRE DESTINACIÓN (SMLM)
Especial	>= 500.001 Hab	> 400.000
Primera	100.001 – 500.000	100.000 – 400.000

⁸ En línea: <https://www.construyendomeritos.com/blog/con-base-a-que-criterios-se-establece-la-categoria-de-un-municipio-en-colombia>



Ambiente



Segunda	50.001 – 100.000	50.000 – 100.000
Tercera	30.001 – 50.000	30.000 – 50.000
Cuarta	20.001 – 30.000	25.000 – 30.000
Quinta	10.001 – 20.000	15.000 – 25.000
Sexta	= <10.000	= <15.000

Fuente: (Contaduría General de la Nación, 2024)

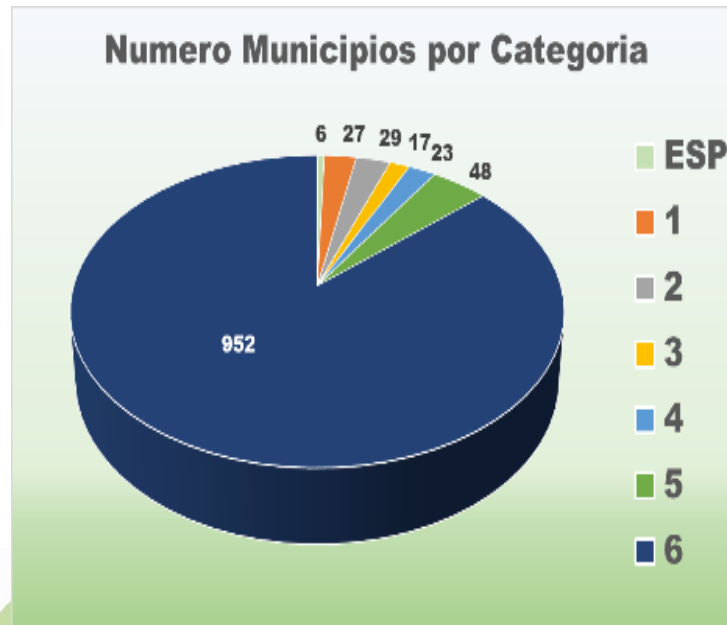
En el país el número de municipios en cada una de ellas indica el impacto del índice en la tasa dada la distribución en cada categoría ver tabla 20.

Tabla 20. Número de municipios por categoría.

Categoría del Municipio	Numero Municipios
ESP	6
1	27
2	29
3	17
4	23
5	48
6	952

Fuente: (Contaduría General de la Nación, 2024)

Tabla 21. Número de municipio por Categoría.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Teniendo en cuenta la Tabla 22 donde se presentan las Categorías Municipales, los valores que toma el **Coefficiente de Categorización Municipal (C_{CM})** se presenta en la siguiente tabla 22:

Tabla 22. Valor Numérico del CCM según la categorización municipal.

Categoría Municipal	Valor Numérico C_{CM}
Especial	5,50
Primera	4,75
Segunda	4,00
Tercera	3,25
Cuarta	2,50
Quinta	1,75
Sexta	1,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

8.3.10 Coeficiente de Necesidades Básicas Insatisfechas C_{NBI} .

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre uno y cinco punto cinco ($1 \leq C_{NBI} \leq 5.5$).

Este coeficiente se determina de acuerdo con el porcentaje de población en calidad de necesidades básicas insatisfechas (NBI) del municipio donde se localiza el punto de descarga, determinado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.

El Factor asociado a la condición de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se basa en la distribución de personas en NBI (%), proporcionada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en la actualización para el año base de estudio (2022) (DANE, 2024). Este indicador, ampliamente utilizado en América Latina, tiene la ventaja de identificar si las necesidades básicas de la población no están cubiertas, utilizando componentes sencillos. Desarrollado en la década de 1980 por un grupo de científicos sociales y promovido por la CEPAL, el NBI ha sido aplicado en Colombia desde finales de esa década, principalmente para la asignación de transferencias presupuestales.

En resumen, el NBI permite identificar las condiciones de pobreza y miseria en los hogares y las personas, mediante varios componentes, los cuales están detallados en la tabla siguiente.

Tabla 23. *Necesidades básicas, dimensiones y variables censales*

Necesidades Básicas	Dimensiones	Variables Censales
Acceso a vivienda	a) Calidad de la Vivienda	Materiales de construcción utilizados en piso, paredes y techo.
	b) Hacinamiento	i) Número de personas en el hogar. ii) Número de cuartos en la vivienda.
Acceso a servicios sanitarios	a) Disponibilidad de agua potable	i) Fuente de abastecimiento de agua en la vivienda.
	b) Tipo de eliminación de excretas	i) Disponibilidad de servicio sanitario

		ii) Sistema de eliminación de excretas
Acceso a educación	Asistencia de los niños en edad escolar en un establecimiento educativo.	i) Edad de los miembros del hogar ii) Asistencia a un establecimiento educativo
Capacidad económica	Probabilidad de insuficiencia de ingresos en el hogar.	i) Edad de los miembros del hogar ii) Último nivel educativo aprobado iii) Número de personas en el hogar iv) Condición de actividad

Fuente: CEPAL / PNUD (1989)⁹.

El método de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) evalúa diversas condiciones de vulnerabilidad social y ha sido aplicado ampliamente en América Latina. Entre los componentes evaluados se incluyen:

1. **Viviendas inadecuadas:** Se consideran aquellas que no cumplen con las condiciones mínimas para alojar personas, como viviendas móviles, ubicadas en refugios naturales o bajo puentes, o aquellas con paredes de materiales precarios o pisos de tierra.
2. **Hacinamiento crítico en hogares:** Este componente mide la ocupación de los recursos del hogar, evaluando el número de personas por habitación.
3. **Inasistencia escolar en niños:** Se refiere a hogares donde uno o más niños entre 7 y 11 años no asisten a un centro educativo formal.

⁹ En línea: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/da8d48c5-0807-4bd1-b330-c0a9e1566e02/content>

4. **Alta dependencia económica:** Identifica hogares con más de tres personas por miembro ocupado, donde el jefe de hogar ha alcanzado como máximo dos años de educación primaria.

En 2021, el DANE actualizó los datos del NBI debido a la falta de precisión en las mediciones previas de 2005, que se basaron en una muestra de viviendas, en comparación con la encuesta de 2018 que incluyó todos los hogares. Esta actualización corrigió la subestimación, especialmente en áreas menores, donde fenómenos como la cohabitación de varios hogares en una misma vivienda no eran reflejados adecuadamente. Como resultado, la estimación del porcentaje de la población con NBI aumentó ligeramente del 14,13% al 14,28%, garantizando mayor consistencia en los datos a nivel de desagregación alta. Sin embargo, en áreas menores, el indicador puede verse afectado debido al peso relativo de un hogar o persona dentro de un subgrupo de estudio.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y el porcentaje de personas en condiciones de NBI según los reportes del DANE, los valores que toma el **Coficiente de Necesidades Básicas Insatisfechas (CNBI)** se presentan en la siguiente tabla 24

Tabla 24. Valor Numérico del CNBI según el porcentaje de personas en NBI.

Necesidades Básicas Insatisfechas	Valor Numérico CNBI
$\geq 0\% - 20\% \leq$	5,50
$> 20\% - 40\% \leq$	4,37
$> 40\% - 60\% \leq$	3,25
$> 60\% - 80\% \leq$	2,12
$> 80\% - 100\% \leq$	1,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

8.3.11 Cálculo de la Variable Económica.

Esta variable aplica únicamente a los prestadores de servicios público de alcantarillado y contempla el valor numérico del porcentaje de avance en los proyectos de inversión en descontaminación hídrica, establecidos en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV el que lo adicione modifique o sustituya, los cuales deben estar articulados e incluidos en el plan de inversiones tarifario, o el que haga sus veces, a cargo del prestador y según lo

definido por el prestador, el cálculo de la variable económica se expresa de la siguiente forma:

$$V_E = (C_{CI} * 0,25) + (C_{EV} * 0,25) + (C_{DS} * 0,10) + (C_{CS} * 0,40)$$

Donde:

C_{CI} : Coeficiente de construcción de Interceptores y/o emisarios finales.

C_{EV} : Coeficiente de eliminación de puntos de vertimiento.

C_{DS} : Coeficiente de estudios y diseños de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

C_{CS} : Coeficiente de construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

El valor de la variable económica no será inferior a 0.00 y no superará el 1.00. Así mismo, los diferentes valores de los coeficientes incluidos en su fórmula de cálculo se expresarán en dos cifras decimales.

8.3.12 Coeficiente de construcción de Interceptores y/o emisarios finales (C_{CI})

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre cero y uno ($0 \leq C_{CI} \leq 1$).

Este coeficiente se determina por el porcentaje de avance en la ejecución de los proyectos de inversión en descontaminación hídrica enfocados en la construcción de interceptores y/o emisarios finales.

Los interceptores y emisarios finales son infraestructuras fundamentales para el saneamiento y control de aguas residuales. Los interceptores, tuberías de gran capacidad, recogen aguas residuales de diferentes puntos de una zona y las transportan a plantas de tratamiento, mientras que los emisarios finales descargan el agua tratada en cuerpos receptores como ríos o mares, cumpliendo con normas de calidad para minimizar el impacto ambiental. Estos sistemas son esenciales para la descontaminación hídrica, ya que reducen la contaminación en cuerpos de agua naturales al gestionar las aguas residuales de forma segura.

En términos técnicos, estos sistemas se diseñan con capacidad de carga suficiente y materiales resistentes a la corrosión para asegurar su durabilidad. Los emisarios finales están calculados en longitud y profundidad para dispersar adecuadamente el agua tratada y minimizar su impacto en la biodiversidad. En

ciudades colombianas como Bogotá y Medellín, estos sistemas han avanzado a través de proyectos como el sistema de interceptores del río Bogotá y el Proyecto Interceptor Sur de EPM, mejorando la calidad del agua y generando beneficios ambientales y de salud pública (Acueducto de Bogotá, 2023; EPM, 2023).

Estos proyectos de infraestructura forman parte de una estrategia nacional alineada con el Plan Nacional de Desarrollo y otros compromisos ambientales, y continúan expandiéndose en ciudades como Armenia, donde se registra un avance del 33% en la construcción del Emisario Final la Florida (EPA, 2023). Aunque son inversiones de alto costo, representan beneficios a largo plazo para la protección de los recursos hídricos y el bienestar de las comunidades.

8.3.13 Coeficiente de eliminación de puntos de vertimiento (C_{EV}).

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre cero y uno ($0 \leq C_{EV} \leq 1$).

Este coeficiente se determina por el porcentaje de avance en la ejecución de los proyectos de inversión en descontaminación hídrica enfocados en la eliminación de puntos de vertimiento.

La eliminación de puntos de vertimiento es crucial para reducir la contaminación hídrica en Colombia. Consiste en clausurar o reubicar los puntos donde las aguas residuales sin tratamiento adecuado son vertidas en cuerpos de agua superficiales. Este proceso mejora la calidad del agua mediante la reducción de contaminantes como sólidos suspendidos y materia orgánica. Para ello, se requieren tecnologías de tratamiento adaptadas a las características específicas de cada fuente de contaminación, así como un monitoreo constante de la calidad del agua y los vertimientos.

Técnicamente, el proceso implica identificar los puntos de vertimiento, evaluar su impacto ambiental y buscar alternativas para su tratamiento o reubicación. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) deben establecer parámetros de calidad para mitigar el impacto de los vertimientos. Un ejemplo es el programa implementado por CORTOLIMA en Tolima, que busca reducir los vertimientos y optimizar el tratamiento de aguas residuales para cumplir con la Resolución No. 631 de 2015 (CORTOLIMA, 2018).

En ciudades como Armenia, se han eliminado 28 puntos de vertimiento como parte de un proyecto en el río Quindío, mejorando la calidad del agua y beneficiando a la comunidad local (Alcaldía de Armenia, 2024). Este tipo de

proyectos es parte de un esfuerzo nacional para reducir los vertimientos no tratados, lo que requiere inversión y compromiso de las autoridades ambientales.

El progreso también se observa en otras regiones del país, donde las CAR han intensificado el monitoreo y las sanciones, especialmente en sectores industriales y agropecuarios. En Cundinamarca, por ejemplo, se han logrado mejoras en la calidad del agua al trabajar con empresas locales para reducir contaminantes como DBO5 y SST, lo que ha beneficiado las aguas receptoras.

A pesar de los avances, Colombia sigue enfrentando desafíos, especialmente en áreas con limitados recursos financieros y tecnológicos. Las autoridades tienen planes para establecer metas más estrictas y mejorar el monitoreo en regiones altamente industrializadas y en cuencas hidrográficas que abastecen grandes ciudades. Proyectos como el de la Cuenca del Río Bogotá han demostrado que, con la inversión adecuada, se pueden lograr mejoras significativas en la calidad del agua a nivel regional.

Para garantizar la sostenibilidad de estos esfuerzos, se promueve la participación comunitaria en la vigilancia de los vertimientos y el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo, como sensores en línea, que mejoran la efectividad de las políticas de control de contaminación (CORTOLIMA, 2018).

8.3.14 Coeficiente de estudios y diseños de sistemas de tratamiento de aguas (C_{DS}).

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre cero y uno ($0 \leq C_{DS} \leq 1$).

Este coeficiente se determina por el porcentaje de avance en la ejecución de los proyectos de inversión en descontaminación hídrica enfocados en los estudios y diseños de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los estudios y diseños de sistemas de tratamiento de aguas residuales son fundamentales para reducir la contaminación en cuerpos de agua, enfocándose en la identificación de parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), sólidos suspendidos y sustancias tóxicas. El objetivo es desarrollar sistemas que cumplan con la normativa ambiental, como la Resolución 0631 de 2015 en Colombia. El proceso comienza con un análisis detallado de la calidad y el caudal de las aguas residuales, lo que permite seleccionar tecnologías

adecuadas para cada contexto, como lodos activados en áreas urbanas o humedales artificiales en zonas rurales.

La modelación hidráulica es clave para optimizar el diseño de los componentes del sistema, asegurando su eficiencia operativa. Además, se realizan evaluaciones de costo-beneficio e impacto ambiental, especialmente importantes en Colombia debido a su diversidad geográfica. Proyectos como el de descontaminación del río Bogotá han avanzado en el diseño de plantas de tratamiento, mientras que en otras cuencas como el río Medellín y el río Cauca también se llevan a cabo estudios para reducir los vertimientos industriales y domésticos (EPM, 2020).

A pesar de los avances en el diseño de sistemas de tratamiento y la reducción de puntos de vertimiento no controlado, persisten desafíos financieros y de mantenimiento, especialmente en regiones menos desarrolladas, donde se requiere una inversión sostenida para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.

8.3.15 Coeficiente de construcción de sistemas de tratamiento (Ccs).

Este coeficiente tendrá un rango de variación entre cero y uno ($0 \leq C_{CS} \leq 1$).

Este coeficiente se determina por el porcentaje de avance en la ejecución de los proyectos de inversión en descontaminación hídrica enfocados en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales

La construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia es clave para la descontaminación hídrica. Estos sistemas, que incluyen tratamientos primario, secundario y terciario, son diseñados para remover contaminantes y mejorar la calidad del agua en cuerpos naturales. En zonas urbanas se utilizan tecnologías avanzadas, como sistemas de membranas, mientras que en áreas rurales se opta por soluciones más económicas, como las lagunas de estabilización. La implementación de estos sistemas ha aumentado, especialmente debido a la necesidad de cumplir con regulaciones ambientales más estrictas y con las metas de la Agenda 2030 de los ODS.

Estos sistemas no solo mejoran la calidad del agua, sino que también tienen un impacto positivo en la salud pública y el desarrollo económico al prevenir enfermedades y permitir la reutilización de aguas tratadas para diversos usos.

Sin embargo, persisten desafíos en regiones con infraestructura limitada, donde se requieren inversiones constantes y una supervisión adecuada para garantizar la eficiencia de las plantas de tratamiento. La colaboración entre autoridades y gobiernos locales es fundamental para su éxito, y se espera que el impacto positivo de estos sistemas siga creciendo en Colombia, promoviendo la sostenibilidad de los recursos hídricos.

8.3.15.1 Valor Acumulativo de la Variable Económica.

El porcentaje de avance de los proyectos de inversión en descontaminación hídrica, establecidos en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), se calcula de manera acumulativa. Esto significa que, cada año, el valor del factor económico se incrementa conforme a los avances en los proyectos. En el primer año, se calcula un valor (por ejemplo, 0,15) que se resta del factor de sostenibilidad. Este valor se acumula, y en el segundo año, el valor mínimo que se restará será 0,15, pero si el avance es mayor (por ejemplo, 0,24), ese nuevo valor es el que se resta al factor de sostenibilidad. El proceso continúa año tras año hasta que los proyectos se completen, alcanzando un valor acumulado de 1.

Es crucial señalar que el valor acumulado no es una suma de los avances de cada año, sino que refleja el progreso más reciente de los proyectos. Cada nuevo valor reemplaza al anterior en el cálculo del factor de sostenibilidad, incentivando el avance continuo y responsable en los proyectos de descontaminación hídrica.

Teniendo en cuenta los porcentajes de avance de cada uno de los proyectos presentados anteriormente, los valores que toman los coeficientes de estos mismos **C_{CI}** **C_{EV}** **C_{DS}** **C_{CS}** se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Valor numérico del CCI CEV CDS CCS según los porcentajes de avances en cada proyecto de inversión.

Avance de ejecución entre	Valor Numérico <i>C_{CI}, C_{EV}, C_{DS}, C_{CS}</i>
$\geq 0\% - 20\% \leq$	0
$> 20\% - 40\% \leq$	0,25

> 40% - 60% <=	0,50
> 60% - 80% <=	0,75
> 80% - 100% <=	1,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

8.4 Sistema y Método para el cálculo del Ajuste del Factor Regional.

Como se evidencian en las Tablas 11, 12, 13, 14, 22, 24 y 25 los coeficientes tienen un valor numérico determinado según el rango o categoría de cada uno de los parámetros que acompañan al Factor Regional. Además, como se observa en las fórmulas de las variables ambiental, socioeconómica y económica, cada coeficiente está multiplicado por un porcentaje. Para la creación de estos rangos, los valores numéricos de los coeficientes y las ponderaciones se definieron utilizando diversas metodologías matemáticas y estadísticas.

8.4.1 Ponderación de las variables y parámetros.

El factor regional se compone de nueve coeficientes distribuidas en tres variables, ambiental, socioeconómico y económico, para los cuales se asignan ponderaciones mediante diversas metodologías. Se analizan tres métodos para calcular estas ponderaciones:

4.1.1.1.1 Método de ponderación por Regresiones Lineales.

El método de ponderación mediante cálculos de regresiones lineales permite analizar la relación entre variables independientes y una variable dependiente, asignando ponderaciones basadas en los coeficientes resultantes de la regresión. Para el ejercicio en cuestión, se realizó una regresión lineal utilizando la fórmula definida en el segundo paso.

$$FR = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 C_{ICA} + \hat{B}_2 C_R + \hat{B}_3 C_B + \hat{B}_4 C_{CM} + \hat{B}_5 C_{NBI} - \hat{B}_6 C_{CI} + \hat{B}_7 C_{EV} + \hat{B}_8 C_{DS} + \hat{B}_9 C_{CS}$$

Donde

B_i : Pesos de los coeficientes que da la regresión para asignar la ponderación de las variables.

Sin embargo, con los datos obtenidos de distintas Autoridades Ambientales, los resultados obtenidos a través de este método no fueron los esperados. Los

coeficientes que acompañaban a las variables no reflejaban adecuadamente la importancia relativa que se buscaba asignarles, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 26. Coeficiente de ponderación utilizando el método de regresión lineal

```

coefficients:
      Estimate Std. Error    t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.000e+01  3.448e-14  2.900e+14  <2e-16 ***
CM           -1.192e-15  9.504e-16  -1.255e+00  0.210
NBI           6.072e-16  6.180e-15  9.800e-02  0.922
ICA          -1.049e-15  1.844e-15  -5.690e-01  0.569
RB           -3.280e-16  1.404e-15  -2.340e-01  0.815
RQ            1.616e-16  1.460e-15  1.110e-01  0.912
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Fuente: Elaboración propia. 2024.

Donde la columna *Estimate* indica los coeficientes para cada variable.

Debido a esta incongruencia, se decidió descartar este método para la elaboración de las ponderaciones de las variables.

8.4.1.1 Método de Procesos de Jerarquía Analítica.

El Análisis Jerárquico (AHP) es un método que asigna ponderaciones a variables mediante una relación de priorización, considerando aspectos tanto cuantitativos como cualitativos. Para el nuevo factor regional, que consta de nueve coeficientes, se construyó una matriz de pesos con los cinco de la variable ambiental y socioeconómica. En este proceso, se otorgó mayor prioridad a los coeficientes ambientales, especialmente al Coeficiente de Biodegradabilidad C_B , debido a que esta depende directamente del agente contaminador y no de la fuente receptora.

Tabla 26. Matriz de pesos de las variables.

	C_{ICA}	C_B	C_R	C_{CM}	C_{NBI}
C_{ICA}	1	5	5	7	9
C_B	1/5	1	5	5	7
C_R	1/5	1/5	1	3	5
C_{CM}	1/7	1/5	1/3	1	2
C_{NBI}	1/9	1/7	1/5	1/2	1

Fuente: Elaboración Propia. 2024.

Al aplicar el proceso de Análisis Jerárquico en el software estadístico R-Studio, se obtuvieron las siguientes ponderaciones para las variables:

Tabla 27. Ponderaciones del método AHP. Elaboración propia. 2024.

C_{ICA}	C_R	C_B	C_{CM}	C_{NBI}
0,1076	0,2547	0,5533	0,0518	0,0326

Aunque los resultados obtenidos fueron parcialmente acordes con las expectativas, el componente socioeconómico recibió un peso muy bajo, alrededor del 9%, lo cual contradice el objetivo de reflejar la diversidad social y económica de los municipios. Como resultado, este método de ponderación fue descartado como principal.

8.4.1.2 Método Participativo de Pponderación.

Este método, similar al AHP, asigna los pesos de los coeficientes mediante un proceso participativo en el que expertos analizan cualitativamente cada parámetro y coeficiente. Se decidió que la variable ambiental tendría un peso del 80% en la fórmula, dado que la Tasa Retributiva se enfoca en problemas ambientales, mientras que la variable socioeconómica representaría el 20%, debido a su menor variabilidad con el tiempo. Dentro de la variable ambiental, se otorgó el mayor peso al coeficiente de biodegradabilidad (C_B), ya que depende directamente del usuario y refleja el objetivo de controlar los vertimientos. Los otros dos coeficientes ambientales relacionados con la fuente recibieron el mismo peso, para evitar penalizar a usuarios según las condiciones de la fuente. En la variable socioeconómica, se equilibraron los coeficientes de Categorización Municipal y Necesidades Básicas Insatisfechas, otorgándoles igual peso. Finalmente, el equipo propuso tres alternativas de ponderación, una vez vistos los resultados de evaluación económica y facturación se tomó la propuesta 1.

Tabla 28. Ponderaciones del método de participación.

	VARIABLE AMBIENTAL			VARIABLE SOCIOECONOMICA	
	80%			20%	
	C_{ICA}	C_B	C_R	C_{CM}	C_{NBI}

Propuesta 1	16%	48%	16%	10%	10%
Propuesta 2	20%	40%	20%	10%	10%
Propuesta 3	25%	30%	25%	10%	10%

Fuente: Elaboración propia. 2024.

Aunque existen otras metodologías que podrían utilizarse para definir las ponderaciones de los coeficientes del Nuevo factor regional, estas requieren procesos estadísticos más robustos y una mejora significativa en la calidad de los datos. Por esta razón, no se consideraron otras metodologías para definir la ponderación.

8.4.2 Establecimiento de rangos de los parámetros.

Una vez definidas las ponderaciones de las variables, el siguiente paso es establecer rangos para interpretarlas con mayor facilidad. Estos rangos ayudan a simplificar la toma de decisiones y son útiles para las autoridades ambientales, ya que eliminan la necesidad de aplicar una fórmula específica a cada dato. Existen diferentes metodologías basadas en teorías para la creación de rangos según el tipo de datos, y se selecciona la más adecuada para la fórmula en cuestión. Este enfoque busca optimizar el proceso de análisis y mejorar la comprensión de los resultados.

8.4.2.1 Metodología de Intervalos por Percentiles

La metodología de intervalos por percentiles divide los datos en segmentos según su distribución, utilizando percentiles como el 20%, 60% y 80% para marcar los límites de cada intervalo. Este enfoque es útil cuando los datos no siguen una distribución uniforme, ya que permite agruparlos de manera que cada intervalo contenga un porcentaje fijo de los datos. Sin embargo, al aplicarlo en la fórmula del Nuevo factor regional, puede generar errores si los intervalos no representan de manera precisa el comportamiento real de los coeficientes. Esto se debe a que los intervalos, al depender de la muestra, podrían variar cada año y entre diferentes autoridades ambientales, lo que afectaría la consistencia y uniformidad de la fórmula. A continuación, se presenta un ejemplo de cómo quedarían los intervalos de coeficiente del Índice de Calidad de Agua (C_{ICA}) utilizando esta metodología, en comparación con los intervalos definidos por el IDEAM y utilizados en los monitoreos por las Autoridades Ambientales (Ver Tabla 29)

Tabla 29. Clasificación del ICA según la metodología de percentiles

Intervalos	Calificación
$\geq 0 - 0,34 \leq$	Muy Mala
$> 0,34 - 0,47 \leq$	Mala
$> 0,47 - 0,56 \leq$	Regular
$> 0,56 - 0,6 \leq$	Aceptable
$> 0,6 - 1 \leq$	Buena

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Siguiendo lo establecido por el IDEAM de crear cinco intervalos para el ICA, al aplicar la metodología de intervalos por percentiles, los intervalos resultantes serían los mostrados en la siguiente tabla, utilizando la información proporcionada por las autoridades ambientales.

La distribución de rangos utilizando intervalos por percentiles resulta en la clasificación "Buena" abarcando tres categorías del IDEAM: Regular, Aceptable y Buena. Esto puede llevar a clasificar erróneamente la calidad del agua como buena cuando en realidad debería ser regular o aceptable. Debido a esta imprecisión, se descarta esta metodología para crear rangos en la fórmula del Nuevo factor regional

8.4.2.2 Metodología de Intervalos por ancho de media y desviación estándar

La metodología de intervalos basada en la media y la desviación estándar crea rangos asumiendo una distribución normal de los datos. Los intervalos se definen sumando y restando múltiplos de la desviación estándar a la media. Sin embargo, esta técnica también depende de la distribución de los datos, lo que puede generar problemas de uniformidad si los datos no siguen una distribución normal. Además, si hay alta variabilidad en los datos, pueden surgir intervalos atípicos. Se compararán los intervalos del Índice de Calidad del Agua (ICA) generados con esta metodología y los establecidos por el IDEAM.

Tabla 30. Clasificación del ICA según la metodología de media y desviación estándar.

Intervalos	Calificación
$\geq 0 - 0,18 \leq$	Muy Mala
$> 0,18 - 0,34 \leq$	Mala



Ambiente

>0,34 - 0,51 <=	Regular
>0,51 - 0,68 <=	Aceptable
>0,68 - 1<=	Buena

Fuente. Elaboración propia, 2024.

Los resultados obtenidos con la metodología basada en la media y la desviación estándar son ligeramente mejores que los de la metodología de percentiles. Sin embargo, ambas presentan el mismo problema al compararlos con los intervalos establecidos por el IDEAM, ya que incluyen datos en categorías de calidad "buena" cuando deberían clasificarse como "regular" o "aceptable". Por esta razón, esta metodología también fue descartada.

8.4.2.3 Metodología de Intervalos Equidistantes.

La metodología de intervalos equidistantes consiste en dividir el rango total de los datos en segmentos de igual tamaño, lo que facilita una clasificación uniforme. Esta técnica no depende de la distribución de los datos, lo que permite su aplicación consistente entre diferentes entidades ambientales, como CAR, CORPOBOYACÁ y CVC. Debido a sus ventajas de simplicidad y uniformidad, se eligió esta metodología para definir los rangos de cada variable en la fórmula del Nuevo factor regional.

Los rangos para cada parámetro están definidos en las tablas 11, 12, 13, 14, 18, 22, 24 y 25.

8.4.3 Asignación de valor numérico para los coeficientes según el rango del parámetro.

Se busca asignar valores a los coeficientes dentro del rango establecido de 1 a 5.5 ya que el Factor Regional se encuentra dentro de estos rangos, asegurando que la suma total de las variables no exceda los 5.5 ni sea menor a 1. Para lograr esto, se utiliza la transformación lineal, que ajusta un coeficiente para cada rango de las variables, manteniendo una distribución coherente. Por ejemplo, un rango de 0 a 0.2 se asignará un coeficiente dentro del intervalo de 1 a 5.5 mediante esta metodología.

$$y = a + \left(\frac{b-a}{d-c} \right) (d - x)$$

Donde:

x : Es el valor máximo que toma cada rango de cada variable.

y : Es el coeficiente que toma cada rango.

a : Es el valor mínimo deseado, es decir 1.

b : Es el valor máximo deseado, es decir 5,5.

c : Es el valor máximo del rango más bajo de cada variable.

d : Es el valor máximo original de cada variable.

La fórmula de transformación lineal se aplica a cuatro de los cinco coeficientes, excluyendo el Coeficiente de Relación (C_R). Esto se debe a que, en la fórmula estándar, los rangos más bajos se asignan a los valores más altos (5.5), ya que representan condiciones desfavorables a nivel ambiental y favorables a nivel socioeconómico. Sin embargo, en el caso de C_R , la relación es inversa: valores más altos indican peores condiciones ambientales. Por lo tanto, se ajusta la fórmula de C_R para que los valores más altos se asignen a los rangos superiores, reflejando correctamente esta relación.

$$y = a + \left(\frac{b-a}{d-c} \right) (x - c)$$

Donde:

x : Es el valor máximo que toma cada rango de cada variable.

y : Es el coeficiente que toma cada rango.

a : Es el valor mínimo deseado, es decir 1.

b : Es el valor máximo deseado, es decir 5,5.

c : Es el valor máximo del rango más bajo de cada variable.

d : Es el valor máximo original de cada variable.

Aplicando las transformaciones lineales a cada parámetro según su rango, se obtienen los valores numéricos de los Coeficientes que serán utilizados en el cálculo final del Factor Regional. Estos resultados se encuentran en las Tablas 11, 12, 13, 14, 18, 22, 24 y 25.

Para la variable económica, que se aplica únicamente a los prestadores del servicio público de alcantarillado, el valor oscila entre 0 y 1, tal como se explicó



Ambiente



en el capítulo 5.3.3. Este rango refleja un descuento que se otorga al prestador en función de su avance en los proyectos de inversión en descontaminación hídrica. Esto implica que la metodología de transformación lineal para calcular los coeficientes numéricos debe considerar un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 1. En cuanto a las metodologías utilizadas para determinar los rangos y los pesos de los coeficientes, se adoptaron las mismas que se aplicaron a las variables ambiental y socioeconómica.

Los rangos y valores de los coeficientes se encuentran en la tabla 25.



9. EVALUACIÓN ECONÓMICA SEGÚN EL AJUSTE DEL FACTOR REGIONAL PARA EL AÑO 2022

9.1 Análisis de los datos

Se elaboró una base de datos para algunas autoridades ambientales priorizadas, utilizando como referencia el año 2022 debido a la falta de registros de 2023. Esta base se construyó a partir de reportes de cumplimiento de la Tasa Retributiva, integrando información de usuarios vertedores, cargas, caudales, factores regionales, facturaciones, cuencas, tramos y municipios. Además, se solicitó información adicional sobre el ICA, caudales de corriente y concentraciones de DBO para construir las variables del componente ambiental. También se incluyeron datos de categorización municipal y NBI. Finalmente, se consolidaron los datos para calcular el Nuevo factor regional, considerando cuatro propuestas de ponderación que resultaron en cuatro factores de sostenibilidad distintos.

Dado que el análisis se realiza a nivel económico, se calculó una nueva facturación a partir del Nuevo factor regional. Para calcular la facturación, se partió de la fórmula vigente presentada en el Artículo 18 del Decreto 2667 de 2012, que calcula el monto a pagar mediante la siguiente fórmula:

$$MP = \sum_{i=1}^n T_{mi} * F_{ri} * C_i$$

Donde:

MP: Monto a pagar.

T_{mi}: Tarifa Mínima del parámetro *i*.

F_{ri}: Factor Regional del parámetro *i*.

C_i: Carga contaminante del parámetro *i* vertido durante el periodo de cobro.

9.2 Resultados.

Los resultados presentados se basan en simulaciones realizadas con las metodologías previamente descritas. Durante la sistematización de datos, se empleó una aproximación matemática para la concentración de DQO en el

coeficiente de relaciones, ya que las autoridades no reportan estos datos actualmente. Además, las simulaciones no incluyeron la variable económica debido a la falta de información sobre avances en proyectos de saneamiento ambiental, lo que podría hacer que las cifras de facturación resultantes sean mayores que las reales bajo la nueva fórmula.

La siguiente tabla presenta los principales resultados de las facturaciones estimadas para siete autoridades ambientales analizadas. Se observa que, en promedio, la variación estimada de los vertimientos por autoridad no supera el millón de pesos. Por ejemplo, en la SDA, casi el 100% de los vertimientos muestran un incremento promedio de 146 mil pesos colombianos, mientras que en la CAR, aproximadamente el 50% de los vertimientos registran un aumento promedio de 255 mil pesos. Estos resultados indican que el ajuste del factor regional no genera cambios significativos en la facturación, evitando así perjuicios para los usuarios que realizan vertimientos.

Tabla 31. Principales resultados de facturación y variación por cada autoridad ambiental.

AUTORIDAD AMBIENTAL	# VERTIMIENTOS ESTUDIADOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACION MENOR A UN MILLON DE PESOS	VARIACION PROMEDIO MENOR A UN MILLON DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACION ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	VARIACION PROMEDIO ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON UNA VARIACIÓN NEGATIVA ENTRE 0 Y -1 UN MILLON DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 0 Y -1 MILLON DE PESOS
CAR	746	48,39%	255.124,81	18,1%	2.430.809,74	12,20%	-
CORPOBOYACÁ	178	27,53%	241.782,20	14,6%	2.545.246,84	14,61%	-
CARDER	67	29,85%	322.177,48	11,9%	2.573.827,61	7,46%	-
CORNARE	315	60,60%	203.339,97	9,8%	2.273.178,61	14,30%	-
SDA	129	91,47%	146.493,14	1,6%	2.158.792,67	6,20%	-



Ambiente



AUTORIDAD AMBIENTAL	# VERTIMIENTOS ESTUDIADOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACION MENOR A UN MILLON DE PESOS	VARIACION PROMEDIO MENOR A UN MILLON DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACION ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	VARIACION PROMEDIO ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON UNA VARIACIÓN NEGATIVA ENTRE 0 Y -1 UN MILLON DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 0 Y -1 MILLON DE PESOS
CRQ	39	33,33%	336.479,93	12,8%	2.257.910,81	7,69%	- 527.795,61
CVC	410	71,46%	187.265,36	10,5%	2.362.803,63	0,73%	- 168.402,78

Fuente: Elaboración propia. 2024.



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Dirección: Calle 37 #8 - 40, Bogotá D.C., Colombia

Conmutador: (+57) 601 332 3400 - 3133463676

Línea Gratuita: (+57) 01 8000 919301

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los Factores Regionales promedio vigentes para el año 2022 en las siete autoridades ambientales analizadas, comparados con el nuevo Factor Regional según las estimaciones realizadas. Se observa una diferencia significativa entre las autoridades. Por ejemplo, la CARDER y la SDA presentan incrementos cercanos a una unidad, lo que podría ser relevante. En contraste, autoridades como la CAR, CORPOBOYACÁ y la CRQ muestran cambios menos significativos en sus Factores Regionales.

Estos resultados respaldan lo mencionado previamente sobre la facturación: aunque algunos Factores Regionales aumentan, este incremento no afecta de manera considerable la mayoría de los vertimientos en términos de facturación promedio. Respecto al dato atípico de la CVC, se debe a que en 2022 el Factor Regional se fijó en 1 para la mayoría de los usuarios, ya que no estaban reglamentados bajo un acuerdo de metas de carga contaminante, lo cual impide calcular el Factor Regional mediante la metodología actual.

Tabla 32. Comparación de factor regional vigente con el nuevo factor regional ajustado para cada autoridad ambiental.

AUTORIDAD AMBIENTAL	PROMEDIO FACTOR REGIONAL DBO5 VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL SST VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL AJUSTADO
CAR	2,557	2,833	2,886
CORPOBOYACÁ	3,254	2,804	3,293
CARDER	2,138	1,976	3,088
CORNARE	2,367	1,355	2,633
SDA	2,406	3,119	3,601
CRQ	3,217	2,792	2,506
CVC	1	1,001	3,072

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Un análisis relevante es la identificación de los resultados por sectores económicos clave en cada autoridad ambiental. En la siguiente tabla se presentan las facturaciones de las siete autoridades ambientales y los sectores económicos más influyentes en la implementación de la Tasa Retributiva.



Ambiente

Se observa que el sector de prestadores del servicio público es el más significativo, con incrementos mayoritariamente inferiores al millón de pesos. La importancia de los sectores económicos varía según la autoridad ambiental. Por ejemplo, en la región Andina, para la CAR y CORPOBOYACÁ, el sector de explotación de minas es altamente relevante. Asimismo, en la CVC y la CAR, el sector de agricultura, caza, ganadería, silvicultura y pesca (A-C-G-S-P) representa un gran porcentaje de los vertimientos, pero no presenta aumentos en la facturación superiores a un millón de pesos.

Tabla 33. *Principales resultados de facturación y variación por cada autoridad ambiental y sus principales sectores económicos.*

AUTORIDAD AMBIENTAL	TOP SECTORES ECONÓMICOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACIÓN MENOR A UN MILLÓN DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO MENOR A UN MILLÓN DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACIÓN ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON UNA VARIACIÓN NEGATIVA ENTRE 0 Y -1 UN MILLÓN DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 0 Y -1 MILLÓN DE PESOS
CAR	PRESTADORES	33,14%	348.159,39	25,20%	2.581.818,81	4,99%	-358.229,64
	EXPLOTACION DE MINAS	50,00%	119.166,77	5,00%	1.556.732,76	43,75%	-78.881,45
	A-G-C-S-P	55,56%	230.453,87	15,90%	2.455.878,21	15,87%	-44.531,32
CORPOBOYACÁ	PRESTADORES	10,53%	315.129,84	13,70%	2.731.461,49	14,74%	-163.819,80
	EXPLOTACION DE MINAS	55,26%	159.260,65	7,90%	3.259.759,29	26,32%	-235.642,29
CARDER	PRESTADORES	17,95%	271.862,11	7,70%	2.159.076,03	5,13%	-239.030,23
	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	38,10%	339.525,77	19,00%	2.929.806,76	14,29%	-147.491,42
CORNARE	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	61,97%	239.034,58	9,90%	2.879.063,21	15,49%	-159.865,06
	PRESTADORES	20,00%	506.100,36	21,67%	2.367.022,13	6,67%	-550.853,38

AUTORIDAD AMBIENTAL	TOP SECTORES ECONÓMICOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACIÓN MENOR A UN MILLÓN DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO MENOR A UN MILLÓN DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON VARIACIÓN ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS	% DE VERTIMIENTOS CON UNA VARIACIÓN NEGATIVA ENTRE 0 Y -1 UN MILLÓN DE PESOS	VARIACIÓN PROMEDIO ENTRE 0 Y -1 MILLÓN DE PESOS
	CONSTRUCCION	69,57%	232.232,61	6,50%	1.515.435,90	19,57%	-33.170,29
SDA	OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS	97,40%	180.341,90	1,30%	1.070.467,22	1,30%	-119.918,51
	EDUCACIÓN	100,00%	40.489,40	-	-	-	-
CRQ	PRESTADORES	71,43%	260.151,94	14,30%	1.152.511,31	-	-
	HOGARES COMO PRODUCTORES	5,26%	496.160,40	10,50%	3.254.692,21	5,26%	-125.365,32
CVC	PRESTADORES	49,15%	287.456,47	18,60%	2.336.318,08	-	-
	A-G-C-S-P	77,50%	370.924,38	15,00%	2.736.851,87	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los Factores Regionales promedio vigentes para el año 2022 correspondientes a los sectores económicos mencionados anteriormente en las siete autoridades ambientales analizadas, comparados con el nuevo Factor Regional según las estimaciones realizadas.

Se observa un incremento no significativo en el sector de prestadores del servicio público en la CAR y CORPOBOYACÁ. Sin embargo, algunos sectores económicos muestran aumentos relevantes, principalmente debido a que ciertos usuarios tenían factores regionales vigentes de 1, ya que no estaban sujetos a acuerdos de metas globales de carga contaminante. A pesar de estos incrementos en el Factor Regional, como se destacó en la tabla anterior, los cambios en la facturación no son significativos en términos económicos.

Tabla 34. Comparación de factor regional vigente con el nuevo factor regional ajustado para cada autoridad ambiental y sus principales sectores económicos.

AUTORIDAD AMBIENTAL	TOP SECTORES ECONÓMICOS	PROMEDIO FACTOR REGIONAL DBO5 VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL SST VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL AJUSTADO
CAR	PRESTADORES	2,459	2,933	2,78
	EXPLOTACIÓN DE MINAS	1,146	2,13	3,088
	A-G-C-S-P	3,923	1,831	3,134
CORPOBOYACÁ	PRESTADORES	3,668	2,823	3,291
	EXPLOTACIÓN DE MINAS	1,064	2,062	2,97
CARDER	PRESTADORES	1,962	2,1	3,269
	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	1,4	1,441	2,898
CORNARE	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	2,569	1,013	2,733
	PRESTADORES	2,209	1,374	2,526
	CONSTRUCCIÓN	2,41	1	3,303
SDA	OTRAS ACTIVIDADES DE SERVICIOS	2,5	1	3,487
	EDUCACIÓN	1	1	3,74

AUTORIDAD AMBIENTAL	TOP SECTORES ECONÓMICOS	PROMEDIO FACTOR REGIONAL DBO5 VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL SST VIGENTE	PROMEDIO FACTOR REGIONAL AJUSTADO
CRQ	PRESTADORES	1,3	1	3,918
	HOGARES PRODUCTORES COMO	2,383	2,189	2,557
CVC	PRESTADORES	1	1,005	3,143
	A-G-C-S-P	1	1	2,107

* Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca.

Fuente: Elaboración propia, 2024.



10. CONCLUSIONES

La propuesta técnica para ajustar la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales al agua en Colombia busca modernizar y adaptar este instrumento económico a las realidades ambientales, sociales y económicas actuales del país. Este ajuste es fundamental para asegurar que los costos asociados a los vertimientos sean asumidos de manera justa y eficiente, promoviendo prácticas sostenibles y reduciendo el impacto ambiental. La propuesta incluye una revisión exhaustiva del marco normativo vigente, la implementación de talleres técnicos y un análisis detallado de los factores económicos y sociales subyacentes que afectan tanto a los recursos hídricos como a las comunidades locales. En conjunto, estos elementos componen una estrategia integral que pretende transformar la gestión de los vertimientos y mejorar la calidad de los cuerpos de agua a nivel nacional.

El ajuste de la Tasa Retributiva es esencial para garantizar la asignación de los costos relacionados con los vertimientos, teniendo en cuenta las condiciones locales y las capacidades de los actores involucrados. En el análisis de los aspectos clave, se destaca la necesidad de actualizar la normativa, especialmente en lo que respecta al Factor Regional, para que refleje las condiciones específicas de cada región. Además, la propuesta aboga por la inclusión de nuevas variables ambientales y sociales, considerando el impacto de los vertimientos no solo desde una perspectiva técnica, sino también desde una visión más integral que tenga en cuenta la realidad de las comunidades afectadas.

En cuanto a la participación en los procesos de consulta para la definición de las metas de carga contaminante, se identificó que en las etapas iniciales de la formulación de metas se presentó una baja participación por parte de los usuarios que realizan vertimientos en especial, las empresas prestadoras de servicios públicos. Este factor es clave, ya que la definición de las metas debe ser claras, alcanzables y alineadas con las capacidades de los actores locales para garantizar su éxito. La propuesta enfatiza la necesidad de fomentar una mayor colaboración entre todos los actores involucrados para asegurar que se adelanten las inversiones necesarias y avanzar en el saneamiento ambiental. Además, se resalta la importancia de mantener un enfoque inclusivo y participativo por parte de los usuarios objeto de cobro, para que las decisiones

tomadas sean representativas y reflejen las necesidades y expectativas de las diversas partes interesadas.

Uno de los principales desafíos identificados en el proceso de ajuste es la debilidad administrativa en la implementación de las normativas actuales. La falta de continuidad en los equipos técnicos y la ausencia de trazabilidad en los procesos previos ha afectado la efectividad de la implementación de las normativas. Para superar estos obstáculos, la propuesta recomienda establecer mecanismos de seguimiento más sólidos, que permitan una mayor transparencia y eficiencia en la ejecución de los proyectos relacionados con el tratamiento de aguas y el control de los vertimientos. Estos mecanismos de seguimiento también deben estar acompañados de un sistema de evaluación constante para medir el impacto de las políticas implementadas y realizar ajustes en tiempo real si es necesario.

En términos de infraestructura y saneamiento, los avances en la construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales son positivos, pero aún existen desafíos importantes para alcanzar las metas nacionales e internacionales, como el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6. Este objetivo establece la meta de lograr un 68.6% de tratamiento de aguas residuales urbanas para 2030, lo que representa un reto significativo para el país. La propuesta destaca la necesidad de seguir impulsando inversiones en infraestructura y tecnología para asegurar que se logren estos objetivos, especialmente en las regiones con mayores deficiencias en el tratamiento de aguas residuales.

En cuanto a los coeficientes analizados, se destacan los siguientes como esenciales para una gestión más eficiente y equitativa de los recursos hídricos. El Coeficiente de Calidad del Agua (CICA) mide la calidad de los cuerpos de agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA), lo que permite identificar áreas críticas que requieren intervención. El Coeficiente de Relación (CR) evalúa de forma preliminar la incidencia de la adición de agua residual, sobre las aguas continentales superficiales y aguas marinas. El Coeficiente de Biodegradabilidad (CB) ayuda a identificar el grado de contaminación orgánica y su potencial de degradación, mientras que el Coeficiente de Necesidades Básicas Insatisfechas (CNBI) permite una distribución más equitativa de los costos basados en el desarrollo socioeconómico de las comunidades. Finalmente, el Coeficiente Económico incluye los costos asociados con la construcción de sistemas de

tratamiento y la eliminación de puntos de vertimiento, asegurando que los costos estén alineados con las inversiones necesarias para mejorar la calidad del agua.

La evaluación económica realizada sobre la propuesta sugiere que los ajustes propuestos no solo mejorarían la eficiencia en el tratamiento de los vertimientos, sino que también promoverían una mayor equidad regional, asegurando que las regiones más afectadas reciban atención prioritaria. La sostenibilidad financiera del ajuste también está garantizada, ya que los recursos generados por la Tasa Retributiva tienen una destinación específica y se reinvertirían en proyectos de inversión en descontaminación hídrica y calidad del agua, lo que contribuiría a la mejora continua de la calidad de los cuerpos de agua. Además, se espera que los impactos ambientales sean positivos, con una mejora gradual en la calidad de los cuerpos de agua y un aumento en el porcentaje de aguas residuales tratadas, lo que contribuiría al cumplimiento de las metas ambientales del país.

En conclusión, el ajuste de la Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales representa un paso crucial para fortalecer la gestión hídrica en Colombia. La propuesta, basada en principios de sostenibilidad, equidad y eficiencia, incorpora elementos técnicos y sociales que reflejan la complejidad del contexto nacional. Los coeficientes definidos y la evaluación económica respaldan la viabilidad de los cambios propuestos, asegurando un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en las comunidades. La implementación exitosa de esta propuesta dependerá de una colaboración continua entre autoridades ambientales, empresas prestadoras de servicios públicos y los demás usuarios que realicen vertimientos puntuales, lo que garantizaría la sostenibilidad y el éxito de los objetivos establecidos.

11. BIBLIOGRAFIA

- CAN. (2005). *Manual de estadísticas Ambientales*. Santa Cruz de la Sierra: COMUNIDAD ANDINA.
- Contaduría General de la Nación. (16 de Julio de 2024). *Categorización para Departamentos, Distritos y Municipios*. Obtenido de <https://www.contaduria.gov.co/cat-depto-distritos-municipio>
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua - ENA*. Bogotá D.C: IDEAM.
- IDEAM. (09 de Septiembre de 2021). *Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA)*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.02+HM+%C3%8Dndice+Calidad+Agua.pdf/310580af-1ed1-4cbf-ade3-9d8c529c4220>
- Invemar. (01 de 09 de 2024). *Áreas "críticas" de la costa del Caribe en las que se presentan valores altos recurrentes*. Obtenido de Áreas "críticas" de la costa del Caribe en las que se presentan valores altos recurrentes: https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2004/03 CAM.pdf
- Metcalf & Eddy, INC. (2000). *Ingeniería de Aguas Residuales - Tratamiento, Vertido y Reutilización* (Tercera ed.). (A. G. Brage, Ed., & J. d. Montsoriu, Trad.) Madrid, España: MCGRAW W-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Ramirez y Viña. (1998). *Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá: Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rámirez, Carlos Alberto Sierra Universidad de Medellín. (2011). *Calidad del Agua Evaluación y Diagnóstico*. Bogotá: Universidad de Medellín; Ediciones de la U.
- Sawyer, C. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental* (Cuarta Edición ed.). McGraw Hill.
- UNMSM, Universidad Autonoma del Estado de Mexico. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. Mexico.
- World Health Organization; UNESCO; United Nations Environment Programme. (1996). *Water quality assessments. Use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. (D. Chapman, Ed.) Great Britain . Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wqa/en/