



Estándares de calidad del agua, asociados a metales y metaloides, para el uso del agua en la preservación de la fauna y flora en Colombia.

Juliana Andrea Castro Estrada

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental

Asesor:

Diego Alejandro Chalarca Rodríguez
Magíster en Ingeniería. Ingeniero Sanitario

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Especialización en Gestión Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Castro Estrada, 2021)
Referencia	Castro Estrada, J. A. (2021). Estándares de calidad del agua, asociados a metales y metaloides, para el uso del agua en la preservación de la fauna y flora en Colombia [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Especialización en Gestión Ambiental, Cohorte XI.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe Escuela Ambiental: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

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

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Planteamiento del problema	8
Objetivos.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos	10
Marco Teórico.....	11
Criterios de Calidad.....	16
Metodología	19
Resultados y Análisis	21
Metales y metaloides en los ODC de los PORH	23
Metales y metaloides en los ODC del Caño Sibao	24
Metales y metaloides de los ODC de la Quebrada La Cianurada y Quebrada El Aporriado	25
Metales y metaloides de los ODC de la Unidad hidrográfica del Embalse de Tominé y la unidad hidrográfica del río Teusacá.....	26
Metales y metaloides de los ODC del Caño Palomarcado	27
Estudios de determinación de CL ⁹⁶ ₅₀	28
Norma ecuatoriana TULSMA	28
Mercurio total (Hg).....	29
Níquel total (Ni).....	30
Plomo total (Pb).....	31
Otros metales	33

Conclusiones36

Referencias Bibliográficas37

Anexo 1. Registro de PORH41

Lista de tablas

	Página
Tabla 1 Metales y metaloides sugeridos en la guía del PORH para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos	16
Tabla 3 Concentración establecida para el mercurio total en los cuerpos de agua priorizados en cada PORH.....	30
Tabla 5 Concentración establecida para el plomo total en los cuerpos de agua priorizados en cada PORH.....	32
Tabla 7 Concentración de metales y metaloides para la preservación de la fauna y flora.....	35

Resumen

Este trabajo pretende establecer los estándares de calidad, asociados a metales y metaloides, para destinar el uso del agua a la preservación de la fauna y flora acuática, según lo establecido en artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015. Para esto, se realizó un estado del arte con la información de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH de las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales donde se establecen los criterios y objetivos de calidad para las fuentes hídricas en su jurisdicción. También se analizó información de normativa internacional referente a criterios de calidad para la preservación de la fauna y flora. Así mismo, se buscó literatura científica donde se determinaran las concentraciones de diferentes metales y metaloides a través de bioensayos.

Con base en esta recopilación, se puede mostrar la línea base con la que actualmente cuenta el país en materia de criterios de calidad para metales y metaloides y el uso del agua para la preservación de fauna y flora, concluyendo que existe muy poca información sobre valores de referencia en la concentración de metales y metaloides para destinar el agua en este uso.

Palabras clave: Recurso hídrico, metales y metaloides, usos del agua , criterios de calidad.

Abstract

This work aims to establish quality standards, associated with metals, in order to allocate the use of water to the preservation of aquatic fauna and flora, since article 2.2.3.3.9.10 of Decree 1076 of 2015, establishes within the maximum permissible limits for this use, the determination of concentrations based on the Lethal Concentration CL_{50}^{96} . For this, information was collected from the Hydrological Resource Management Plans - PORH from the different Regional Autonomous Corporations where the criteria and quality objectives for the water sources in its jurisdiction are established. It was also taken into account Ecuadorian regulations that quality criteria for the preservation of fauna and flora are in units of mg/L. Likewise, scientific studies were searched in the country where the concentrations of different metals were determined through bioassays.

Based on this compilation, the baseline that the country currently has in terms of quality criteria for the use of the water of interest can be shown, concluding that there is an information gap about the determination of metals concentration to allocate the water to the aquatic fauna and flora preservation.

Keywords: Water resource, metals and metalloid, use of water, quality criteria

Introducción

Planteamiento del problema

El Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 del 2015) es una compilación de las normas expedidas por el Gobierno Nacional como iniciativa para tener en un mismo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta la fecha. En este decreto se establecen los usos del agua entre los artículos 2.2.3.3.2.1 al 2.2.3.3.2.10, y entre los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.10 se establecen los criterios de calidad para cada uso (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Igualmente, en este decreto se realizan las disposiciones relacionadas con el Ordenamiento del Recurso Hídrico (desde el artículo 2.2.3.3.1.4 al 2.2.3.3.1.8) y dispone a las autoridades ambientales competentes como las encargadas de priorizar dicho ordenamiento en su jurisdicción y como parte de éste, las autoridades ambientales deberán, entre otros, definir los objetivos de calidad del agua - ODC, los criterios de calidad del agua y también, establecer las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En el proceso del ordenamiento del recurso hídrico se encuentra la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, donde las autoridades ambientales establecen los criterios de calidad, los cuales y según lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y lo recomendado por la guía para la elaboración de los PORH, podrían incluir criterios de calidad del agua relacionados con metales y metaloides. Sin embargo, al revisar algunos de los PORH emitidos por las autoridades ambientales, se ha encontrado poca información sobre el análisis de metales y metaloides en los cuerpos de agua priorizados, y que pese a incluir el análisis de algunos metales y metaloides en la fase del diagnóstico, al momento de establecer los criterios de calidad para los cuerpos de agua priorizados, estos metales y metaloides no se incluyen. Si bien, una autoridad ambiental es autónoma en establecer sus criterios de calidad en su jurisdicción, la poca información que se encuentra al respecto de los valores máximos permisibles de metales y metaloides en el agua

representan una dificultad a la hora de establecer estándares de calidad para la preservación de la fauna y flora acuática y en general para los usos del agua, tal como lo estipula el Decreto 1076 de 1015, como también dificulta su interpretación en otros tipos de análisis que se puedan realizar a partir de los PORH.

Debido a lo anterior, se realizó en este trabajo un análisis del estado del arte asociado a metales y metaloides en el agua superficial, con el fin de establecer estándares de calidad para los usos del agua estipulados en la normatividad vigente del país y en especial el uso de preservación de la fauna y flora acuática.

Objetivos

Objetivo general

Establecer con base en información secundaria, los estándares de calidad de agua asociados a metales y metaloides, para destinar el recurso hídrico a la preservación de la fauna y flora en el país.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico a partir del estado del arte sobre los criterios de calidad del agua, asociados a metales y metaloides, en el uso del recurso hídrico en la preservación de la fauna y flora acuática.
- Establecer un análisis entre los diferentes criterios de calidad del agua, asociado a metales y metaloides, encontrados en la literatura.
- Determinar los estándares de calidad del agua de metales y metaloides para la preservación de la fauna y flora.

Marco Teórico

El Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece dentro de los usos del agua, el uso para consumo humano y doméstico, el uso para la preservación de la fauna y flora, el uso agrícola, el uso pecuario, el uso recreativo, el uso industrial, el uso estético, el uso para la pesca, la maricultura y acuicultura, y el uso para la navegación y transporte acuático. En el uso del agua asociado a la preservación de flora y fauna (artículo 2.2.3.3.9.10), el agua es empleada en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, sin causar alteraciones sensibles en ellos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). En el mencionado artículo, se definen los criterios de calidad del agua admisibles, los cuales son un conjunto de parámetros y concentraciones mediante los cuales se determina si un cuerpo de agua es apto para el uso asignado, donde se establecen algunos metales y metaloides como el cobre (Cu), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el hierro (Fe), entre otros, y se establece sus valores máximos permisibles en términos de concentración letal (CL^{96}_{50}), esta metodología de bioensayo indica la concentración de una sustancia, elemento o compuesto, solo o en combinación, que produce la muerte al 50% de los organismos sometidos a bioensayos en un periodo de 96 horas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Así mismo, el Decreto 1076 de 2015 expone en el artículo 2.2.3.3.9.11 que la realización de estos bioensayos para establecer los valores de CL^{96}_{50} corresponden a la autoridad ambiental competente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Sin embargo, el artículo 2.2.3.3.3.2 de este mismo Decreto establece que los criterios de calidad del agua deben ser definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el uso de aguas superficiales, subterráneas y marinas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En cuanto a la gestión del recurso hídrico, en el año 2010 se publicó la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, donde se desarrolló la figura del ordenamiento del recurso hídrico como instrumento de planificación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010), el cual tiene como objetivo:

Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.

Así entonces, se expidió el Decreto 3930 de 2010, compilado posteriormente en el Decreto 1076 de 2015, en el que se establecen los usos del recurso hídrico, vertimientos al agua, suelo y alcantarillado, además, se define conceptualmente el ordenamiento hídrico, los ámbitos de aplicación, criterios de priorización y el contenido del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH. El recurso hídrico es administrado dentro del proceso de gestión integral donde se aplican diversos instrumentos técnicos y normativos por parte de las autoridades ambientales, con el fin de realizar una gestión sostenible que parte del conocimiento, estado y disponibilidad del agua; la distribución entre usuarios y la descarga de aguas después de su uso en actividades. Dentro de las herramientas de administración se encuentran, además del PORH, las concesiones de agua, el registro de usuarios de captaciones y vertimientos, permisos para ocupación de cauce y vertimientos, planes de saneamiento y manejo de vertimientos, estimación del caudal ambiental y rondas hídricas, monitoreo del cuerpo de agua, procesos de reglamentación de uso y vertimientos.

En el año 2014, el MADS publicó la primera versión de la Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico la cual se construyó de forma colectiva (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo, 2014). Actualmente, se cuenta con una versión del año 2018 en la cual se complementó la guía publicada inicialmente. Esta contiene los lineamientos para que las autoridades ambientales generen los programas, proyectos, actividades y el plan de monitoreo y seguimiento del recurso para un tiempo mínimo de diez años y así mejorar la disponibilidad y la calidad del recurso (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo, 2014). Con este instrumento de planificación, las autoridades pueden establecer las normas de preservación de la calidad del recurso hídrico, las condiciones y los programas para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales del agua, así como la conservación de los ciclos biológicos, siendo aplicable para el nivel 3 de la zonificación hidrográfica nacional o niveles subsiguientes (Dirección de gestión integral del recurso hídrico., 2018). La zonificación hidrológica nacional se encuentra dividida en tres niveles de jerarquía: áreas, zonas y subzonas hidrográficas; las áreas hidrográficas

corresponden a las regiones hidrográficas o vertientes que agrupan un conjunto de ríos con sus afluentes y desembocan en el mismo mar (Orinoco, Amazonas, Atlántico, Pacífico y Magdalena-Cauca). Las cuencas que entregan o desembocan sus aguas directamente de un área hidrográfica se denominan zonas hidrográficas, y estas están divididas en subzonas hidrográficas, las cuales tributan sus aguas a las zonas hidrográficas. El nivel 3, al que es aplicable el PORH, corresponde entonces a las subzonas hidrográficas, que en total son 311. (IDEAM., 2013).

Por lo tanto, el PORH es el instrumento de planificación que le permite a la autoridad ambiental competente, fijar la destinación y uso de los cuerpos de agua, establecer las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos potenciales del agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018), garantizando las condiciones de calidad y cantidad necesarias para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, tanto para los usos actuales como los potenciales (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2016).

El ordenamiento del recurso hídrico está constituido por cuatro fases: declaratoria, diagnóstico, prospectiva y elaboración del plan. En la fase de diagnóstico, se sugiere para el monitoreo de los cuerpos de agua, parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos, y entre los químicos se encuentra un listado de 13 metales y metaloides (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Para cuantificar los parámetros a monitorear, la autoridad deberá identificar y priorizar los usuarios por tipo de actividad económica que realizan vertimientos al cuerpo de agua, y con base en esto, seleccionar los parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos a monitorear en el cuerpo de agua y en vertimientos.

En la fase de elaboración del plan se establecen los criterios y objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo, los cuales son el conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso, siendo competencia de la autoridad ambiental con jurisdicción en el cuerpo de agua objeto de ordenamiento (Universidad de Antioquia & Área Metropolitana de Valle Aburrá, 2017).

Dentro de los parámetros tenidos en cuenta en los criterios de calidad para la preservación de la fauna y flora se encuentran los metales y metaloides como el arsénico (As), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el manganeso (Mn), entre otros, los cuales son uno de los principales problemas en el ámbito ambiental debido a la contaminación de las fuentes

hídricas y a la toxicidad de alguno de éstos. Esto representa una fuerte amenaza para plantas, animales e incluso humanos, ya que algunos metales son bioacumulables, no biodegradables y tóxicos incluso en bajas concentraciones. La principal fuente de contaminación por metales pesados radica en las actividades industriales, aunque en Colombia también se han encontrado reportes en actividades agrícolas y de minería (Pabón *et al*, 2020).

Los metales son elementos químicos que presentan todas o gran parte de las siguientes propiedades físicas: se mantienen en estado sólido a temperatura ambiente, con excepción del mercurio que se encuentra en estado líquido, son opacos, son buenos conductores eléctricos y térmicos, tienen estructura cristalina en el estado sólido y adquieren brillo cuando se pulen (National Geographic., 2021). Además son persistentes, es decir, no pueden ser creados o degradados. Al momento de entrar en los sistemas acuáticos, se transforman a través de sus procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características fisicoquímicas (Reyes *et al*, 2016). Mientras que, los metaloides son los elementos químicos que tienen propiedades intermedias entre los elementos metálicos y no metálicos (Real Academia Española, 2020).

Se ha encontrado presencia de metales y metaloides como el mercurio (Hg), el arsénico (As), el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el zinc (Zn), el cromo (Cr) y el níquel (Ni), en hortalizas como lechuga, calabaza, papa, repollo y brócoli, proveniente del riego con aguas afectadas por estos metales. Así mismo, se ha encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche producto de la bioacumulación y movilidad entre diferentes matrices. La distribución, movilidad, disponibilidad biológica y la toxicidad de los elementos no es función de la concentración total sino de la forma química en la que se encuentre (Reyes *et al*, 2016).

Ahora bien, existen a nivel internacional, diferentes normas donde establecen los criterios de calidad para diferentes usos del agua, entre estas, se encuentran por ejemplo, el Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente - TULSMA de Ecuador (Anexo 1 del Libro VI) y las Directrices canadienses sobre la calidad del agua para la protección de la vida acuática - CWQGs-PAL (por sus siglas en inglés). En este último, las concentraciones determinadas para la preservación de la fauna y flora acuática se obtuvieron considerando los datos toxicológicos aceptables y aplicables en una variedad de estudios toxicológicos con diferentes especies y bajo

diferentes condiciones de exposición, con el objetivo de proteger las formas de vida acuática en sus diferentes ciclos (CWQGs-PAL, 2007).

El TULSMA establece las políticas básicas ambientales del Ecuador, está compuesto por nueve libros, con diversos títulos y algunos, con sus respectivos anexos. El Libro VI contiene las normas de calidad ambiental, y su anexo 1 contiene las normas de calidad ambiental y de descargas de efluentes: recurso agua (FAO, s.f). Este anexo, tiene como objetivo principal “proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general” (Ministerio de Ambiente, 2015), establece los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua; las definiciones de términos importantes y las competencias de los diferentes actores; los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado; entre otros (Ministerio de Ambiente, 2015).

Criterios de Calidad

Los criterios de calidad son entonces, un conjunto de parámetros y sus respectivas concentraciones mediante los cuales se determina si un cuerpo de agua es apto para el uso del agua asignado. Algunos de los parámetros son el pH, las variables microbiológicas como los Coliformes totales y los Coliformes termotolerantes, aniones como el cianuro y metales y metaloides.

A continuación se presenta el listado de los metales y metaloides sugeridos en la guía del PORH, los cuales podrán ser complementados según las características del cuerpo de agua.

Tabla 1 Metales y metaloides sugeridos en la guía del PORH para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos

Metales y metaloides	Unidades	Analizar en		
		Vertimientos	Cuerpos lóticos	Cuerpos lénticos
Arsénico (As)	mg/L	x	x	x
Bario (Ba)	mg/L	x	x	
Cadmio (Cd)	mg/L	x	x	
Cinc (Zn)	mg/L	x	x	x
Cobre (Cu)	mg/L	x	x	x
Cromo total (Cr)	mg/L	x	x	
Hierro (Fe)	mg/L	x	x	x
Manganeso (Mn)	mg/L	x	x	x
Mercurio (Hg)	mg/L	x	x	x
Níquel (Ni)	mg/L	x	x	
Plomo (Pb)	mg/L	x	x	x
Selenio (Se)	mg/L	x	x	
Vanadio (Va)	mg/L	x	x	

Fuente: Dirección de gestión integral del recurso hídrico., 2018

La guía del PORH establece que todos los metales y metaloides indicados en la **Tabla 1** deben monitorearse, sin embargo, establece que se podrán descartar aquellos que no se consideren relevantes dadas las características del cuerpo de agua como la geología, usos del suelo, vertimientos, actividades económicas y coberturas, debiendo soportarse en los informes que documenten el proceso de ordenamiento. Como se verá en apartados posteriores, esta condición no

se evidenció en los documentos de PORH de las corporaciones al realizar el plan de monitoreo de los cuerpos de agua, ya que establecen los parámetros a medir sin justificar el análisis llevado a cabo para incluir o no los metales y metaloides.

A continuación se presentan los criterios de calidad para destinar el cuerpo de agua al uso de Preservación de la fauna y flora acuática establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015. En éste artículo se evidencian aquellos parámetros expresados como CL⁹⁶₅₀, de los cuales hacen parte los metales y metaloides.

Tabla 2 Criterios de calidad para el uso de preservación de fauna y flora acuática establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1075 de 2015

Referencia	Expresado como	Valor		
		Agua dulce		Agua marina y estuarina
		Fría	Cálida	
Clorofenoles	Clorofenol	0,5	0,5	0,5
Difenil	Concentración de agente activo	0,0001	0,0001	0,0001
Oxígeno Disuelto	-	5,0	4,0	4,0
pH	Unidades de pH	6,5-9,0	4,5-9,0	6,5-8,5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Arsénico	As	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Bario	Ba	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Berilio	Be	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Cadmio	Cd	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Cianuro libre	CN-	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀
Cinc	Zn	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Cloro total residual	Cl ₂	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Cobre	Cu	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Fenoles monohidricos	Fenoles	1 CL ⁹⁶ ₅₀	1 CL ⁹⁶ ₅₀	1 CL ⁹⁶ ₅₀
Grasas y aceites	Grasas como porcentaje de sólidos secos	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Hierro	Fe	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Manganeso	Mn	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀	0,100 CL ⁹⁶ ₅₀
Mercurio	Hg	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Níquel	Ni	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀

Referencia	Expresado como	Valor		
		Agua dulce		Agua marina y estuarina
		Fría	Cálida	
Plaguicidas Organoclorados (cada variedad)	Concentración de agente activo	0,001 CL ⁹⁶ ₅₀	0,001 CL ⁹⁶ ₅₀	0,001 CL ⁹⁶ ₅₀
Plaguicidas organofosforados (cada variedad)	Concentración de agente activo	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀	0,050 CL ⁹⁶ ₅₀
Plata	Ag	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Plomo	Pb	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Selenio	Se	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀	0,010 CL ⁹⁶ ₅₀
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0,143 CL ⁹⁶ ₅₀	0,143 CL ⁹⁶ ₅₀	0,143 CL ⁹⁶ ₅₀

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015 (artículo 2.2.3.3.9.10)

Según el artículo 2.2.3.3.9.2 del Decreto 1076 de 2015, los valores de referencia presentados se encuentran expresados en miligramos por litro, mg/L, excepto cuando se indiquen otras unidades.

Los criterios de calidad entonces, son fundamentales para establecer el uso que se le dará al cuerpo de agua en ordenamiento, ya que garantiza las condiciones óptimas para el adecuado funcionamiento del sistema según el uso del agua asignado. En este caso, los criterios de calidad mostrados en la **Tabla 2** permitirán mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos sin causar alteraciones sensibles en ellos.

Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó la recopilación de información secundaria relacionada con la normatividad ambiental nacional e internacional, en materia de criterios de calidad para determinar el uso del recurso hídrico. Para esto, se realizó una revisión de los diferentes PORH de las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales Urbanas, así mismo, se realizó la búsqueda de artículos científicos donde se determinaran las concentraciones de metales y metaloides a través de bioensayos en el país.

Una vez recopilada la información referente a los criterios de calidad del agua, se procedió a extraer la información de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, la metodología utilizada en éstos para establecer el monitoreo de la fuente en ordenamiento extrayendo el número de estaciones utilizadas y variables fisicoquímicas monitoreadas, los usos actuales del recurso hídrico así como el uso potencial, el cual es fundamental para establecer los criterios de calidad a cumplir en el corto, mediano y en el largo plazo. En el caso en que los usos potenciales del recurso estuvieran asociados a la preservación de la fauna y flora en cualquier plazo, se procedió a verificar los parámetros y unidades establecidos para metales y metaloides de este uso, haciendo un análisis comparativo de los parámetros usados entre los diferentes PORH. Así mismo, se identificó los parámetros asociados a la preservación de la fauna y flora en la normatividad nacional e internacional (Agencia de Protección Ambiental – EPA, normatividad mexicana, canadiense y ecuatoriana).

En los casos en los que la información recibida no estuviera completa, se procedió a identificar los diferentes índices de calidad del agua con el fin de determinar las variables utilizadas para su cálculo, de esta manera se evidenció si dentro del análisis llevado a cabo se encontraba algún metal o metaloide.

El análisis de estos elementos, permitió evidenciar el estado actual de los criterios de calidad de agua asociado a los metales y metaloides para la preservación de la fauna y flora acuática en el país. Además, permitió comparar los diferentes estándares de calidad y bajo cuales lineamientos se establecieron en los cuerpos de agua que fueron objeto de priorización.

Con base en esta información y los artículos científicos, se procedió a determinar los estándares de calidad que permitan identificar cuando un cuerpo de agua puede ser utilizado para la preservación de la fauna y flora, según la concentración de metales y metaloides hallados.

Resultados y Análisis

Para realizar el análisis de la información de metales y metaloides establecidos en el país para el uso del agua en la preservación de fauna y flora, se realizó la recopilación de los instrumentos de planificación del recurso hídrico que han sido publicados en las páginas oficiales de las corporaciones ambientales e igualmente se realizó la solicitud a cada una de estas corporaciones para poder acceder a estas publicaciones.

Se recopiló información de 19 Corporaciones Autónomas Regionales y de 3 comisiones conjuntas, de las cuales se obtuvieron 63 PORH y 18 Resoluciones de establecimiento de ODC (ver Anexo 1.Registro de PORH). De las Corporaciones Autónomas Regionales restantes y existentes en el país, no se obtuvo información referente a las herramientas de planificación del recurso hídrico lo que no permitió establecer si este ordenamiento no se ha realizado en esa jurisdicción o si por el contrario el documento no ha sido publicado oficialmente.

Es importante tener presente que dentro de algunos PORH se encuentra definidos los usos potenciales y los objetivos de calidad para diferentes corrientes hídricas, es decir, la fuente principal y sus afluentes principales, mientras que en otros se establece solo para la corriente principal. En el caso en que se especificaban los objetivos de calidad para cada una de las corrientes, se procedió a extraer la misma información enunciada en la metodología para cada una, así fuera el mismo PORH.

Existen en otros casos, la conformación de categorías o clases que se encuentran conformados por usos diferentes del agua, como por ejemplo, Categoría I: uso potencial para consumo humano y doméstico, y preservación de la fauna y flora (CORANTIOQUIA., 2018). Esto genera, que los objetivos de calidad no estén discriminados por usos específicos, tal como lo estipula el artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015, sino por la categoría que las agrupa según el artículo 2.2.3.2.20.1 del mismo decreto, así entonces los parámetros tenidos en cuenta para la categoría I son iguales tanto para el consumo humano como para la preservación de la fauna y flora.

En cuanto a los parámetros que deben ser monitoreados según las consideraciones de la Tabla 1, se evidenció que los PORH no justifican la exclusión del monitoreo de metales y

metaloides, incluso cuando en la fase de diagnóstico del cuerpo de agua se registraron vertimientos de tipo industrial, como por ejemplo en los objetivos de calidad del río Orotoy, PORH de la quebrada Sinifaná, PORH de la quebrada Magallo, PORH de los ríos Amagá, Mulatos e Ité, y el PORH del río Chinchiná, por lo que se desconoce la razón de solo determinar los parámetros fisicoquímicos básicos.

En otros casos, se presentó que dentro de la caracterización del cuerpo de agua se monitorearon metales y metaloides, sin embargo, no eran determinantes para definir los objetivos de calidad asociados a la preservación de la fauna y flora. Este es el caso del PORH del río Aburrá – Medellín, en el que establecen diferentes tipos de campañas de la siguiente manera: monitoreo para los objetivos de calidad, monitoreo de muestra compuesta y monitoreo de calidad en quebradas. En el monitoreo para los objetivos de calidad se establece la medición de las variables objeto de cumplimiento para los objetivos de calidad (pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅, demanda química de oxígeno, Coliformes totales, Coliformes fecales, grasas y aceites, color verdadero, sustancias activas al azul de metileno – SAAM, nitrógeno total, fósforo total, olor y BMWP-COL), así como las sustancias de interés sanitario: cadmio total, cobre total, cromo total, mercurio total, níquel total y plomo total, o aquellas se consideren pertinentes por las autoridades ambientales con jurisdicción en el cuerpo de agua (Área Metropolitana del Valle de Aburrá., 2017). Sin embargo, en los resultados presentados en la fase de diagnóstico y de formulación del PORH, sólo se realiza el análisis de resultados para los parámetros fisicoquímicos iniciales, excluyendo a los metales y metaloides considerados como de interés sanitario, sin ninguna justificación para su exclusión, así como tampoco, el motivo de no establecerlos como criterios de calidad.

Para el PORH de los ríos San Andrés, Anorí y Tarazá se realizaron monitoreos de diferentes variables fisicoquímicas, entre las cuales se encuentran los metales y metaloides como el arsénico total, bario total, cadmio total, cobre total, cromo total, hierro total, mercurio total, níquel total, plomo total y zinc total (CORANTIOQUIA., 2019). Los resultados de la fase de diagnóstico del río San Andrés, mostraron que el arsénico total y el hierro total presentaron concentraciones superiores al límite de cuantificación - LC empleada por el laboratorio, en algunas de las estaciones o épocas climáticas del monitoreo. En el caso del río Tarazá, los parámetros arsénico total, cobre total, cromo total, hierro total, níquel total, plomo total y zinc total, presentaron concentraciones

superiores a las establecidas por el laboratorio ya sea en alguno de los sitios de monitoreo o épocas climáticas. Y el río Anorí, presentó concentraciones superiores al límite de cuantificación empleada por el laboratorio para los parámetros arsénico total, hierro total y zinc total. Sin embargo, en ninguno de los cuerpos de agua, se establecen estos metales o metaloides como criterios de calidad para definir el uso del agua para la preservación de la fauna y flora acuática.

Lo anterior, también se presenta en el PORH de los ríos Amagá, Mulatos e Ité. Específicamente para el río Ité, se presenta esta condición con los parámetros: cadmio total, hierro total, magnesio total, plomo total y zinc total, en el que los objetivos de calidad solo establecen el mercurio total como criterio de calidad. El río Mulatos presentó concentraciones por encima de límite de cuantificación para los metales cadmio total, hierro total, magnesio total y plomo total, sin establecer ningún metal como criterio de calidad.

Esta situación se presenta en diferentes cuerpos de agua de variadas corporaciones, los cuales se listan a continuación: La Sopetrana, río Aurra, río Guadalupe, río Piedras, Río Tillavá-Caño Rubiales y Caño Masififeriana, río Manzanares, río Pasto, río Cañaveralejo, río Yumbo, río Melendez, y río Roble.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, se tiene que de los PORH y resoluciones donde se establecen los objetivos de calidad que fueron revisados, 32 no establecen como uso potencial para la fuente hídrica la preservación de la fauna y flora en ninguno plazo de planificación mientras que, 49 corrientes sí los establecen. Los parámetros más comunes para establecer los objetivos de calidad asociados a la preservación de la fauna y flora corresponden a pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅, sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal, fósforo total, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes. Mientras que los metales y metaloides no fueron tan comunes. Siendo únicamente el pH y el oxígeno disueltos variables que se incluyen dentro de los parámetros establecidos para destinar el uso del recurso hídrico para la preservación de la fauna y flora según la tabla presentada en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015.

Metales y metaloides en los ODC de los PORH

A continuación, se presentan las fuentes hídricas en las que en la fase de diagnóstico del PORH se monitorearon metales o metaloides y que además se incluyeron los metales y metaloides como parte de los objetivos de calidad asociados al uso del agua para la preservación de la fauna y flora según el Decreto 1076 de 2015.

Metales y metaloides en los ODC del Caño Sibao¹

El Caño Sibao se encuentra en jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena - CORMACARENA. Atraviesa el casco urbano del municipio de Granada y desemboca en la microcuenca del río Ariari. Recibe la mayor carga de aguas residuales en diferentes sitios debido a que esta agua no tiene ningún tipo de tratamiento, teniendo altos niveles de contaminación tanto en la ronda hídrica como en el cauce. Para este cuerpo de agua se establecieron 3 estaciones de monitoreo en el que se monitorearon los parámetros: temperatura del agua y del ambiente, pH, conductividad, Coliformes totales y fecales, alcalinidad total, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno - DQO, DBO5, sólidos totales, ortofosfatos, nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal. Como se evidencia, no se realizó mediciones de ningún metal o metaloide.

Según la información del PORH, para la selección de los parámetros de calidad del agua para definir los objetivos de calidad, se realizó la revisión de estándares de calidad a nivel nacional, legislación actual y propuesta para el país en relación a los usos, criterios y objetivos de calidad, también se revisó bibliografía nacional especializada y normas de calidad a nivel internacional. Así entonces, mediante la aplicación de un método selectivo se escogieron 24 parámetros, partiendo de los 59 propuestos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actual MADS, para controlar los vertimientos. Adicionalmente, en el establecimiento de los ODC, se seleccionó el tramo correspondiente al comprendido entre el nacimiento y hasta aguas arriba del área urbana

¹ Formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico Río Ocoa, Caños Buque y Maizaro en el municipio de Villavicencio; Caños Irique y Sibao en el municipio de Granada; Caño Camoa en el municipio de San Martín, Caños Cural y Curalito en el municipio de Fuente de Oro; Río Upín, y Caño Seco, Caraño y Caney en el municipio de Restrepo. CORMACARENA., 2011

del municipio de Granada, con el uso para la preservación de la fauna y flora a corto, mediano y largo plazo (CORMACARENA, 2011).

Metales y metaloides de los ODC de la Quebrada La Cianurada y Quebrada El Aporriado²

La Quebrada la Cianurada y Quebrada El Aporriado se encuentran en jurisdicción de CORANTIOQUIA, ambas se encuentran ordenadas en el mismo PORH. En éste se llevó a cabo el monitoreo para 13 sitios sobre el cauce principal donde se incluyeron diferentes parámetros fisicoquímicos, en cuanto a metales y metaloides, se monitoreó el cobre total, cromo total, hierro total, mercurio total, magnesio total y plomo total. Dentro del análisis realizado se estableció que las concentraciones de mercurio total fueron altas para este cuerpo de agua, registrándose en tres sitios de monitoreo valores de 0,186 mg Hg/L, 0,252 mg Hg/L y 0,182 mg Hg/L. También afirman que otros sitios donde las concentraciones fueron inferiores al límite de cuantificación cumplen con la norma para la destinación del recurso en uso humano y doméstico requiriendo tratamiento convencional o solo desinfección (0,002 mg Hg/L) y para uso pecuario y preservación de fauna y flora (0,010 mg Hg/L) (CORANTIOQUIA., 2016 a), estos valores se establecieron en la fase de formulación según los criterios definidos en la normatividad complementados con otras normativas y expertos en caso de que no se estableciera un valor de referencia en el país. En cuanto al plomo total, se registró en las quebradas receptoras valores promedio de 7,080 mg Pb/L para el primer monitoreo y de 3,870 mg Pb/L para el segundo monitoreo. En el caso de las fuentes abastecedoras, se registró un promedio de 0,150 mg Pb/L y 0,010 mg Pb/L para el primer y segundo periodo respectivamente (CORANTIOQUIA., 2016a).

Los objetivos de calidad presentados en el PORH se establecieron con base en las variables de calidad de agua monitoreadas en la fase de diagnóstico y que se simularon en el modelo de calidad implementado. Así entonces, se definió el uso potencial para la preservación de la fauna y flora en el tramo 1 entre el kilómetro (0,00 – 0,54) de la Quebrada La Cianurada (CORANTIOQUIA., 2016 b).

² Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada la Cianurada. CORANTIOQUIA, 2016

En la Quebrada El Aporriado se determinó en diferentes tramos la preservación de la fauna y flora, sin embargo, tiene usos del agua compartidos como el uso agrícola, el uso pecuario, y el uso para la recepción, asimilación y transporte de vertimientos, éste último uso del agua, es permitido si se cumple con un nivel de tratamiento previo que permita reducir la carga contaminante en un porcentaje establecido por la autoridad ambiental, además deberá cumplir lo estipulado en la Resolución 0631 de 2015 (CORANTIOQUIA., 2016 b). El artículo 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015 establece para el uso del agua en actividades pecuarias una concentración de 0,01 mg Hg/L para el mercurio total, por lo tanto, este fue el criterio que se tuvo en cuenta para que en los tramos donde se compartiera el uso del agua para la preservación de la fauna y flora y el pecuario fuera de 0,01 mg Hg/L.

Metales y metaloides de los ODC de la Unidad hidrográfica del Embalse de Tominé y la unidad hidrográfica del río Teusacá³

Para el caso de la unidad hidrográfica del Embalse de Tominé y la unidad hidrográfica del río Teusacá, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO), se realizó el monitoreo en 47 sitios, donde se monitorearon metales y metaloides como el arsénico total, cadmio total, cobre total, cromo total, hierro total, mercurio total, níquel total, plata total, magnesio total, manganeso total, plomo total y zinc total. Los resultados obtenidos para la caracterización demostraron que el mercurio total se encontró por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio. En cuanto al cromo total solo se reportó una concentración superior al límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio para la primera campaña de monitoreo. Mientras que, el hierro total, manganeso total y plata total si presentan concentraciones superiores al LC en varios de los sitios de monitoreo.

³ Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la unidad hidrográfica del embalse de Tominé del cual hacen parte los ríos Siecha - Aves y principales tributarios, y de la unidad hidrográfica del río Teusacá y principales tributarios. CAR y CORPOGUAVIO, 2020

En cuanto al níquel total, se encontró en la primera campaña 5 sitios que superaron el límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, reportando concentraciones de 0,0031 mg Ni/L, 0,0032 mg Ni/L, 0,0030 mg Ni/L, 0,0050 mg Ni/L y 0,0041 mg Ni/L. Mientras que, en la segunda campaña se registraron tres sitios que superan el límite de cuantificación siendo 0,0066 mg Ni/L, 0,0030 mg Ni/L y 0,0050 mg Ni/L. El único sitio que registró concentraciones superiores de níquel total para ambas campañas fue el número 28 (punto T13) (CAR y CORPOGUAVIO., 2020).

El plomo total en el PORH del Embalse Tominé y río Teusecá, presentó solo dos concentraciones superiores al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio, dando como resultado valores de 1,1190 mg Pb/L y 0,1140 mg Pb/L en la primera campaña de monitoreo. Mientras que, en la segunda campaña de monitoreo todas las mediciones fueron inferiores al LC del laboratorio (CAR y CORPOGUAVIO., 2020).

Así mismo, los usos del agua fueron catalogados por clases, siendo la Clase I la correspondiente a los valores para el uso del agua en consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de la fauna y flora, uso agrícola y uso pecuario (CAR y CORPOGUAVIO., 2020). Según el Decreto 1076 de 2015, para que el agua sea utilizada para consumo humano con tratamiento convencional, la normatividad establece una concentración de 0,002 mg Hg/L de mercurio total (artículo 2.2.3.3.9.3), mientras que para el uso pecuario, establece una concentración de 0,010 mg Hg/L (artículo 2.2.3.3.9.6), siendo más restrictivo el primero de estos. Por lo tanto, esta fue la razón de establecer una concentración de 0,002 mg Hg/L para la clase I.

Metales y metaloides de los ODC del Caño Palomarcado⁴

El monitoreo realizado en la fase de diagnóstico del PORH para este cuerpo de agua, se ejecutó en tres estaciones donde se determinaron las concentraciones de arsénico total, cromo total, cadmio total y plomo total, sin embargo, no presentan los resultados para ninguno de estos metales

⁴ Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Caño Palomarcado. CORMACARENA, 2013

y metaloides en el documento. (CORMACARENA., 2013). Posteriormente, se establece el parámetro plomo total, como un criterio de calidad para destinar el uso del agua a la preservación de la fauna y flora, estableciendo una concentración de 0,02 mg Pb/L

Estudios de determinación de CL ⁹⁶ 50

Como resultado de la búsqueda de estudios científicos, se encontró que todas las investigaciones que se incluyeron en la revisión del presente trabajo, tienen en común el uso de la misma especie Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). Los peces son organismos usados comúnmente en la realización de bioensayos, ya que son excelentes para el cultivo en laboratorio y tienen una alta tasa de mortandad después de la recolección en campo. La selección del organismo dependerá de los objetivos del programa toxicológico, la información disponible del organismo, las características de las especies y las instalaciones y equipos de laboratorio con los que se cuenta (Vásquez y Calderón, 2010).

La especie *Oncorhynchus mykiss*, fue escogida debido a su biología, la cual habita sistemas hídricos con aguas limpias y poco turbias, con cauces con marcados desniveles topográficos que originan cascadas, altas velocidades de corriente y saltos, comunes de cuerpos de agua de alta montaña, siendo Colombia, una región apropiada para el cultivo de esta especie. Además, es una especie altamente sensible a la contaminación de su hábitat (Vásquez y Calderón., 2010).

Norma ecuatoriana TULSMA

En el presente trabajo, nos centraremos en la norma ecuatoriana TULSMA debido a su cercanía con Colombia, ya que, si bien las condiciones naturales y ecosistémicas son propias de cada territorio, pueden tener mayores similitudes a las normas mexicanas, canadiense y la EPA.

A continuación, se presenta una síntesis de los metales y metaloides recopilados en los diferentes estudios.

Mercurio total (Hg)

Tres de los PORH revisados determinaron objetivos de calidad asociados al mercurio total, donde el Caño Sibao, la Quebrada La Cianurada y El Aporriado (mismo PORH) presentaron el mismo valor de 0,010 mg Hg/L, sin embargo, este difiere de la concentración establecida para el Embalse Tominé y el río Teusecá, en el cual se estableció una concentración de 0,002 mg Hg/L.

De los resultados mencionados anteriormente en el numeral 0, se concluye que para el mercurio total, los PORH donde se encuentra la Quebrada el Aporriado y el Embalse de Tominé y río Teusecá establecen la concentración de este metal según los usos compartidos con la preservación de la fauna y flora, siendo el pecuario para el primer caso (0,010 mg Hg/L), y el de consumo humano con tratamiento convencional para el segundo (0,002 mg Hg/L). En cuanto a la información existente del Caño Sibao, donde además de este uso, se designó el uso recreativo con contacto primario y el uso agrícola, se encontró que para el establecimiento de los criterios de calidad a aplicar en las diferentes fuentes de agua priorizadas por la corporación, se utilizaron diferentes fuentes de información y entre éstas, se encuentra el valor establecido para el mercurio total en el uso agrícola, correspondiente a 0,010 mg Hg/L, citando el documento “Parámetros de calidad para el uso de aguas residuales. Guías de calidad de efluentes para protección de la salud” (CORMACARENA., 2011).

Para la Quebrada La Cianurada, se determinó una concentración de 0,010 mg Hg/L para el mercurio total en los tres periodos de planificación, sin embargo, no es explícito cuál fue la razón para determinar dicha concentración en el PORH, ya que si bien, en la fase de formulación establecen la metodología para definir los criterios de calidad, la concentración de mercurio total solo concuerda con el establecido para el uso del agua en actividades pecuarias, lo que es contradictorio con el establecimiento de objetivos de calidad donde la preservación de la fauna y flora no comparte usos del agua con ninguna actividad.

En la Tabla 3 se presentan las concentraciones establecidas en los ODC de los diferentes PORH para el parámetro mercurio total.

Tabla 3 Concentración establecida para el mercurio total en los cuerpos de agua priorizados en cada PORH

Cuerpo de agua	Concentración (mg/L)	Fuente
Caño Sibao	0,0100	CORMACARENA, 2011
La Cianurada (Quebrada el Aporriado)	0,0100	CORANTIOQUIA, 2016
Embalse Tominé y río Teusacá	0,0020	CAR y CORPOGUAVIO, 2020
TULSMA	0,0002	Ministerio de Ambiente, 2015

Fuente: Elaboración propia

Níquel total (Ni)

De los PORH revisados que determinaron la concentración de níquel total dentro de sus objetivos de calidad para la preservación de la fauna y flora, se encuentra el Caño Sibao en jurisdicción de CORMACARENA y el Embalse de Tominé y río Teusecá en comisión conjunta entre la CAR y CORPOGUAVIO. Estos cuerpos de agua fueron definidos anteriormente.

En el caso del Caño Sibao, se estableció junto con la preservación de la fauna y flora, los usos del agua para uso recreativo con contacto primario y el uso agrícola. Según el artículo 2.2.3.3.9.5 donde se establecen los criterios de calidad para el uso agrícola, se establece una concentración para el níquel total de 0,20 mg Ni/L, mientras que el uso recreativo con contacto primario no se estableció concentraciones para metales y metaloides. Según lo anterior, la concentración de níquel total para la preservación de la fauna y flora correspondió al valor normativo para uso agrícola (0,20 mg Ni/L).

En la definición de los ODC del Embalse de Tominé y río Teusacá, la CAR establece que según los resultados de calidad hídrica de estos cuerpos de agua, se debe prolongar hasta el año 2030, el Acuerdo 043 de 2006 en el que se determinan los objetivos de calidad para la cuenca del río Bogotá, ya que los cuerpos de agua aquí expuestos pertenecen a dicha cuenca (CAR y CORPOGUAVIO., 2020). Por lo tanto, se hizo la búsqueda del Acuerdo 043 de 2006, en el que se estableció la concentración de 0,01 mg Ni/L para níquel total como condición ideal según la Propuesta de Metodología para la determinación de los objetivos de calidad de la cuenca del río Bogotá, realizado por la CAR en el 2006 (CAR., 2006). Sin embargo, no fue posible consultar este documento y así llegar a identificar el criterio utilizado para definir esta concentración. También

es importante recordar que según los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 de 2015, solo el uso agrícola determina concentración de níquel total, siendo este de 0,2 mg Ni/L.

De lo anterior, se concluye que el valor establecido para el Caño Sibao es igual al determinado en el Decreto 1076 de 2015 para el uso agrícola, ya que para este cuerpo de agua se establecieron varios usos del agua junto con la preservación de la fauna y flora, los cuales son, el uso en actividades recreativas con contacto primario y el uso del agua para la agricultura.

En cuanto al Embalse Tominé y el río Teusacá, no fue posible encontrar información de la Propuesta de Metodología para la determinación de los objetivos de calidad de la cuenca del río Bogotá, en el que determinan que la concentración para el níquel total es de 0,010 mg Ni/L.

En la Tabla 4 se presentan las concentraciones establecidas en los ODC de los diferentes PORH para el parámetro níquel total.

Tabla 4 Concentración establecida para el níquel total en los cuerpos de agua priorizados en cada PORH

Cuerpo de agua	Concentración (mg/L)	Fuente
Caño Sibao	0,200	CORMACARENA, 2011
Embalse Tominé y río Teusacá	0,010	CAR y CORPOGUAVIO, 2020
TULSMA	0,025	Ministerio de Ambiente, 2015

Fuente: Elaboración propia

Plomo total (Pb)

Este metal fue considerado como criterio de calidad para el Caño Sibao, Quebrada la Cianurada, Quebrada el Aporriado, el Embalse Tominé y río Teusacá, Caño Palomarcado y Río Guamal, estos últimos en jurisdicción de CORMACARENA.

Se recuerda, que los objetivos de calidad de Caño Sibao comparten diferentes usos del agua en el mismo tramo, siendo para este caso, la preservación de la fauna y flora, el uso recreativo con contacto primario y el uso agrícola. Para este último uso, el Decreto 1076 de 2015 en su artículo

2.2.3.3.9.5 una concentración permisible de 5 mg Pb/L, lo que justifica la determinación de este valor en el PORH.

Tanto para la Quebrada La Cianurada como para el Aporriado se definió la preservación de la fauna y flora como uso potencial estableciendo una concentración de plomo total de 0,01 mg Pb/L en los objetivos de calidad. Se recuerda que la Quebrada el Aporriado comparte diferentes usos de agua, como con el agrícola y el pecuario, donde el Decreto 1076 de 2015 establece para el plomo total una concentración de 5,00 mg Pb/L y 0,10 mg Pb/L para las aguas destinadas al uso agrícola y pecuario respectivamente. Como se evidencia, los valores establecidos en de la normatividad no coinciden con los propuestos en los objetivos de calidad, siendo más restrictivo el establecido en el PORH.

Al igual que en el PORH anterior, no se encuentra una razón que justifique la concentración de plomo total establecida en los objetivos de calidad para el Embalse de Tominé y río Teusecá, debido a que la Propuesta de Metodología para la determinación de los objetivos de calidad de la cuenca del río Bogotá, no se encuentra disponible en la red.

En cuanto al Caño Palomarcado, solo se estableció el uso para la preservación de la fauna y flora sin indicar cuál es el motivo de establecer un valor de 0,02 mg Pb/L. En el caso del río Guamal, no se realizó el monitoreo del parámetro plomo total, sin embargo, establecen una concentración de 0,02 mg Pb/L para destinar el agua en la preservación de la fauna y flora (CORMACARENA, 2013).

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones establecidas en los ODC de los diferentes PORH para el parámetro plomo total.

Tabla 5 Concentración establecida para el plomo total en los cuerpos de agua priorizados en cada PORH

Cuerpo de agua	Concentración (mg/L)	Fuente
Caño Sibao	5,00	CORMACARENA, 2011
La Cianurada (Quebrada el Aporriado)	0,01	CORANTIOQUIA, 2016
Embalse Tominé y río Teusacá	0,01	CAR y CORPOGUAVIO, 2020
Caño Palomarcado	0,02	CORMACARENA, 2013
Río Guamal	0,02	CORMACARENA, 2013

Fuente: Elaboración propia

Otros metales

Se encontró que el único PORH que establece objetivos de calidad asociados a otros metales y metaloides diferentes a los mencionados anteriormente, como el arsénico total, el cadmio total y el cromo hexavalente para la preservación de la fauna y flora fue el Caño Sibao, el cual establece a su vez, el uso recreativo con contacto primario y el uso agrícola. Estos valores fueron determinados a partir de normas y la consulta de referencias sobre el tema de acuerdo con el tipo de agua y sus respectivos usos, así mismo, se tuvo en cuenta la experiencia del equipo consultor cuando se encontró ausencia de los valores de referencia..

Adicionalmente, se encontró que el PORH del Embalse de Teusecá y río Tominé, es el único que dentro de los objetivos de calidad para la preservación de la fauna y flora establece concentraciones para los metales: cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), plata (Ag) y selenio (Se), los cuales se muestran en la Tabla 6.

En la Tabla 6 se presenta la compilación de las concentraciones determinadas para el arsénico total, cadmio total, cromo hexavalente, cromo total, hierro total, manganeso total y plata total establecidos en los PORH Caño Sibao y Embalse de Teusecá y río Tominé. Así mismo, se presenta las concentraciones de los parámetros establecidos en el Anexo 1 del Libro VI de la legislación ecuatoriana TULSMA para la preservación de la fauna y flora acuática, como los valores establecidos de CL⁹⁶₅₀ de las investigaciones científicas encontradas.

Tabla 6 Concentraciones establecidas de metales y metaloides para el uso del agua de preservación de fauna y flora

Parámetro	Concentración (mg/L)	Fuente
Arsénico	0,100	CORMACARENA., 2011
	0,050	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
Cadmio (Cd)	0,010	CORMACARENA., 2011
	0,001	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	0,100	CORMACARENA., 2011
Cromo (Cr)	0,050	CAR y CORPOGUAVIO., 2020
	0,050	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
Hierro (Fe)	0,100	CAR y CORPOGUAVIO., 2020

Parámetro	Concentración (mg/L)	Fuente
	0,300	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
	1,391*	Vásquez y Calderón., 2010
Manganeso (Mn)	0,100	CAR y CORPOGUAVIO., 2020
	0,100	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
	0,542*	Vásquez y Calderón., 2010
Plata (Ag)	0,010	CAR y CORPOGUAVIO., 2020
	0,010	Ministerio de Ambiente ecuatoriano
	0,421 x10 ⁻⁶ *	Ramírez., 2010
Boro (B)	105,190*	Rivera y Molina, 2010
Cobre (Cu)	0,066*	Barreto y Peralta., 2009
Zinc (Zn)	0,704*	
Aluminio (Al)	2,018*	Corpus., 2010

*Concentración letal expresada en mg/L

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 7** se presenta la compilación de las concentraciones de metales y metaloides recopiladas de las diferentes fuentes de información y que fueron establecidas para el uso del agua de preservación de fauna y flora.

Tabla 7 Concentración de metales y metaloides establecidos para el uso del agua de preservación de la fauna y flora

	Cormacarena , 2011	Corantioquia, 2016	CAR y Corpoguvio, 2020	Cormacarena , 2013	Cormacarena , 2013	Ministerio de Ambiente, 2015	Vásquez y Calderón, 2010	Ramírez, 2010	Rivera y Molina, 2010	Barreto y Peralta,2009	Corpus, 2010
As	0,100					0,050					
Cd	0,010					0,001					
Cr ⁺⁶	0,100										
Hg	0,010	0,010	0,002			0,0002					
Ni	0,200		0,010			0,0300					
Pb	5,000	0,010	0,010	0,020	0,020						
Cr			0,050			0,050					
Fe			0,100			0,300	1,390				
Mn			0,100			0,100	0,540				
Ag			0,010			0,010		0,421x10 ⁻⁶			
B									105,190		
Cu										0,070	
Zn											
Al											2,020

Fuente: Elaboración propia., 2021

Conclusiones

Del estado de arte realizado se puede evidenciar que los PORH con los que actualmente cuenta el país son muy pocos en comparación con las 311 subzonas hidrográficas establecidas por el IDEAM, donde a la fecha, se han desarrollado 63 PORH y 18 resoluciones de establecimiento de objetivos de calidad. De éstos el 60,49 % determina dentro de sus objetivos de calidad el uso del agua para la preservación de la fauna y flora acuática, sin embargo, solo el 10,20 % establecen metales o metaloides para los criterios de calidad.

Los resultados obtenidos evidencian la poca información asociada al establecimiento de metales y metaloides en los objetivos de calidad para determinar el uso de un cuerpo de agua para la preservación de la fauna y flora acuática, ya que no se sigue la metodología establecida en el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015, donde las concentraciones de los criterios de calidad están en función de los bioensayos para determinar la CL^{96}_{50} . Si bien, las Corporaciones son las encargadas de determinar los parámetros a monitorear según las actividades económicas que realizan vertimientos al cuerpo de agua, se encontró dentro de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico revisados, que no justifican la razón de no incluir los metales y metaloides, incluso cuando se han evidenciado vertimientos de actividades industriales en el cuerpo de agua.

Se evidenció además, que en varios de los PORH donde sí se monitorearon metales y metaloides, los cuales dieron resultados cuantificables superiores a los límites de cuantificación utilizados por el laboratorio, no son determinantes para establecer los criterios de calidad asociados a la preservación de fauna y flora acuática, sin ninguna justificación de esto.

Así mismo, el establecimiento de las concentraciones de metales y metaloides para la preservación de la fauna y flora acuática de los PORH donde los establecieron, correspondían a los valores normativos para los usos de agua que compartían. Y en algunos otros casos, no se pudo determinar o no se contó con la información requerida, para entender cuáles fueron los criterios tenidos en cuenta a la hora de establecer la concentración de metales y metaloides.

Referencias Bibliográficas

Acuerdo 043 de 2006 [Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)]. Por el cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020. 17 de octubre de 2006.

Área Metropolitana Valle de Aburrá (AMVA). (2016). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Aburrá-Medellín. Fase prospectiva.*

Área Metropolitana Valle de Aburrá (AMVA). (2017). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Aburrá-Medellín. Fase formulación.*

Barreto, J., y Peralta, G. (2009). Determinación de la concentración letal media (CL50-96) de cobre (Cu) y Cinc (Zn) mediante pruebas toxicológicas (bioensayos), utilizando alevinos de *Oncorhynchus mykiss* (Trucha arco iris). *Revista Ciencia Unisalle.*

Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. (2007). *A Protocol for the Derivation of Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.*

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) (2018 a). *Formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico - PORH Quebrada Sinifaná.*

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) (2018 b). *Formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico - PORH Ríos San Andrés, Anorí y Tarazá, Formulación Río San Andrés.*

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) (2016 a). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) Quebrada La Cianurada. Fase II Diagnóstico.*

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) (2016 b). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) Quebrada La Cianurada. Fase IV Formulación.*

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Corporación Autónoma Regional del Guavio (CORPOGUAVIO) (2020). *Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la unidad hidrográfica del Embalse de Tominé del cual hacen parte los ríos Siecha-Aves y principales tributarios, y de la unidad hidrográfica del río Teusacá y principales tributarios en la jurisdicción de la CAR y CORPOGUAVIO las cuales pertenecen a la cuenca del río Bogotá.*

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA). (2011). *Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico río Ocoa, Caños Buque y Maizaro en el municipio de Villavicencio, Caños Irique y Sibao en el municipio de Granada, Caño Camoa, en el municipio de San Martín, Caños Cural y Curalito en el municipio de Fuente de Oro, río Upín, y Caños Seco, Caraño, Caney en el municipio de Restrepo.*

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA). (2013). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Caño Palomarcado.*

Corpus, A. (2010). Determinación de la concentración letal media (CL50-96) del aluminio mediante pruebas toxicológicas utilizando alevinos de *Oncorhynchus mykiss* (Trucha arco iris). *Revista Ciencia Unisalle.*

Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico. (2018). *Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial.*

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Ambiente”* (p. 651). <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1937.tb03385.x>

Ministerio de Ambiente (2015). *Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio de Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico* (p. 128).

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo. (2014). *Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico*.

National Geographic España. (2021). *La tabla periódica, la forma de ordenar los elementos químicos*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/tabla-periodica-forma-ordenar-elementos-quimicos_15988.

Observatorio Colombiano de Gobernanza del Agua. (s.f). *Administración del recurso hídrico en Colombia*. <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/instrumentos-de-planificacion-y-administracion-del-recurso-hidrico>.

Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (s.f) *Base de datos FAOLEX. Decreto N° 3.399-Expide el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente*. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC112139/>.

Pabón, S.E., Benítez, R., Sarria-Villa, R.A. y Gallo, J.A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14 (27), 9-18.

Ramírez, A. (2010). Determinación de la concentración letal media (CL50-96) de plata mediante pruebas toxicológicas (bioensayos), utilizando alevinos de *Oncorhynchus mykiss* (Trucha arco iris). *Revista Ciencia Unisalle*.

Real Academia Española (2020). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/metaloide>.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 16 (2), 66-77.

Rivera, Y., y Molina, D. (2010). Determinación de la concentración letal media (CL50-96) de selenio y boro sobre alevinos de Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante bioensayos. *Revista Ciencia Unisalle*.

Universidad de Antioquia, & Área Metropolitana de Valle Aburrá. (2017). *Aunar refuerzos para la apropiación tecnológica y del conocimiento para la gestión integral del recurso hídrico superficial y subterráneo, en el contexto de la operación de la red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del río Aburrá-Medellín y la formulación de instrumentos de planificación*. 80.

Vásquez, Y., y Calderón, D. (2010). Determinación de la concentración letal media (CL50-96) de hierro y manganeso mediante bioensayos utilizando alevinos de Trucha arco iris. *Oncorhynchus mykiss*. *Revista Ciencia Unisalle*.

Anexo 1. Registro de PORH

CORPORACIÓN	NOMBRE DE LA FUENTE	Año
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la corriente río Las Ceibas que discurre por el municipio de Neiva, Departamento del Huila	2018
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada Garzón y sus principales tributarios que discurren por el municipio de Garzón, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico del Río Guaracó y sus principales tributarios que discurren por los municipios de Baraya, Tello y Villavieja, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada El Hígado y sus principales tributarios que discurren por el municipio de Tarqui, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada el Hobo y sus principales tributarios que discurren por el municipio del Hobo, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada La Honda y sus principales tributarios que discurren por el municipio de Gigante, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada las Vueltas y sus principales tributarios que discurren por los municipios de Gigante y Hobo, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada Los Micos y sus principales tributarios, jurisdicción de Neiva, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada Majo y sus principales tributarios que discurren por el municipio de Garzón, Departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Río Pedernal y sus principales tributarios que discurren por los municipios de Teruel y Aguará en el departamento del Huila	2019
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la	2019

	Quebrada el Pescador y sus principales tributarios que discurren por el municipio del Hobo, departamento del Huila	
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la corriente río Frío que discurre por el municipio de Rivera, departamento del Huila	2018
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la corriente del río Neiva y sus principales tributarios que discurren por los municipios de Algeciras, Campoalegre y Rivera, departamento del Huila	2018
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la corriente del río Frío discurre por el municipio de Campoalegre, departamento del Huila	2018
	Resolución por medio de la cual se adopta el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la corriente hídrica río Villavieja que discurre por los municipios de Tello y Villavieja en el departamento del Huila	2019
Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Aburrá-Medellín	2016
Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS	Apoyo en el proceso de ordenamiento del recurso hídrico de la cuenca del río Chinchiná	2013
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) río Alto Suárez	2017
	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos Amagá, Mulatos e Ité. (Río Amagá)	2019
	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos San Andrés, Anorí y Tarazá (Anorí)	2019
	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos Amagá, Mulatos e Ité. (Río Ité)	2018
	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos Amagá, Mulatos e Ité. (Río Mulatos)	2018
CORANTIOQUIA	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos San Andrés, Anorí y Tarazá (Tarazá)	2018
	Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en los ríos San Andrés, Anorí y Tarazá (San Andres)	2018
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada La Cianurada	2016
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada La Sopetrana	2016
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para la Quebrada Magallo y sus principales tributarios	2016

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para la Quebrada San Mateo y sus principales tributarios	2016
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para la Quebrada La Sinifaná y sus principales tributarios	2016
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Río Aurrá	2017
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el río Grande y sus principales tributarios	2015
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Río Guadalupe	2017
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Río Piedras	2016
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el Río Poblano y sus principales tributarios	2018
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el río San Juan y sus principales tributarios	2018

Formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico Río Ocoa, Caños Buque y Maizaro en el municipio de Villavicencio. Caños Irique y Sibao en el municipio de Granada
Caño Camoa en el municipio de San Martín
Caños Cural y Curalito en el municipio de Fuente de Oro
Río Upín, y Caño Seco, Caraño y Caney en el municipio de Restrepo

2011

CORMACARENA (Obj. Cal. Periodo 2010-2020)

Formulación y ordenamiento del recurso hídrico Río Chichimene	2014
Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad, para el Caño Marato y río Guarrojo en el municipio de Puerto Gaitán-Meta, en jurisdicción de CORMACARENA	2014
Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad para los cuerpos de agua receptores de vertimientos de aguas residuales de las áreas urbanas de Puerto López y Restrepo - Meta	2018
Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad en los tramos definidos	2018

	para el Caño Aguas Claras, municipio El Dorado y Castillo	
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad en los tramos definidos para el río Aríari en los municipios de Puerto Rico y Puerto Concordia-Meta	2018
CAR, CORPOGUAVIO Y CORMACARENA	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad del tramo uno del río Guayuriba	2019
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad, para el Caño Domo en el municipio de Puerto Gaitán-Meta	2013
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad, para el Río Negro en los municipios de Villavicencio y Puerto López-Meta	2013
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad, para la Quebrada el Playón, Caño Coalto y Granada en el municipio de Acacias-Meta	2013
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad, para el tramo del Caño Chunaipo en el municipio de San Martín-Meta	2013
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad del tramo 1 del Caño La Cumbre	2009
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad del tramo 1 y 2 del río Quejar	2009
CORMACARENA	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad del tramo 1 y dos del río Guape	2009
	Resolución por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad para el tramo 1 del Caño Acacias y tramo 1 del Caño San Juan Bosco	
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico cuenca del Río Tillavá-Caño Rubiales y Caño Masififeriana	2016
	Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Río Guamal - Río Humadea	
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Caño Palomarcado	2013
	Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Río Guamal	2013
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Caño Turuy	2013
	Objetivos de calidad del río Orotoy	2011
	Objetivos de calidad del río Acaciitas	2011
	Objetivos de calidad del río Acacias	2011
CORNARE. PORH Y OBJETIVOS DE CALIDAD DE LAS FUENTES	Resolución por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico -	2016

RECEPTORAS DE VERTIMIENTOS EN LOS 26 MUNICIPIOS EN LA JURISDICCIÓN DE CORNARE PARA EL PERIODO 2016-2016	PORH y los Objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos en los 26 municipios de la jurisdicción de CORNARE	
Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG	Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Manzanares	2020
Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACA	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la cuenca alta y media del río Chicamocha	2015
CORPOBOYACÁ Y CORPOCHIVOR	Resolución por medio d la cual se establecen los objetivos de calidad de agua en las subcuencas Teatinos, Juyasía y Tibaná	2018
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO	Plan de Ordenación del río Pasto	2011
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA-CVC	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada El Rincón y la Sonora	2019
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Río Cañaveralejo	2019
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Río Yumbo	2019
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Bitaco y sus principales tributarios Río Pavas y sistema quebrada Aguamona-Río Grande	2019
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH cauce natural del río Lili	2019
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - POTH cauce natural del río Melendez	2019
CAR Y CORPOGUAVIO	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la unidad hidrográfica del embalse de Tominé del cuan hacer parte los ríos Siecha - Aves y principales tributarios, y de la unidad hidrográfica del río Teusacá y principales tributarios	
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH para la cuenca del río Blanco-Negro-Guayuriba y sus principales tributarios	2017
	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de las unidades hidrográficas de los ríos Sueva,Zaque y Salinero	2015
Corporación Autónoma Regional del Quindío-CRQ	Ordenamiento del recurso hídrico del cuenca del río Quindío	2015
	Plan de ordenamiento del recurso hídrico del río Roble	2019
Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER	Resolución por medio de la cual se establecen objetivos de calidad de los cuerpos de agua en la jurisdicción de CARDER	2017

	Resolución por medio del cual se adopta el plan de ordenamiento de las fuentes hídricas superficiales Río Otún y Quebrada Dosquebradas	2015
Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Fonce y sus tributarios	2014
Corporación Autónoma Regional del Atlántico	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico para el Embalse del Guájaro y la Ciénaga de Luruaco en el departamento del Atlántico	2015
	Resolución por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento de la fuente hídrica denominada Ciénaga Mallorquín	2015
Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonía - CORPOAMAZONIA	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH del Río Orito	
Corporación autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR	Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Río Chiraimo	