



# DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

Para presentar la iniciativa normativa "Por la cual se definen los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, y se dictan otras disposiciones"

2025

Viceministerio de Políticas y Normalización Ambiental  
Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico  
Dirección de Asuntos Marinos Costeros y Recursos Acuáticos

## Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	Antecedentes normativos y de política.....	6
2.1.	Decreto - Ley 2811 de 1974 .....	6
2.2.	Constitución Política de la República de Colombia .....	7
2.3.	Ley 99 de 1993 .....	8
2.4.	Política Nacional para los Humedales Interiores de Colombia .....	8
2.5.	Decreto - Ley 3570 de 2011 .....	9
2.6.	Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. 9	
2.7.	Decreto 1076 De 2015.....	10
2.8.	Decreto 050 de 2018 .....	13
2.9.	Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH. ....	13
2.10.	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	15
2.11.	Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares.....	16
2.12.	Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros.....	16
2.13.	Colombia potencia bioceánica Sostenible 2030.....	17
2.14.	Tercera Comunicación Nacional de cambio climático .....	17
2.15.	Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida” .....	18
3.	Antecedentes de la problemática .....	19
4.	Sustento técnico.....	22
4.1.	Factores que Influyen la Calidad del Agua .....	22
4.1.1.	Factores Intrínsecos .....	24
4.1.1.1.	Composición geoquímica de las formaciones geológicas .....	24
4.1.1.2.	Interacción entre el agua y el medio .....	32
4.1.1.2.1.	Agua subterránea .....	32
4.1.1.2.2.	Agua Superficial continental.....	36
4.1.1.2.3.	Aguas Marinas .....	41
4.1.2.	Factores Extrínsecos.....	43
4.1.2.1.	Agua subterránea .....	43
4.1.2.2.	Agua Superficial Continental .....	48
4.1.2.3.	Aguas Marinas.....	52
4.2.	Selección de parámetros .....	59

5.	Definición de criterios de calidad para el uso de las aguas.....	63
5.1.	Fuentes de información .....	64
5.2.	Criterios de calidad.....	68
5.2.1.	In Situ.....	68
5.2.1.1.	Aguas Continentales .....	68
5.2.1.1.1.	pH .....	68
5.2.1.1.2.	Conductividad Eléctrica .....	70
5.2.1.1.3.	Oxígeno disuelto .....	71
5.2.1.1.4.	Temperatura .....	73
5.2.1.1.1.	Alcalinidad .....	75
5.2.1.2.	Aguas Marinas.....	75
5.2.1.2.1.	pH .....	75
5.2.1.2.2.	Conductividad Eléctrica .....	77
5.2.1.2.3.	Oxígeno Disuelto .....	78
5.2.1.2.4.	Temperatura .....	80
5.2.1.3.	Resumen Parámetros In Situ .....	82
5.2.2.	Fisicoquímicos Básicos .....	86
5.2.2.1.	Aguas Continentales .....	86
5.2.2.1.1.	Demanda biológica y química de oxígeno .....	86
5.2.2.1.2.	Sólidos.....	87
5.2.2.1.3.	Grasas y aceites.....	89
5.2.2.1.4.	Tensoactivos aniónicos .....	90
5.2.2.2.	Aguas Marinas.....	91
5.2.2.2.1.	Demanda biológica y química de oxígeno .....	91
5.2.2.2.2.	Carbono orgánico total (COT) .....	92
5.2.2.2.3.	Sólidos.....	94
5.2.2.2.4.	Grasas y aceites.....	95
5.2.2.2.5.	Tensoactivos aniónicos .....	96
5.2.2.3.	Resumen Fisicoquímicos Básicos.....	97
5.2.3.	Nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo .....	100
5.2.3.1.	Cuerpos lóticos.....	100
5.2.3.2.	Cuerpos Lénticos.....	105
5.2.3.3.	Aguas subterráneas .....	108
5.2.3.4.	Aguas Marinas.....	108
5.2.3.5.	Resumen de Nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo .....	116
5.2.4.	Microbiológicos .....	118
5.2.4.1.	Aguas Continentales .....	118
5.2.4.2.	Aguas Marinas.....	131
5.2.4.3.	Resumen microbiológicos .....	137
5.2.5.	Hidrobiológicos.....	141
5.2.6.	Iones y metales.....	141
5.2.6.1.	Aguas Continentales .....	141
5.2.6.1.1.	Uso consumo humano y doméstico .....	141
5.2.6.1.2.	Uso pesca, maricultura y acuicultura .....	145
5.2.6.1.3.	Uso pecuario .....	146
5.2.6.1.4.	Uso agrícola .....	148
5.2.6.1.5.	Uso recreativo .....	156
5.2.6.1.6.	Uso navegación y transporte acuático y uso estético .....	157
5.2.6.1.7.	Uso preservación de flora y fauna .....	157

5.2.6.2.	Aguas Marinas.....	166
5.2.6.2.1.	Uso preservación de flora y fauna .....	166
5.2.6.2.2.	Uso pesca, maricultura y acuicultura .....	176
5.2.6.3.	Resumen iones y metales .....	177
5.2.7.	Otros compuestos químicos.....	184
5.2.7.1.	Aguas Continentales .....	184
5.2.7.1.1.	Uso consumo humano y doméstico .....	184
5.2.7.1.2.	Uso recreativo .....	191
5.2.7.1.3.	Uso preservación de flora y fauna .....	192
5.2.7.1.4.	Otros usos .....	193
5.2.7.2.	Aguas Marinas.....	195
5.2.7.3.	Resumen de otros compuestos químicos .....	201
5.2.8.	Uso preservación de flora y fauna (Bioensayos) .....	203
5.2.9.	Uso industrial .....	205
5.2.10.	Uso transporte, dilución y asimilación .....	206
6.	Espacios de participación .....	207
7.	Resultados de análisis de laboratorio para la evaluación de los criterios de calidad .....	210
8.	Conclusiones .....	212
9.	Referencias bibliográficas .....	215

## Listado de tablas

Tabla 4-1	Calidad natural de agua subterránea y superficial continental. Adaptada de (Kiely, 1999)	23
Tabla 4-2	Composición media de algunas rocas ígneas y sedimentarias. Fuente: (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)	25
Tabla 4-3	Abundancia relativa de los componentes disueltos en el agua subterránea. Fuente: (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)	27
Tabla 4-4	Fuentes naturales y concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y agua de mar. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) e (IGME, 1985)	28
Tabla 4-5	Clasificación de las aguas subterráneas de acuerdo con su procedencia Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)	32
Tabla 4-6	Aspectos naturales de la evolución hidroquímica del agua subterránea. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)	33
Tabla 4-7	Comportamiento hidrogeológico y calidad del agua. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)	35

Tabla 4-8 Factores naturales que influyen la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996).....	36
Tabla 4-9 Efectos sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales según el origen del agua. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) .....	39
Tabla 4-10 Efectos sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales según el proceso interno. Fuente: Adaptada a partir de la Tabla 6.4 de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) .....	40
Tabla 4-11 Actividades antrópicas que pueden causar contaminación potencial de las aguas subterráneas. Fuente: Adaptada de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) .....	46
Tabla 4-12 Actividades que pueden causar contaminación potencial de las aguas superficiales continentales. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996).....	50
Tabla 4-13 Principales tensores antropogénicos relacionados con las condiciones inadecuadas y pésimas de calidad de las aguas marinas y costeras, determinadas en los departamentos del Caribe y Pacífico colombianos en el 2018 y 2019. Los números representan la cantidad de sitios por departamento y el color de la celda la categoría de calidad del agua.....	55
Tabla 4-14 Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en los departamentos costeros de Colombia. ....	56
Tabla 4-15 Principales factores antrópicos de contaminación marina.....	58
Tabla 4-16 Resumen de principales criterios para la selección de parámetros – aguas continentales superficiales.....	60
Tabla 4-17 Resumen de principales criterios para la selección de variables en aguas marinas .....	61
Tabla 5-1 Fuentes de información. ....	64
Tabla 5-2 Escala de calidad de OD en ICAM .....	79
Tabla 5-3 Resumen Parámetros In Situ – Aguas Continentales .....	83
Tabla 5-4 Resumen Parámetros In Situ – Aguas Marinas.....	84
Tabla 5-5 Escala de calidad de DBO <sub>5</sub> en ICAM.....	92
Tabla 5-6 Escala de calidad para Sólidos Suspendidos Totales -SST en ICAM.....	94
Tabla 5-7 Fisicoquímicos básicos – Aguas Continentales.....	98
Tabla 5-8 Fisicoquímicos básicos – Aguas Marinas .....	99
Tabla 5-9 valores estimados de CCC para amoníaco .....	102
Tabla 5-10 Estado trófico en cuerpos Lénticos.....	106
Tabla 5-11 Escala de calidad de Nitratos NO <sub>3</sub> en ICAM.....	110
Tabla 5-12 Valores de Amoníaco Total en aguas marinas a diferentes pH. ....	114
Tabla 5-13 Resumen de nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo– Aguas Continentales	117
Tabla 5-14 Resumen de nutrientes – Aguas Marinas.....	118
Tabla 5-15 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para producción de mariscos .....	120

Tabla 5-16 valores de referencia para la calidad microbiana de las aguas de aguas costeras y dulces para uso recreativo.....	122
Tabla 5-17 características microbiológicas del agua para consumo humano – artículo 10 de la Resolución 2115 de 2007.....	123
Tabla 5-18 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso consumo humano y doméstico .....	124
Tabla 5-19 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso agrícola .....	127
Tabla 5-20 Valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso pecuario.....	129
Tabla 5-21 Escala de calidad de Coliformes Termotolerantes CTE .....	133
Tabla 5-22 Resumen de microbiológicos/hidrobiológicos – Aguas Continentales .....	138
Tabla 5-23 Resumen de microbiológicos – Aguas marinas.....	139
Tabla 5-24 Iones y metales con efectos adversos a la salud humana .....	142
Tabla 5-25 Iones y metales con valores de referencia por efectos adversos sobre la salud humana .....	144
Tabla 5-26 Iones y metales que generan problemas organolépticos y operativos en sistemas de tratamiento.....	144
Tabla 5-27 Criterios de iones y metales para el uso pesca, maricultura y acuicultura .....	146
Tabla 5-28 Criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego .....	153
Tabla 5-29 Concentración máxima recomendada de oligoelementos para la producción de cultivos .....	155
Tabla 5-30 Valores indicativos para metales en aguas para uso recreativo .....	157
Tabla 5-31 Parámetros para estimación de valores de criterios de calidad en metales – Dependientes de la dureza total. Fuente: (US EPA, 2019).....	160
Tabla 5-32 Valores estimados de CCCd y CMCd para diferentes valores de dureza total, expresado como metal disuelto en la columna de agua.....	161
Tabla 5-33 valores estimados de CMC y CCC para aluminio total.....	164
Tabla 5-34 Valores diferentes niveles de protección - metales .....	166
Tabla 5-35 Iones y metales incluidos en la propuesta normativa de criterios de calidad para preservación de flora y fauna en aguas marinas. ....	175
Tabla 5-36 Iones y metales incluidos en la propuesta normativa de criterios de calidad para Pesca, Maricultura y acuicultura. ....	177
Tabla 5-37 Resumen de iones y metales – Aguas Continentales .....	178
Tabla 5-38 Resumen de criterios para evitar problemas asociados al sodio para el uso agrícola. ....	182
Tabla 5-39 Resumen de iones – Aguas Marinas.....	183
Tabla 5-40 Criterios de calidad para uso consumo humano y doméstico en relación con plaguicidas. Fuente: (República de Colombia, 2007). ....	184

Tabla 5-41 Estándares de calidad para plaguicidas de mayor uso en Colombia – Consumo humano .....	185
Tabla 5-42 Valores de referencia y umbrales olfativos y gustativos para derivados del petróleo – Uso Consumo Humano .....	188
Tabla 5-43 Valores de referencia y umbrales olfativos y gustativos para fenoles – Uso Consumo Humano .....	190
Tabla 5-44 Parámetros eliminados de la norma vigente .....	191
Tabla 5-45 Valores indicativos para otros químicos en aguas para uso recreativo .....	192
Tabla 5-46 Criterios para otros compuestos químicos para el uso preservación de flora y fauna. ....	192
Tabla 5-47 Escala de calidad de HPDD .....	196
Tabla 5-48 Resumen de otros compuestos químicos – Aguas Continentales .....	202
Tabla 5-49 Resumen de otros químicos – Aguas Marinas .....	203
Tabla 6-1 Relación de espacios de participación de la vigencia 2023 .....	207
Tabla 6-2 Relación de espacios de participación de la vigencia 2024 .....	209

## Listado de figuras

Figura 2-1 Principios, Objetivos y Estrategias de la PNGIRH .....	15
Figura 4-1 Dinámica del flujo del agua subterránea. Fuente: Adaptado de (AIH, 2017) .....	34
Figura 4-2 Factores intrínsecos que influyen en la calidad de las aguas marinas .....	42
Figura 4-3 Principales factores intrínsecos que intervienen en las aguas marinas.....	43
Figura 4-4 Factores extrínsecos que influyen sobre la calidad de las aguas marinas. ....	53
Figura 4-5 Factores extrínsecos (antrópicos) que influyen en la calidad del agua marina.....	58
Figura 5-1 Comportamiento del pH en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM.....	76
Figura 5-2 Comportamiento del pH en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023. ....	77
Figura 5-3 Comportamiento del Oxígeno disuelto en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023. ....	78
Figura 5-4 Comportamiento de Oxígeno disuelto en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia	

estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023.....	79
Figura 5-5 Comportamiento de la Temperatura promedio en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1992 y 2023. La línea naranja representa el promedio de la tendencia histórica estimada. ....	81
Figura 5-6 Comportamiento de la Temperatura promedio en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1992 y 2023. La línea roja representa el promedio de la tendencia histórica estimada. ....	81
Figura 5-7 Concentraciones de nitrato medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM en los municipios costeros. La línea sólida color rojo corresponde al criterio de calidad de agua marina de la ASEAN (60 µg/L) para preservación de la vida acuática. Fuente: INVEMAR Y MINAMBIENTE, 2019 .....	111
Figura 5-8. Comportamiento de la concentración de nutrientes en el agua superficial del Caribe y Pacífico colombiano, en las estaciones REDCAM muestreadas entre los años 2010 y 2019. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM.....	112
Figura 5-9 Concentraciones de ortofosfatos medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM en los municipios costeros entre 2001 y 2018. La línea sólida color rojo corresponde al criterio de calidad de agua marina de la ASEAN (15 µg/L costeras y 55 µg/L estuarinas) para preservación de la vida acuática. Fuente: INVEMAR, 2019 (PNMRHCM).....	116
Figura 5-10 Concentraciones de Coliformes Termotolerantes medidas en aguas marinas, estuarinas y fluviales superficiales en las estaciones de la REDCAM en el periodo 2001 a 2019. Línea roja: Valor de referencia para uso de aguas recreativas, para CTE (200 NMP/L: MinAmbiente, 2015). A. Análisis departamental y B. Análisis histórico entre 2001 a 2019.....	133
Figura 5-11 Concentraciones de Enterococos fecales medidos en aguas marinas y estuarinas superficiales en las estaciones de la REDCAM en el periodo 2006 a 2019. Línea roja: Valor de referencia para uso de aguas recreativas (130 UFC/100 mL; US-EPA. 2012). ....	136
Figura 5-12 Efectos de la salinidad y la RAS en la tasa de infiltración de agua.....	151
Figura 5-13 Efectos de la salinidad y la RAS en la tasa de infiltración de agua y Criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego .....	152
Figura 5-14 Composición química del agua marina.....	167
Figura 5-15 Comportamiento del Cromo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2001 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (7.7 µg de Cr/L según ANZEC, 2000). ....	169
Figura 5-16 Comportamiento del Cromo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2001 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (7.7 µg de Cr/L según ANZEC, 2000). ....	170



Figura 5-17 Comportamiento del Cadmio promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001). .....	171
Figura 5-18 Comportamiento del Cadmio promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001). .....	171
Figura 5-19 Comportamiento del Plomo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (2.2 µg de Pb/L según ASEAN, 2008). .....	174
Figura 5-20 Comportamiento del Plomo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (2.2 µg de Pb/L según ASEAN, 2008). .....	175
Figura 5-21 Concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos dispersos -HPDD medidas en agua superficial de las estaciones REDCAM en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos. La línea roja corresponde al valor de referencia de 10 µg/L para aguas contaminadas propuesto por la UNESCO (1984). .....	197
Figura 5-22 Proporción de residuos de plaguicidas cuantificados (S: color azul) y no cuantificados (N: color rosa) en aguas superficiales en el periodo 1995 a 2019. Fuente: base de datos REDCAM. INVEMAR, 2020. ....	198
Figura 5-23 Concentraciones de residuos de plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y uracil (µg/L) detectados en aguas superficiales en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos, en el periodo 2001 a 2019. Fuente: base de datos REDCAM. (INVEMAR, 2020). .....	199
Figura 7-1 Curva típica de respuesta obtenida con un método instrumental. Identificación del límite de detección (LOD) y de Cuantificación del método (LOQ). .....	211

## Listado de anexos

Anexo 1. Identificación de peligros a la salud humana y el ambiente

## 1. INTRODUCCIÓN

El artículo 2.2.3.3.2. del decreto 1076 de 2015, establece la competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para definir los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas. Bajo este marco, los criterios de calidad para el uso de las aguas definidos en el presente documento fueron definidos a partir del sustento técnico respecto a los principales factores intrínsecos y extrínsecos que influyen la calidad del agua subterránea, superficial continental y aguas marinas (Numeral 4.1).

Además, es importante señalar que, al momento de realizar la presente actualización normativa no se cuenta con la información técnica del Decreto 1594 de 1984 mediante el cual se justifique por qué se establecieron criterios diferenciados para el agua fría dulce, agua cálida dulce y agua marina y estuarina. Sin embargo, en el proyecto de Resolución de la presente iniciativa normativa contempla las definiciones de aguas continentales y aguas marinas, establecidas en el artículo 2.2.3.3.1.3. del Decreto 1076 de 2015 (definiciones modificadas por el artículo 2 del Decreto 50 de 2018).

Es así como la regulación que se soportará con el presente documento técnico se apartará de la denominación del recurso hídrico usado en el Decreto 1594 de 1984, teniendo en cuenta que actualmente el Decreto 1076 de 2015 unificó el concepto en aguas marinas, la cual involucra a las aguas contenidas en la zona económica exclusiva, mar territorial, aguas interiores, incluyendo las contenidas hasta la línea de más alta marea promedio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se seleccionaron los parámetros objeto de la reglamentación y se agruparon de acuerdo con lo siguiente:

### **In situ**

En este grupo encontraremos la temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH.

Los parámetros in situ fueron incorporados debido a su relevancia en el control de procesos bioquímicos en el agua y su posible limitación de usos.

### **Fisicoquímicos básicos**

En este apartado hemos agrupado DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, grasas y aceites y tensoactivos aniónicos.

Los fisicoquímicos básicos fueron incorporados debido a su importancia en el establecimiento de fuentes naturales y de fuentes de contaminación antrópicas, determinación del estado de calidad del recurso hídrico y control de procesos bioquímicos en el agua.

### **Nutrientes y otros compuestos de nitrógeno y fósforo**

Encontraremos asociado a este grupo los compuestos nitrogenados y compuestos de fósforo. Para los cuerpos lénticos, se incorpora la clorofila a como indicador del estado trófico del cuerpo de agua asociado a la capacidad fotosintética de los ecosistemas.

Este grupo fue incorporados debido a su importancia en el establecimiento de fuentes naturales y de fuentes de contaminación antrópicas, determinación del estado de calidad de agua del recurso hídrico, control de procesos bioquímicos en el agua y la necesidad de determinar el estado trófico del ecosistema acuático.

### **Microbiológicos**

Los parámetros microbiológicos relacionados a contaminación fecal fueron incorporados debido a su importancia en el establecimiento de fuentes naturales y de fuentes de contaminación antrópicas y riesgos a la salud humana.

### **Iones**

Los iones fueron incorporados principalmente debido a los siguientes aspectos:

- Porque en el uso preservación de flora y fauna algunos iones tienen efectos tóxicos sobre los ecosistemas acuáticos.
- Porque para el uso consumo humano y doméstico algunos iones representan riesgo a la salud humana o problemas de aceptabilidad del agua por aspectos organolépticos.
- Porque algunos iones generan problemas por aspectos olfativos en todos los usos.
- Porque en el uso agrícola algunos iones generan efectos tóxicos sobre las plantas, tienen implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos y generan riesgos a la salud humana.
- Porque en el uso pecuario algunos iones generan efectos tóxicos sobre los animales.

### **Otros compuestos químicos:**

Se incorporan los principales compuestos químicos asociados con la actividad humana en diferentes actividades industriales y cotidianas. Lo anterior, ante la imposibilidad de incorporar todos los compuestos químicos asociados a las actividades antrópicas.

Además, e establecen orientaciones para el uso consumo humano y doméstico y el uso preservación de flora y fauna cuando se presenten otros parámetros.

A continuación, se detallan aspectos relacionados con la definición de criterios de calidad en cada fuente:

## **Aguas superficiales continentales**

Los criterios de calidad para el uso de las aguas continentales fueron definidos considerando los parámetros de las agrupaciones antes mencionadas, así como las características particulares de cada fuente (aguas superficiales continentales (cuerpos lóticos y cuerpos lénticos) y aguas subterráneas). Con base en lo anterior se definieron los criterios de calidad (parámetros y valores) para los usos establecidos en artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015, en los casos en que los valores generan restricciones o limitaciones sobre un uso específico.

## **Aguas Marinas**

Los criterios de calidad para el uso de las aguas marinas que se presentan en este documento han sido concebidos para aplicar en el recurso, en el cuerpo de agua, es decir en la fuente. Por eso, se menciona que los criterios se aplican en el "agua cruda"<sup>1</sup> y por ello se plantearon únicamente para los siguientes usos:

- Preservación de flora y fauna
- Recreativo
- Pesca, maricultura y acuicultura

Para los demás usos previstos en el artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015, no se definirán criterios de calidad de aguas marinas.

A continuación, se mencionan algunas razones tenidas en cuenta para que la propuesta normativa no considere *per se* parámetros y valores en aguas marinas para los siguientes usos:

### ➤ Uso consumo humano y doméstico:

Respecto al uso de consumo humano, hay que considerar que, en nuestro país, las aguas marinas constituyen una fuente de abastecimiento. En principio, desde nuestro marco ambiental, no se consideran criterios de calidad del agua marina en la fuente, porque se asume que, por la naturaleza del sustrato, los riesgos asociados al uso de agua marina como fuente de agua para consumo, requiere para su utilización sistemas de tratamiento de agua que inician en las plantas desalinizadoras.

Sin embargo, desde el enfoque de los sectores de Salud y de Agua Potable y saneamiento, aplican los criterios de calidad para agua de consumo humano, establecidos en las normas correspondientes; las cuales serán exigidas por la autoridad sanitaria. Por tanto, se recomienda considerar unos criterios técnicos mínimos de calidad, alineados a los de los mencionados sectores.

---

<sup>1</sup> El Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en su Artículo 2 establece la definición de "Agua cruda: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización."

Elimelech y Phillip (2011) consideran que los únicos métodos para aumentar el suministro de agua más allá de lo disponible del ciclo hidrológico son, entre otras la desalinización. De estos, la desalinización del agua de mar ofrece un suministro aparentemente ilimitado y constante de agua de alta calidad, sin perjudicar a los ecosistemas naturales de agua dulce.

En el mismo sentido, Tchobanoglous et al. (2015) mencionan que los suministros de agua potable proceden de diversas fuentes (por ejemplo, aguas superficiales locales, aguas subterráneas, agua salobre desalinizada y agua de mar, y agua reciclada), pero factores como el crecimiento de la población, la urbanización, las sequías prolongadas y el cambio climático están colocando a prueba estos suministros en algunas partes de Estados Unidos, incluido el Estado de Arizona. Por consiguiente, se necesitan estrategias alternativas para ayudar a las comunidades a satisfacer la futura demanda de agua y desarrollar suministros de agua más sostenibles.

En particular, para el caso del uso de aguas marinas para desalinización destinado al consumo humano, Missimer et. al. (2015) señalan que la calidad del agua de mar influye en el diseño y el funcionamiento de los procesos de pretratamiento y de tratamiento de las plantas de ósmosis inversa, así como en la capacidad de operar de manera viable y eficiente el sistema primario de membranas.

Teniendo en cuenta que, el objetivo de los criterios de calidad del agua, constituyen un instrumento para limitar la exposición humana a las concentraciones de sustancias químicas y patógenos que puedan ser perjudiciales para la salud humana; la propuesta normativa no considera **per se** parámetros y valores en aguas marinas, **toda vez que se considera que:**

- El uso de agua marina como fuente de agua para consumo humano y doméstico requiere realizar el tipo de tratamiento necesario para minimizar y controlar el riesgo a la salud humana, debido a:

- ✓ Alta concentración de sal (principalmente cloruro de sodio)<sup>2</sup>

El agua de mar contiene en promedio aproximadamente 35 gramos de sal por litro (salinidad del 3.5%), siendo el cloruro de sodio (NaCl) el componente predominante. Esta concentración es mucho mayor que la que el cuerpo humano puede tolerar.

Cuando se bebe agua de mar, la sal entra al cuerpo en niveles que los riñones no pueden excretar sin perder más agua de la que se obtiene. Para excretar el exceso de sal, los riñones necesitan utilizar más agua que la contenida en el agua de mar ingerida, lo que lleva a la deshidratación.

- ✓ Riesgos para la salud: deshidratación, fallo renal y desequilibrios electrolíticos<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). Textbook of Medical Physiology (11th ed.). Elsevier Saunders.

Schmidt-Nielsen, K. (1997). Animal Physiology: Adaptation and Environment\* (5th ed.). Cambridge University Press.

<sup>3</sup> Stofan, J. R., & DiPiro, J. T. (2010). Pharmacotherapy: A Pathophysiologic Approach (7th ed.). McGraw-Hill.

Médicos sin Fronteras. (2006). Manual de salud en emergencias. MSF.

Beber agua de mar puede causar: Deshidratación severa, Hipernatremia (exceso de sodio en sangre), que puede llevar a convulsiones, coma y muerte; Daño renal por sobrecarga osmótica; Náuseas, vómitos y diarrea.

✓ Contaminación biológica y química<sup>4</sup>

Además del problema de la sal, el agua marina sin tratar puede contener: Bacterias patógenas, virus y parásitos (por ejemplo, *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*). Así como, contaminantes químicos como metales pesados, hidrocarburos y microplásticos, especialmente cerca de zonas costeras urbanas o industriales

- En todo caso, se deberá cumplir los valores máximos aceptables en las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en la Resolución 2115 de 2007 (de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; actualmente Ministerio de Salud y Protección Social, y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) o la que la modifique o sustituya;
- Adicional a lo anterior, la reglamentación vigente (Decreto 1575 de 2007, de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; actualmente Ministerio de Salud y Protección Social, y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio ) establece que se debe controlar las sustancias adicionales de interés sanitario que establezca la autoridad de salud (Decreto Idem Art. 9 numeral 5, Art. 15, Art. 16 )<sup>5</sup>, en función del mapa de riesgos correspondiente a cada caso (Art. 2)<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> World Health Organization (WHO). (2003). Guidelines for safe recreational water environments: Coastal and fresh waters. WHO. UNESCO-IOC & UNEP. (2009). GEOHAB: Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms.

<sup>5</sup> -Decreto 1575 de 2007. Artículo 9 numeral 5. Cuando la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano preste el servicio a través de medios alternos como son carrotaques, pilas públicas y otros, se debe realizar el control de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua; como también de las características adicionales definidas en el mapa de riesgo o lo exigido por la autoridad sanitaria de la jurisdicción, según se establezca en la reglamentación del presente decreto.

-Decreto 1575 de 2007. Artículo 15. Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano. La autoridad sanitaria departamental o distrital y la autoridad ambiental competente serán las responsables de elaborar, revisar y actualizar el Mapa de Riesgo de Calidad del Agua para Consumo Humano de los sistemas de abastecimiento y de distribución en la respectiva jurisdicción. Para tal efecto, deberán coordinar con los Comités de Vigilancia Epidemiológica Departamentales, Distritales y Municipales, Coves, con las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y con la administración municipal; la identificación de los factores de riesgo y las características físicas, químicas y microbiológicas de las fuentes de agua aferentes a las captaciones de acueducto que puedan afectar la salud humana, contribuyendo con ello a las acciones de inspección, vigilancia y control por parte de las autoridades competentes. La revisión y actualización del Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano de los sistemas de abastecimiento y red de distribución de la respectiva jurisdicción, se hará anualmente con base en la información suministrada por las autoridades ambientales competentes y Secretarías de Planeación Municipal, según las normas legales vigentes.

Para la elaboración de los Mapas de Riesgo, se deberá tener en cuenta, entre otros aspectos, los usos del suelo definidos en el respectivo Plan de Ordenamiento Territorial, POT, y el ordenamiento de las cuencas realizado por las autoridades ambientales competentes.

-Decreto 1575 de 2007. Artículo 16. Información de sustancias potencialmente tóxicas. Para la selección de las sustancias potencialmente tóxicas por parte de las autoridades que elaboren el mapa de riesgo, se tendrá en cuenta la información suministrada por terceros responsables y afectados por la eventual presencia de esos tóxicos en el agua y los contaminantes que se generan en las actividades productivas que se realizan en la región y que puedan estar presentes en la fuente que abastece el sistema de suministro de agua para el consumo humano. Dichos contaminantes se confirmarán mediante análisis de laboratorio, realizados o avalados por la autoridad ambiental.

<sup>6</sup> Decreto 1575 de 2007, Artículo 2. Mapa de riesgo de calidad de agua (mapa de riesgo): Instrumento que define las acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano, las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de las fuentes superficiales o subterráneas de una determinada región, que puedan generar riesgos graves a la salud humana si no son adecuadamente tratadas, independientemente de si provienen de una contaminación por eventos naturales o antrópicos.

➤ **Uso Agrícola:**

Los criterios de calidad para el uso de las aguas marinas han sido concebidos para aplicar en el recurso, en el cuerpo de agua, es decir en la fuente o "agua cruda", en este sentido el agua marina por su alto contenido de sales y minerales no es apta para el uso agrícola.

➤ **Uso Pecuario:**

El agua marina se distingue por su elevada salinidad y concentración de cloruros, por tanto, en la fuente sin tratamiento previo no es apta para el consumo de animales domésticos.

➤ **Uso Industrial:**

Los criterios de calidad establecidos para otros usos, es suficiente para garantizar unas condiciones de calidad que permita a la industria el uso de sistemas de tratamiento para garantizar su uso.

➤ **Uso Estético:**

Este uso corresponde a la contemplación del paisaje, por tanto, los criterios de calidad establecidos para otros usos, es suficiente para garantizar unas condiciones de calidad para este uso.

➤ **Uso Navegación y Transporte acuático:**

Los criterios de calidad establecidos para otros usos, es suficiente para garantizar unas condiciones de calidad para este uso.

## 2. Antecedentes normativos y de política

A continuación, se listan las normas y las Políticas que soportan el proceso de definición de criterios para el uso de las aguas;

### 2.1. Decreto - Ley 2811 de 1974

El Decreto – Ley 2811 de 1974, en el artículo 134 establece las obligaciones del estado en relación con la clasificación de las aguas, la fijación de su destinación y posibilidades de aprovechamiento, y control de calidad del agua, de acuerdo con lo siguiente:

“(…) Artículo 134. Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para dichos fines deberá:

**a. Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento** mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas;

“(…)”

**f. Controlar la calidad del agua, mediante análisis periódicos, para que se mantenga apta para los fines a que está destinada,** de acuerdo con su clasificación; “(…)” (Negrita fuera de texto)

El literal a) del artículo 164 Idem, que corresponde al Estado la protección del ambiente marino, la cual realizará con las medidas necesarias para impedir o prevenir la contaminación de la zona con sustancias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos hidrobiológicos y menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer los demás usos legítimos del mar. Entre esas medidas se tomarán las necesarias para: “a). Determinar la calidad, los límites y concentraciones permisibles de desechos que puedan arrojar al mar y establecer cuáles no pueden arrojarse”.

## 2.2. Constitución Política de la República de Colombia

La Constitución Política de Colombia establece las siguientes normas, principios y derechos ambientales:

- Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación (artículo 8.).
- Establece la atención de la salud y el saneamiento ambiental como servicios públicos a cargo del Estado (artículo 49.)
- Se establece la función ecológica de la propiedad privada (artículo 58.)
- Consagra el derecho de todas las personas residentes en el país de gozar de un ambiente sano (artículo 79.)
- Establece como deber del Estado la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución (artículo 80.)
- Establece prohibiciones en relación con los desechos tóxicos y residuos nucleares (artículo 81.)
- Consagra acciones populares para la protección de derechos e intereses colectivos sobre el medio ambiente, entre otros, bajo la regulación de la ley (artículo 88.)
- Establece el deber de las personas en la protección los recursos naturales del país, y de velar por la conservación de un ambiente sano (artículo 95.)
- Establece la administración autónoma de los territorios indígenas y su función de preservación de los recursos naturales (artículo 330)



### 2.3. Ley 99 de 1993

En la Ley 99 de 1993 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.” Define las siguientes disposiciones:

- Establece los principios generales ambientales orientados a promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento en torno al concepto de desarrollo sostenible.
- Crea el Ministerio de Ambiente y establece sus funciones como el organismo rector de la gestión del medio ambiente y los recursos naturales renovables
- Organiza el Sistema Nacional Ambiental como el conjunto de principios, orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en la Ley.
- Define la naturaleza jurídica de las Corporaciones Autónomas Regionales, sus órganos de dirección y administración, su objeto y funciones y rentas.
- Crea las entidades adscritas y vinculadas al Ministerio del Medio Ambiente y define sus funciones de apoyo científico y técnico.
- Establece las funciones de las entidades territoriales y de la planificación ambiental y lo concerniente a la participación ciudadana

### 2.4. Política Nacional para los Humedales Interiores de Colombia

Esta política tiene el objetivo de “Propender por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del País. De esta política se destacan los siguientes ejes estratégicos por su importancia para el presente documento:

- La Estrategia 1 Manejo y Uso Sostenible, establece acciones enfocadas a integrar los humedales del país en los procesos de planificación de uso del espacio físico, la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento del territorio, reconociéndolos como parte integral y estratégica del territorio, en atención a sus características propias, y promover la asignación de un valor real a estos ecosistemas y sus recursos asociados, en los procesos de planificación del desarrollo económico. Por esto se destaca la meta 2 de incluir criterios ambientales sobre los humedales en todos los procesos de planificación de uso de la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento del territorio y promover la conservación y uso sostenible de los humedales.
- La Estrategia 2 Conservación y Recuperación, establece acciones para fomentar la conservación, uso sostenible, y restauración de los humedales del país, de acuerdo con sus características ecológicas y socioeconómicas.

## 2.5. Decreto - Ley 3570 de 2011

El artículo 2 del Decreto - Ley 3570 de 2011 establece las funciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) de acuerdo con lo siguiente:

1. Diseñar y formular la política nacional en relación con el ambiente y los recursos naturales renovables, y establecer las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio y de los mares adyacentes, para asegurar su conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente.
2. Diseñar y regular las políticas públicas y las condiciones generales para el saneamiento del ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural, en todos los sectores económicos y productivos. (...)

De lo anterior, se establece que las funciones de Minambiente están principalmente relacionadas con la gestión, planificación y administración de los recursos naturales renovables. Por esto la construcción de la presente propuesta se ha realizado partiendo de las funciones de Minambiente, con miras a la protección de la calidad los recursos hídricos del país.

## 2.6. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

La Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE) se define como el proceso por el cual se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido y en diferentes estados de conservación, con el fin de maximizar el bienestar humano, a través del mantenimiento de la resiliencia de los sistemas socioecológicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza. De este modo, se propone un marco de acción que permita generar un balance entre los diferentes intereses que tiene la sociedad frente a la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos derivados de esta, que son clave para el bienestar humano, siguiendo los principios definidos por el enfoque ecosistémico, propuesto por el Convenio de Diversidad Biológica<sup>7</sup>.

La PNGIBSE estableció como primer eje temático la “Biodiversidad, Conservación y Cuidado de la Naturaleza”, refiriéndose a la “necesidad de adelantar acciones de conservación in situ y ex situ, tanto en áreas silvestres (protegidas o no) y paisajes transformados continentales, marinos, costeros e insulares, de manera que se mantengan poblaciones viables de flora y fauna, la resiliencia de los

---

<sup>7</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). 124p.

sistemas socioecológicos y se sustente el suministro de servicios ecosistémicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza”.

La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE (Minambiente, 2012), tiene el objetivo general de promover la Gestión Integral para la Conservación de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socioecológicos, a escalas nacional, regional y local, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil. La PNGIBSE se desarrolla a través de seis (6) ejes temáticos y treinta y cuatro líneas estratégicas. Se destacan los siguientes ejes para el presente documento:

- Eje I. Biodiversidad, conservación y cuidado de la naturaleza: este eje Hace referencia a la necesidad de adelantar acciones de conservación in situ y ex situ tanto en áreas silvestres y paisajes transformados continentales, marinos, costeros e insulares. Lo anterior, para mantener poblaciones viables de flora y fauna, la resiliencia de los sistemas socioecológicos y se sustente el suministro de servicios ecosistémicos a diferentes escalas.
- Eje IV. Biodiversidad, gestión del conocimiento, tecnología e información: este eje hace referencia a la necesidad de promover, fortalecer y coordinar la generación, recuperación, articulación y divulgación de información, conocimiento y desarrollos tecnológicos, provenientes de diferentes sistemas de conocimiento, que permitan alimentar y orientar la toma de decisiones para realizar una Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos a diferentes escalas.
- Eje V. Biodiversidad, gestión del riesgo y suministro de servicios ecosistémicos: este eje hace referencia a la necesidad de adelantar acciones para enfrentar las amenazas relacionadas con el cambio ambiental, para mantener la resiliencia socioecosistémica y reducir su vulnerabilidad, de manera que no se comprometa la calidad de vida a diferentes escalas.

## 2.7. Decreto 1076 De 2015

En relación con el ordenamiento del recurso hídrico superficial continental, el artículo 2.2.3.3.1.4. del Decreto 1076 De 2015 establece competencias en la clasificación de las aguas y la fijación de destinación y sus posibilidades de uso de acuerdo con lo siguiente:

“(…) Artículo 2.2.3.3.1.4. Ordenamiento del Recurso Hídrico. El ordenamiento del recurso hídrico es un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies. Para el ordenamiento la autoridad ambiental competente deberá:

1. Establecer la **clasificación de las aguas**.

2. **Fijar su destinación y sus posibilidades de uso**, con fundamento en la priorización definida por el artículo 2.2.3.2.7.6.

3. Definir los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo.

4. 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. (...)”

El Decreto 1076 De 2015, en los artículos 2.2.3.3.3.1 al 2.2.3.3.3.5 establece lo siguiente, en relación con los criterios de calidad:

“(…) Artículo 2.2.3.3.3.1. **Criterios de Calidad.** Conjunto de parámetros y sus valores mediante los cuales se determina si un cuerpo de agua es apto para un uso específico.

Artículo 2.2.3.3.3.2. **Competencia para definir los criterios de calidad del recurso hídrico.** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible definirá los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas.

Artículo 2.2.3.3.3.3. **Rigor subsidiario** para definir los criterios de calidad del recurso hídrico. La autoridad ambiental competente, con fundamento en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993, podrá hacer más estrictos los criterios de calidad de agua para los distintos usos previa la realización del estudio técnico que lo justifique.

El criterio de calidad adoptado en virtud del principio del rigor subsidiario por la autoridad ambiental competente, podrá ser temporal o permanente.

Artículo 2.2.3.3.3.4. **Criterios de Calidad para usos múltiples.** En aquellos tramos del cuerpo de agua o acuífero en donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.

Artículo 2.2.3.3.3.5. **Control de los criterios de calidad del recurso hídrico.** La autoridad ambiental competente realizará el control de los criterios de calidad por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por dicha autoridad para lo cual deberá tener en cuenta lo dispuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. “(…)” (Negrita fuera de texto)

Hasta tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible defina los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, se deben aplicar las disposiciones transitorias contenidas en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015, que acogen de manera transitoria los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

El Decreto 1076 De 2015, en los artículos Artículo 2.2.3.3.9.7., establece lo siguiente, en relación con los nutrientes (nitrógeno y fósforo):

Parágrafo 2. El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutrofización.

- Usos del agua

En el Título 3 Aguas no marítimas, Capítulo 3 Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos, Sección 2 destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, se establecen los usos del agua (artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015) de acuerdo con lo siguiente:

“Artículo 2.2.3.3.2.1. (Decreto 3930 de 2010 - Artículo 9). Usos del agua. Para los efectos del presente decreto se tendrán en cuenta los siguientes usos del agua:

1. Consumo humano y doméstico.
  2. Preservación de flora y fauna.
  3. Agrícola.
  4. Pecuario.
  5. Recreativo.
  6. Industrial.
  7. Estético.
  8. Pesca, Maricultura y Acuicultura.
  9. Navegación y Transporte Acuático.
- (...)”

Las definiciones para estos usos están dadas en los artículos 2.2.3.3.2.2. al 2.2.3.3.2.10. del Decreto 1076 de 2015.

Para la definición de criterios de calidad para el presente documento se contemplan las definiciones de aguas continentales y aguas marinas establecidas en el artículo 2.2.3.3.1.3. del Decreto 1076 de 2015 y el análisis del numeral 4.1. Factores que Influyen la Calidad del Agua del documento, que establece la necesidad de definir criterios diferenciados para las aguas superficiales continentales (cuerpos lénticos y lóticos). Asimismo, no se cuenta con la información técnica del Decreto 1594 de 1984 mediante el cual se justifique por qué se establecieron criterios diferenciados para el agua fría dulce, agua cálida dulce y agua marina y estuarina. Por lo anterior, se establecerán los criterios de calidad, según lo siguiente:

“Aguas continentales. Cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme hasta la línea de más alta marea promedio. Se localizan en las tierras emergidas, ya sea en forma de aguas superficiales o aguas subterráneas.

(...)

Aguas marinas. Las contenidas en la zona económica exclusiva, mar territorial, aguas interiores, incluyendo las contenidas hasta la línea de más alta marea promedio

(...)”

Por su parte, el mismo Decreto estableció un régimen de transición en su Artículo 2.2.3.3.9.1. RÉGIMEN DE TRANSICIÓN. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fijará mediante resolución, los usos del agua, criterios de calidad para cada uso, las normas de vertimiento a los cuerpos de agua, aguas marinas, alcantarillados públicos y al suelo y el Protocolo de Monitoreo de Vertimientos.

## 2.8. Decreto 050 de 2018

El Decreto 050 de 2018 "Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones", ajustó la definición de criterios de calidad para dar claridad que estos corresponden a valores de referencia para definir si el recurso hídrico presenta las características fisicoquímicas, toxicológicas y microbiológicas requeridas para utilizarlo con un fin determinado y se elimina la frase "como base de decisión para el Ordenamiento del Recurso Hídrico", teniendo en cuenta que no todos los cuerpos de agua son objeto de ordenamiento, pero sí es necesario definir los objetivos de calidad los cuales se definen como los "Criterios de calidad definidos para fijar los usos del agua en un horizonte de tiempo determinado, en un sector o tramo específico de un cuerpo de agua."

El concepto de criterios de calidad se encuentra armonizado con el cumplimiento del objetivo 3 de la PNGIRH (contribuir al Mejoramiento de la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico).

## 2.9. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH.

Dando desarrollo a la Ley 99 de 1993, además de las directrices que fueron surgiendo en los Planes Nacionales de Desarrollo posteriores, en el año 2010 se adopta la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH.

La PNGIRH tiene como objetivo general 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 de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa

e incluyente. Este objetivo se desarrolla a través de seis (6) objetivos específicos y diecinueve (19) estrategias:

“(…)

**1) Conservar los sistemas naturales** y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país: (i) conocimiento; (ii) planificación y; (iii) conservación de los sistemas naturales y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país;

2. Caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país: (iv) Caracterización y cuantificación de la demanda del agua en cuencas priorizadas; (v) Fomento a la incorporación de la GIRH en los principales sectores productivos usuarios del agua, y; (vi) Uso eficiente y sostenible del agua;

**3. Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico: (vii) Ordenamiento y reglamentación de usos del recurso; (vii) Reducción de la contaminación del recurso hídrico;** (ix) Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua;

4. Desarrollar la gestión integral del riesgo asociados a la oferta y disponibilidad el agua: (x) Generación y divulgación de información y conocimiento sobre riesgos que afecten la oferta y disponibilidad hídrica; (xi) Incorporación de la gestión del riesgo asociado a la disponibilidad y oferta del recurso hídrico en los instrumentos de planificación; (xii) Medidas de mitigación y adaptación para la reducción de los riesgos asociados a la oferta hídrica;

**5. Generar las condiciones para el fortalecimiento institucional de la GIRH: (xiii) Mejoramiento de la gestión pública del recurso hídrico;** (xiv) Formación, investigación y gestión de la información; **(xv) Revisión normativa y articulación con otras políticas;** (xvi) Sostenibilidad financiera; y

**6. Consolidar y fortalecer la gobernabilidad para una gestión integral del recurso hídrico:** (xvii) Participación; (xviii) Cultura del agua; (xix) Manejo de conflictos. “(…)” (Negrita fuera de texto)

Estos objetivos definen estrategias para orientar la planificación, administración, seguimiento y monitoreo del recurso hídrico a nivel nacional bajo un criterio de gestión integral del mismo en el horizonte 12 años. En la Figura 2-1 se presentan los Principios, Objetivos y Estrategias de la PNGRH que tienen relación con la norma de criterios de calidad para el uso de las aguas.



**Figura 2-1 Principios, Objetivos y Estrategias de la PNGIRH**

## 2.10. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los criterios de calidad para el uso de las aguas tienen una relación directa con el cumplimiento de los compromisos ambientales de Colombia en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente con el Objetivo 6 y metas 6.3 y 6.6 que se presentan a continuación:

“(…) 6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

“(…)”

6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos (…)”

Respecto al ámbito marino y costero, el ODS 14 busca conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos y es un indicador que reconoce que los océanos cubren tres cuartas partes de la superficie de la tierra, sustenta el 5% del PIB mundial, generando cerca de 200 millones de empleos directos e indirectos, y tiene un inmenso potencial de contribuir a la seguridad alimentaria. Específicamente, la meta 14.1 menciona el compromiso: “De aquí a 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de



todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la contaminación por nutrientes”

## 2.11. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares

En relación con la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares (MAVDT, 2001), el proyecto normativo coadyuva al cumplimiento de los siguientes objetivos específicos y estrategias:

El Objetivo de “calidad ambiental del medio marino”, que plantea la necesidad de “Proporcionar un ambiente marino y costero sano para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población costera”. Para esto, define como principal estrategia, “Formular, concertar, divulgar e iniciar la implementación del Programa Nacional para la Prevención, Reducción, Control y Evaluación de fuentes terrestres de contaminación al mar que permita garantizar en el corto, mediano y largo plazo, un medio marino y costero sano y la salubridad de los habitantes costeros; y en cuyo plan de acción, se previó la actualización de las normas de vertimientos al mar.

## 2.12. Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros

En relación con la planificación y el manejo de zonas costeras y los espacios oceánicos, la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros – PNOEC (Comisión Colombiana del Océano, 2018), señala que deberá considerarse como parte fundamental de la planificación y el ordenamiento físico del territorio colombiano, en su calidad de bienes de uso público, las playas, zonas de bajamar y áreas marinas jurisdiccionales, por su connotación estratégica para la unidad territorial y la soberanía del Estado. Respecto a la calidad ambiental marina, la PNOEC plantea que es necesario que el país enfoque sus esfuerzos hacia la prevención, reducción y mitigación de la contaminación generada tanto por fuentes terrestres como marinas, con el fin de garantizar la competitividad de las actividades económicas y sostenibilidad ambiental del territorio. En el mismo sentido, frente al uso sostenible de la biodiversidad marina, establece un objetivo específico dirigido a “Generar las condiciones que permitan mantener un ambiente marino-costero sano y promuevan la conservación y el uso sostenible de los recursos”.

En éste marco, el proyecto normativo coadyuva principalmente, al cumplimiento de las siguientes líneas de acción: Identificar y evaluar los impactos de los factores naturales y antrópicos sobre los componentes de la biodiversidad marina; Fortalecer los instrumentos del orden nacional relacionados con la contaminación marino costera; Coordinar las acciones nacionales para prevenir y reducir los impactos ocasionados por fuentes de contaminación terrestres; Coordinar las acciones nacionales para prevenir y reducir los impactos ocasionados por fuentes de contaminación marinas; y, promover el diseño de instrumentos que permitan implementar actividades sostenibles que cambien el comportamiento de la industria y los consumidores.

### 2.13. Colombia potencia bioceánica Sostenible 2030

Este documento busca proyectar a Colombia como potencia bioceánica para el año 2030, mediante el aprovechamiento integral y sostenible de su ubicación estratégica, condiciones oceánicas y recursos naturales para contribuir al desarrollo sostenible del país. Cabe resaltar que esta política está alineada con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018- 2022 Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad, en el que se considera a los océanos como una región propia del territorio nacional, lo cual implica reconocerlos como un activo estratégico de la Nación y como motor de crecimiento y equidad.

El documento CONPES 3990 del 31 de marzo de 2020- Colombia Potencia Bioceánica Sostenible 2030, está relacionado con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 2030, en especial con el objetivo 14, el cual busca conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible y, por último, con la proclamación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) del periodo 2021-2030 como la Década de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, donde se promueve la investigación y la innovación en ciencias del mar para generar mayor conocimiento sobre los océanos<sup>8</sup>.

La política establece cinco ejes estratégicos, entre los cuales está el “4.3.4. Ordenamiento y gestión de los espacios marinos, costeros e insulares”. Esta cuarta estrategia se aborda a través de tres líneas de acción: 1. Generar instrumentos para la gestión del ordenamiento marítimo y territorial. 2. Gestionar los ecosistemas marinos y sus servicios ecosistémicos. 3. Generar las capacidades para la formulación o actualización de planes para la gestión del riesgo por fenómenos naturales costeros.

Línea de acción 4.2. Gestionar los ecosistemas marinos y sus servicios ecosistémicos, en la cual se plantea que para mejorar el estado de los recursos marino-costeros y mitigar la pérdida de recursos hidrobiológicos el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible diseñará una estrategia técnica para el mejoramiento de la Calidad Ambiental Marina en Colombia.

### 2.14. Tercera Comunicación Nacional de cambio climático

Este documento es una fuente de información y conocimiento técnico sobre vulnerabilidad, medidas de adaptación y mitigación, emisión y captura de gases de efecto invernadero, su impacto a nivel geográfico por regiones, educación y comunicación, entre otros temas, a nivel nacional y regional, con el fin de brindar herramientas para la planeación territorial en el mediano y largo plazo.

---

<sup>8</sup> <http://www.cco.gov.co/cco/prensa/noticias/117-asuntos-politicos/793-consulta-el-documento-conpes-colombia-potencia-bioceanica-sostenible-2030.html>

Los escenarios a nivel nacional y regional de cambios en la temperatura y precipitación evidencian la situación del país frente a los temas de cambio climático y los riesgos asociados por: aumento de la temperatura (aumento del nivel del mar, retroceso de paramos, derretimiento de nevados y glaciares, mayor incidencia de fenómenos climáticos extremos); menores lluvias y cambios en el uso del suelo (aceleración e intensificación de los procesos de desertificación, pérdida de fuentes y cursos de agua, impactos en la salud, producción agropecuaria y forestal, y la economía y competitividad regional); mayores lluvias y cambios en el uso del suelo (incremento de deslizamientos e inundaciones, afectación de acueductos veredales, daño de infraestructura vial).

Estos riesgos se asocian con variación en la magnitud, frecuencia y comportamiento tendencial en la ocurrencia de eventos extremos como la sequía y lluvias torrenciales. Lo anterior, se traduce en una afectación en la disponibilidad de los recursos hídricos, siendo de especial interés para el presente las afectaciones asociadas a la degradación de la calidad del agua y de los ecosistemas.

Por lo anterior, se requiere fortalecer los criterios de calidad como una herramienta de gestión ambiental para la planificación y administración del recurso hídrico y la prevención y control de la contaminación hídrica en tiempo de cambio climático

## 2.15. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”

Que el artículo 3 de la Ley 2294 de 2023 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, junto con sus respectivas bases, establece que el Plan Nacional de Desarrollo se materializa en cinco (5) transformaciones, la primera de las cuales es el Ordenamiento del territorio alrededor del agua que “Busca un cambio en la planificación del ordenamiento y del desarrollo del territorio, donde la protección de los determinantes ambientales y de las áreas de especial interés para garantizar el derecho a la alimentación sean objetivos centrales que, desde un enfoque funcional del ordenamiento, orienten procesos de planificación territorial participativos, donde las voces de las y los que habitan los territorios sean escuchadas e incorporadas” que busca entre otros aspectos: solucionar los conflictos socio ambientales en las cuencas hidrográficas en especial aquellos conflictos por el uso y disponibilidad del agua; proteger la riqueza hídrica del país y hacer uso sostenible de la biodiversidad; avanzar en la restauración de ecosistemas estratégicos; promover la sostenibilidad ambiental, la productividad y la calidad de vida a través de justicia ambiental y la gobernanza inclusiva que facilite una mejor distribución de los beneficios derivados de la conservación del agua.

En el mismo sentido, el Plan Nacional de Desarrollo menciona la doble función de las determinantes ambientales como modelos de ocupación del territorio permitiendo la gestión del recurso hídrico en la cuenca y por otra parte proteger el suelo rural para el derecho a la alimentación, a la vivienda y el Hábitat.

Teniendo como base del ordenamiento territorial el ciclo del agua, se actualizará la Política de gestión Integral de Recurso Hídrico alrededor de cuatro dimensiones: (i) oferta, que incluye la protección de páramos y humedales, la conexión de los ecosistemas, y la protección de cuencas abastecedoras y fuentes subterráneas a escala supramunicipal y regional. (ii) Demanda, incluyendo la articulación con políticas de asentamientos, con las decisiones urbanas y de hábitat, que inciden en la expansión de las ciudades, en la consolidación de los sistemas de abastecimiento. El agua incide directamente en la productividad, así que es fundamental consolidar infraestructuras, como los distritos de riego. (iii) Disponibilidad, a través de estrategias de reducción del estrés hídrico, y de los problemas de desabastecimiento por accesibilidad o por efectos de la variabilidad climática. Las medidas adoptadas deben contribuir a reducir los conflictos de usos del suelo en áreas protegidas y de especial importancia ambiental, destacando los suelos de protección que están en condiciones de alto riesgo no mitigable. (iv) Gobernanza, teniendo en cuenta el proceso de implementación de los determinantes del ordenamiento territorial asociados al ciclo del agua. Es esencial definir las jerarquías y la coordinación entre entidades para la gestión del agua.

### 3. Antecedentes de la problemática

En relación con los criterios de calidad de agua vigentes en el régimen transitorio el cual está establecido en el artículo 2.2.3.3.9.1 del Decreto 1076 de 2015, es decir, los artículos 2.2.3.3.9.2 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015, se han identificado las siguientes problemáticas de forma particular:

- Teniendo en cuenta la actual problemática relacionada con el deterioro de la calidad de los cuerpos de agua superficiales del país, que se evidencia entre otras, en el continuo aumento de los sitios de muestreo con índice de calidad del agua (ICA) malo y muy malo del Estudio Nacional del Agua, o en el caso de las aguas marinas, cuyos resultados del cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de Flora y Fauna (ICAM<sub>PFF</sub>), evidencian que a nivel nacional hay condiciones pésimas en los puntos de muestreo de los departamentos de La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Antioquia y Valle del Cauca; además, las condiciones inadecuadas estuvieron presentes en todos los departamentos costeros, excepto Sucre y Chocó<sup>9</sup>; resulta oportuno realizar ajustes a los criterios de calidad, que constituyen una herramienta que, actualizada, debe implementarse en el marco de los instrumentos de gestión ambiental relacionados con la calidad ambiental del país, que facilite la operatividad de las entidades del SINA involucradas en la planificación ambiental del recurso hídrico, la conservación de los ecosistemas acuáticos y recursos naturales presentes en estos territorios, el mantenimiento de la calidad ambiental y la prevención y control de la contaminación hídrica.
- En el régimen transitorio (artículo 2.2.3.3.9.1 del Decreto 1076 de 2015), los usos pesca, maricultura y acuicultura y navegación y transporte acuático no tienen criterios de calidad establecidos, lo cual representa un problema para las autoridades ambientales en la evaluación de la calidad para la destinación de uso del recurso hídrico, lo cual es

---

<sup>9</sup> Según el seguimiento al Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la Preservación de la Flora y Fauna (ICAM<sub>PFF</sub>) y de acuerdo con el Informe REDCAM (2019) y el Informe del estado de los ambientes marinos y costeros 2020.

fundamental para el proceso de planificación, la administración del recurso hídrico, el otorgamiento de concesiones, autorizaciones de vertimiento de aguas residuales y el control y seguimiento a la calidad de las fuentes de contaminación hídrica.

- Para realizar la clasificación de usos con base en los criterios de calidad vigentes, se deben medir actualmente 43 parámetros y aun así no es posible conocer el estado general de calidad de los cuerpos de agua desde el punto de vista ambiental. Lo anterior, debido a que carece de parámetros como conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, fósforo total, que hacen parte de los indicadores de estado de la calidad del recurso hídrico a nivel nacional. Además, dificulta la generación de estadísticas nacionales (porque no se puede agregar la información a nivel local) basadas en la calidad del agua que faciliten las labores de prevención y el control de los factores de contaminación de los cuerpos de agua superficiales del país por parte de Minambiente.
- Se debe hacer una armonización de los parámetros de calidad ambiental existentes en los instrumentos de administración del recurso hídrico. Lo anterior, para facilitar la interpretación e implementación de los diferentes instrumentos de gestión del recurso hídrico existentes y fortalecer el conocimiento de la calidad ambiental de los cuerpos de agua del país. Permitiendo, asimismo, emplear resultados de análisis fisicoquímicos de calidad de agua para múltiples propósitos, resultando por lo anterior en la optimización de los recursos económicos destinados, entre otros, al monitoreo de la calidad de agua por parte de las Autoridades Ambientales Competentes, el cumplimiento de metas nacionales como el mejoramiento de la calidad de aguas marinas (“Pacto Región Océanos”) el mejoramiento de la calidad de aguas superficiales continentales (“Pacto por la Sostenibilidad”) del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, el CONPES 3918 de 2018 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”; y el fortalecimiento de las capacidades de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM.
- Los criterios de calidad vigentes establecen criterios cualitativos que no permiten valorar de manera directa la calidad del agua y determinar la causa efecto del contenido del parámetro en el agua. Lo anterior en parámetros como olor (ausente), grasas y aceites (sin película visible) y material flotante (ausente), para los cuales existen alternativas para una medición cuantitativa, permitiendo establecer relaciones y asociaciones entre variables cuantificadas, utilizando unidades de medida comparables nacional e internacionalmente.
- Las concentraciones de nutrientes y compuestos de nitrógeno (nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total) y fósforo (fosforo total) en las aguas superficiales son de especial interés porque su presencia se asocia con fuentes naturales y antrópicas de contaminación, resultando en deterioro del estado general de calidad de los cuerpos de agua superficial. Los criterios vigentes no definen valores para los nutrientes lo cual tiene la posibilidad de limitar el uso (preservación de flora y fauna, pesca, maricultura y acuicultura, consumo humano y doméstico, navegación y transporte acuático y estético), ya que los nutrientes son parámetros importantes para evaluar la calidad del recurso ante la posibilidad de cambiar las condiciones tróficas aumentando la productividad primaria. En el régimen transitorio (artículo 2.2.3.3.9.1 del Decreto 1076 de 2015) se establecen criterios en relación con nutrientes únicamente para los usos de contacto primario y secundario en relación con que el contenido de nitrógeno y fósforo deben encontrarse en una proporción que no ocasionen eutrofización

- El uso agrícola, no tiene criterio (parámetros o valores) que permitan controlar el contenido de sales solubles, con posibles implicaciones negativas por salinización sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos. Por esto, es importante establecer criterios de calidad en relación con este uso para parámetros de fácil aplicación como conductividad eléctrica o sólidos disueltos totales.
- En relación con el uso preservación de flora y fauna para las aguas superficiales, se identificó la dificultad por parte de las autoridades ambientales en la aplicación de bioensayos para el establecimiento de criterios para este uso, lo anterior debido a aspectos técnicos relacionados principalmente con la aplicación de los factores de extrapolación e interpretación de resultados. Estos aspectos deben ser mejorados en la norma con el objetivo de fortalecer a las autoridades ambientales en su implementación y a los laboratorios en la ejecución de este tipo de análisis.
- La norma de criterios de calidad requiere ajuste de parámetros, valores y unidades para coliformes fecales, coliformes totales, grasas y aceites (como porcentaje de sólidos secos), turbiedad con el objetivo de adaptarlos a las técnicas de análisis de laboratorio empleadas en la actualidad.
- Debido al elevado número de compuestos orgánicos y pesticidas que se emplean en la actualidad y que pueden causar efectos tóxicos agudos o crónicos, y que pueden plantear riesgos a la salud humana y al ambiente, se deben actualizar los criterios de calidad para este tipo de compuestos con base en su uso en Colombia.
- En el marco reglamentario vigente se señalan los criterios de calidad para la destinación del recurso según su uso, no estando en estos contenidos valores permisibles del nivel de concentración de los parámetros indicadores de la calidad química y sanitaria de las aguas marinas y estuarinas, siendo expresados dichos valores como dosis letal media en el caso del agua destinada a la preservación de flora y fauna.
- Por todo lo anterior, una regulación actualizada, propiciaría mejores herramientas al momento de calificar la calidad del agua para un uso en particular, con lo cual tanto la población como los ecosistemas, serían menos vulnerables frente al desarrollo de actividades antrópicas, previniendo la afectación en la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos y en los correspondientes servicios ambientales.
- Como parte del plan de mejoramiento ante la Contraloría General de la República: “Auditoria de Cumplimiento T733 de 2017 Cerro Matoso” se debe como parte de la propuesta normativa realizar la revisión de la regulación específica de los valores límite de concentración para los usos del agua respecto al hierro y níquel, con el objetivo de dar cumplimiento al ordinal décimo primero de la Sentencia T-733 de 2017 referido a la necesidad de regular de manera específica, clara y suficiente los valores límite de concentración para el agua respecto a las sustancias químicas de hierro y níquel, así como la definición de los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas.

## 4. Sustento técnico

Los criterios por considerar en la formulación normativa deben dirigirse a: Mantener, conservar, recuperar o preservar la calidad del recurso hídrico de manera que garantice los usos del recurso y la protección o conservación de las comunidades acuáticas, maximizando los beneficios sociales y económicos.

Una norma de calidad de aguas implica el establecimiento de criterios de calidad para definir la admisibilidad del recurso natural renovable como condición ambiental para determinados usos, como, por ejemplo, la conservación y el mantenimiento de la biodiversidad o para garantizar la prestación de servicios ecosistémicos. Los requisitos de calidad del agua obligan a las autoridades y usuarios a cumplir los criterios de calidad de un área o cuerpo de agua específico.

Teniendo en cuenta que la calidad del agua es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua; es necesario precisar que los criterios de calidad que se establecen en las normas de calidad del agua son los valores admisibles para algunas características presentes en el agua, que proporcionan una base para estimar la calidad en función de los usos del recurso.

La norma de criterios de calidad para el uso de las aguas implica el establecimiento de valores de referencia que debe satisfacer el recurso hídrico para la conservación y para el mantenimiento de la biodiversidad o para su uso. Su funcionamiento está concebido a manera de requisito de calidad, lo cual obliga a las autoridades y usuarios a comparar la calidad de agua de un área, masa o ecosistema acuático, con los requisitos para determinar si satisfacen o no cierto nivel de calidad.

A continuación, se realiza el soporte técnico para el ajuste de los criterios de calidad para el uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas, y se dictan otras disposiciones

### 4.1. Factores que Influyen la Calidad del Agua

De acuerdo con la OMS (2006), la expresión “Calidad de las aguas” se encuentra relacionada con el uso para el cual esté destinada la misma, y se refiere a la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas, ya sea por procesos naturales (como los que se desarrollan en la interacción océano-Atmósfera) y/o actividades humanas.

Es importante establecer, que este numeral tiene el propósito de determinar los principales factores naturales (intrínsecos) y antrópicos (extrínsecos) que condicionan la calidad del agua superficial continental, agua subterránea y aguas marinas. Lo anterior, con el objetivo de contribuir en la definición de parámetros de la norma de criterios para el uso de las aguas.

En ausencia de actividades antrópicas, la evolución de la calidad fisicoquímica del agua subterránea y superficial continental natural, depende de múltiples factores, siendo los principales el origen del



agua, las propiedades de la formación geológica que la contiene o recarga, el transporte, la interacción con la atmósfera y las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio, así como las interacciones entre estas.

Teniendo en cuenta lo anterior, las aguas superficiales continentales y subterráneas se caracterizan por la presencia de ciertos compuestos y elementos que determinan su calidad natural y potencial de uso, siendo algunos de los principales los que se presentan en la Tabla 4-1.

En esta comparación se destacan los siguientes aspectos:

- De acuerdo con UNESCO-WHO-UNEP, (1996), en general la calidad química natural del agua subterránea es buena, lo anterior debido a que presenta escasa variabilidad, permite posibilidad de uso en la mayoría de los casos sin tratamiento debido a que se caracteriza por una baja cantidad de sólidos en suspensión, bajo contenido de materia orgánica y excelente calidad microbiológica. Sin embargo, las concentraciones de algunos componentes asociados a su alto contenido mineral pueden causar problemas para el uso del agua llegando a generar restricciones importantes para su uso en consumo humano y riego agrícola, principalmente.
- Por otra parte, el agua superficial continental presenta una mayor variabilidad de su calidad, especialmente condicionada a los periodos climáticos, siendo de especial importancia para su uso su calidad microbiológica, contenido de materia orgánica y nutrientes, procedentes de fuentes tanto naturales como antropogénicas.

**Tabla 4-1 Calidad natural de agua subterránea y superficial continental. Adaptada de (Kiely, 1999)**

Comparación de calidad de agua superficial continental y subterránea - Fuentes naturales		
Parámetro	Agua superficial continental	Agua subterránea
Temperatura	Varía con la estación	Relativamente constante
Turbidez y sólidos en suspensión	Varía y a veces es alta	Normalmente baja o nula
Contenido mineral	Varía con el suelo, lluvia, efluentes, etc.	Relativamente constante en valores altos
Hierro y manganeso divalentes en solución	Algo	Siempre alto
Dióxido de carbono	Generalmente no está presente	Siempre algo
Oxígeno disuelto	Con frecuencia cercano a saturación, excepto cuando está contaminada	Normalmente bajo
Amonio	Solo en agua contaminada	Presencia natural, con niveles con potencial de aumento en sitios contaminados
Sulfuro de hidrógeno	Generalmente no está presente	Normalmente algo
Sílice	Niveles moderados	Normalmente algo
Nitrato	Generalmente no está presente	Presencia natural, con niveles con potencial de aumento en sitios contaminados (principalmente contaminación agrícola y aguas residuales domésticas)
Organismos vivos	Puede tener niveles altos	Normalmente nada
Materia orgánica	Varía entre baja y moderada, pero puede tener niveles altos	Normalmente nada, especialmente en acuíferos con altos tiempos de residencia



Las actividades antropogénicas pueden acentuar o alterar los procesos naturales de las aguas superficiales continentales y subterráneas, así como alterar las variables físicas, químicas y biológicas del agua.

Respecto a las aguas marinas, la información sobre la calidad del agua es muy importante para apoyar la planificación y gestión de las zonas marinas y costeras. Esta evaluación de la calidad del agua puede proporcionar información sobre si la calidad del agua puede amenazar la utilización de la biota marina. La evaluación de la calidad del agua es un proceso complejo e implica una variedad de parámetros del agua que pueden influir en la calidad de las aguas (Tanjung et al, 2019).

Entre los factores que influyen en la calidad de las aguas marinas, es pertinente mencionar que este recurso se encuentra amenazado por la alteración física de los ecosistemas costeros, incluida la destrucción de hábitats de importancia vital para la salud de los mismos. Además, los cursos de agua, las corrientes oceánicas y los procesos atmosféricos transportan a grandes distancias algunos contaminantes que presentan riesgos para la salud humana y para los recursos naturales asociados.

Por lo anterior, a continuación, se describen los principales aspectos naturales y antrópicos que afectan la calidad del agua.

#### 4.1.1. Factores Intrínsecos

En este numeral se describen los principales aspectos naturales que afectan la calidad de las aguas superficiales continentales y subterráneas, siendo algunos factores comunes a ambas, y otras inherentes a cada una de ellas. Sin embargo, es preciso establecer que debido al hecho de que los ríos, representan un sistema de drenaje que es el resultado de la escorrentía superficial, la infiltración y la recarga y descarga de aguas subterráneas (UNESCO-WHO-UNEP, 1996), la calidad de las aguas subterráneas y la de los ríos están determinada por la magnitud de este intercambio, magnitud que no es constante ni en el espacio ni en el tiempo. Por lo anterior, el flujo base de los ríos, que es aquella condición de flujo mínima del sistema, tiene una relación estrecha con la calidad y cantidad de agua subterránea que lo recarga.

##### 4.1.1.1. Composición geoquímica de las formaciones geológicas

En la Tabla 4-2 se presenta la composición media de algunas rocas ígneas y sedimentarias, en donde es posible identificar la predominancia de algunos elementos en los diferentes tipos de rocas, sin que esto implique que todas las rocas ígneas y sedimentarias presenten la misma composición elemental.

La calidad natural del agua subterránea está controlada por geoquímica de la litosfera y la hidroquímica de la hidrosfera. Por esto, la composición elemental de las rocas (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) en las que se desarrolla el flujo de agua tiene una marcada influencia en la composición y calidad del agua subterránea. Por ejemplo, las rocas ígneas y sedimentarias presentan altos contenidos naturales de hierro y aluminio, por lo anterior las aguas subterráneas con flujo a través de este tipo de rocas se caracteriza por la presencia de altos niveles de hierro, niveles que condicionan y limitan usos específicos. Por lo anterior, la composición de la roca y las características químicas del agua están directamente relacionados, y los parámetros presentes en la composición elemental de las rocas, pueden estar presentes en el agua (según su evolución hidroquímica), por lo tanto, esta composición permite de cierta forma definir los parámetros a ser tenidos en cuenta en los criterios de calidad del agua para diferentes usos.

**Tabla 4-2 Composición media de algunas rocas ígneas y sedimentarias. Fuente: (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Elemento		Rocas ígneas	Rocas sedimentarias		
			Arenisca	Shales	Carbonatos
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Silicio	Si	285,000	359,000	260,000	34
Aluminio	Al	79,500	32,100	80,100	8,970
Hierro	Fe	42,200	18,600	38,800	8,190
Calcio	Ca	36,200	22,400	22,500	272,000
Sodio	Na	28,100	3,870	4,850	393
Potasio	K	25,700	13,200	24,900	2,390
Magnesio	Mg	17,600	8,100	16,400	45,300
Titanio	Ti	4,830	1,950	4,440	377
Fósforo	P	1,100	539	733	281
Manganeso	Mn	937	392	575	842
Flúor	F	715	220	560	112
Bario	Ba	595	193	250	30
Azufre	S	410	945	1,850	4,550
Estroncio	Sr	368	28	290	617
Carbono	C	320	13,800	15,300	113,500
Cloruros	Cl	305	15	170	305
Cromo	Cr	198	120	423	7
Cobre	Cu	97	15	45	4
Níquel	Ni	94	3	29	13
Zinc	Zn	80	16	130	16
Cobalto	Co	23	0	8	0
Plomo	Pb	16	14	80	16
Mercurio	Hg	0.33	0	0	0
Selenio	Se	0.05	1	1	0

Teniendo en cuenta la influencia de la geoquímica de la litosfera, según la abundancia relativa de los diferentes componentes del agua subterránea (ver

Tabla 4-3) sus constituyentes se clasifican en tres tipos (UNESCO-WHO-UNEP, 1996): principales (o mayoritario), secundarios (o minoritario) y menores (o trazas), siendo estos el reflejo de la trayectoria de flujo y su evolución hidroquímica natural (Minambiente, 2014).

Según Foster, S. et al. 2002 -2005 citado en (Minambiente, 2014), nueve constituyentes químicos conforman el 99% del contenido soluto en las aguas subterráneas naturales (Na, Ca, Mg, K,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  y Si). No obstante, algunos elementos menores o trazas de origen natural en concentraciones muy bajas representan un riesgo por sus efectos a la salud humana y el ambiente, razón por la cual estos deben ser tenidos en cuenta al momento de evaluar los criterios de calidad para el uso de las aguas tanto superficiales continentales como subterráneas, por lo anteriormente expuesto.

Es preciso establecer que no todos los elementos primarios, secundarios y menores o trazas deben estar presentes en el agua subterránea, lo anterior debido a que su presencia dependerá de la evolución hidroquímica de la misma. Por ejemplo, como en el caso del aluminio y el hierro que, a pesar de ser constituyentes principales de las rocas o sedimentos, podrían ser elementos secundarios o incluso traza en las aguas subterráneas. Esto, se debe a que no siempre existe una relación directa entre la composición geoquímica de las rocas y las características químicas del agua subterránea, ya que ésta última depende no solo de los elementos constitutivos de minerales presentes en las formaciones geológicas, depende entre otros aspectos de: la solubilidad de dichos elementos; las características propias del agua que circula por las rocas y sedimentos que está fuertemente influenciada por su tránsito por la zona no saturada; de las condiciones de presión y temperatura a la que está sometida el agua; de los tiempos de residencia; entre otros procesos físicos y químicos que se suceden al interior de los acuíferos (algunos de los principales se mencionan en el numeral 4.1.1.2.1.). Por esto, aun cuando sea necesario establecer criterios para la mayoría de estos elementos, la Autoridad Ambiental Competente tendrá la potestad de excluir elementos cuando estos no se presenten de manera natural o por contaminación antrópica en el agua subterránea o superficial continental. Lo anterior, con base en el conocimiento y monitoreo que se tenga del recurso hídrico.

**Tabla 4-3 Abundancia relativa de los componentes disueltos en el agua subterránea. Fuente: (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Abundancia relativa de los componentes disueltos en el agua subterránea.		
Constituyente		
Principal	Secundario	Menor o traza
Rango de concentraciones naturales		
(1.0 a 1000 mg/L)	(0.01 a 10.0 mg/L)	(0.0001 a 0.1 mg/L)
Sodio	Hierro	Arsénico
Calcio	Aluminio	Bario
Magnesio	Potasio	Bromuro
Bicarbonato	Carbonato	Cadmio
Sulfato	Nitrato	Cromo
Cloruro	Fluoruro	Cobalto
Sílice	Boro	Cobre
	Selenio	Yoduro
		Plomo
		Litio
		Manganeso
		Níquel
		Fosfato
		Estroncio
		Uranio
		Zinc
		otros

En la Tabla 4-4 se resumen las principales fuentes naturales de algunos de los constituyentes principales y secundarios en aguas subterráneas y se establecen las concentraciones típicas, las concentraciones en aguas salobres y en el agua de mar a manera de comparación. Lo anterior, permitirá tener valores de referencia para establecer la presencia de constituyentes y elementos en aguas superficiales continentales y subterráneas que puedan condicionar el uso del agua.

**Tabla 4-4 Fuentes naturales y concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y agua de mar. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) e (IGME, 1985)**

Tipo de constituyente	Tipo de ion o constituyente	Parámetro	Fuente Natural	Concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y de mar (mg/L)		
				Típicamente en aguas dulces naturales	Aguas salobres hasta	Agua de mar
Iones disueltos			Como consecuencia de su contenido iónico el agua se hace conductora de la electricidad.	Valores normales en aguas dulces oscilan entre 100 y 2000 uS/cm:	100.000 uS/cm:	52.000 uS/cm:
Mayoritario o principal	Aniones	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) y Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	- Disolución de calizas y dolomitas potenciada por el aporte de CO <sub>2</sub> - El bicarbonato es la especie carbonatada dominante en las aguas con pH <8.3	Bicarbonato - Normalmente valores entre 50-500 mg/L - Puede exceder los 1.000 mg/L en aguas pobres en calcio y magnesio que favorecen la liberación de CO <sub>2</sub> .  Carbonato <10 mg/L - Puede exceder los 50 mg/L en aguas con alto contenido de sodio	-	-
		Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	- Roca sedimentaria (evaporitas) y rocas de origen marino. - Otras rocas sedimentarias y las rocas ígneas tienen poco contenido de cloruros. - Aguas lluvias cercanas a la costa.	- <10 mg/L en áreas húmedas - Rango usual menor a 100 mg/L - Hasta 2.000 a 3.000 mg/L en regiones áridas	200.000	20.000
		Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	El ión sulfato procede del lavado de terrenos formados en ambiente marino como resultado de la oxidación de minerales sulfurados que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias.  No obstante lo anterior, la disolución de yeso y anhidrita dispersos en el terreno representa el aporte más significativo de este ión a las aguas subterráneas.	- <300 mg/L (excepto pozos influenciados por drenaje ácido de minas). - En agua salinas puede llegar a 5.000 mg/L (asociado a calcio)	200.000 mg/L (asociado a sodio y magnesio)	-
		Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	- Atmósfera, leguminosas, restos de plantas, excrementos de animales - En rocas es un elemento minoritario, lo anterior debido a que su formación requiere de la presencia de condiciones oxidantes.	<10 mg/L	-	-

Tipo de constituyente	Tipo de ion o constituyente	Parámetro	Fuente Natural	Concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y de mar (mg/L)		
				Típicamente en aguas dulces naturales	Aguas salobres hasta	Agua de mar
	Cationes	Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	Catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas (especialmente silicatos (anfíboles)). Sedimentarlas (principalmente aragonita, calcita, dolomita, yeso, anhidrita, minerales arcillosos) y metamórficas.	<250 mg/L	75.000 mg/L (asociado a cloruros)	-
		Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	Procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomías y calizas magnesianas). evaporitas y de la alteración de Silicatos ferro magnesianos (anfíboles, olivina, piroxenos), minerales arcillosos, así como de agua marina.	- <50 mg/L - >100 mg/L en terrenos calcáreos	57.000 mg/L	1.000 mg/L
		Sodio (Na <sup>+</sup> )	El sodio proviene principalmente de la meteorización de silicatos (Feldespatos (albita)), de minerales arcillosos y la disolución de rocas sedimentarlas de origen marino y depósitos evaporíticos (halita).  El aporte de agua marina en zonas costeras pueden ser una importante fuente de sodio.	<200 mg/L	25.000 mg/L	10.000 mg/L
		Potasio (K <sup>+</sup> )	Procede principalmente de la meteorización de Feldespatos (ortoclasa, microclina) y feldespatoides y ocasionalmente de la solubilización de evaporitas (silvina y carnalita).  Se encuentra fijado en los minerales de arcilla desde su proceso de formación.	<10 mg/L (hasta 100 mg/L en aguas termales)	100.000 mg/L	-
		Amonio (NH <sup>4+</sup> )	- Atmósfera, leguminosas, restos de plantas, excrementos de animales - El comportamiento de las formas múltiples de nitrógeno en el agua está influenciado por fenómenos biológicos, por tanto, determinadas por el número y tipo de organismos que intervengan en ellos. - Generalmente el amonio aparece sólo como trazas en aguas subterráneas naturales, aumentando solo en ambientes altamente reductores/anóxicos.	- <0.3 mg/L de amoniaco (OMS, 2011) - Hasta 3 mg/L en aguas subterráneas anaeróbicas (OMS, 2011)	-	-
	Otros	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Proviene principalmente del suelo (respiración de organismos y descomposición de la materia orgánica).  El aporte de CO <sub>2</sub> genera acidificación del agua, favoreciendo la disolución de minerales.	-	-	-
		Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	La atmósfera es la principal fuente directa de oxígeno, sin embargo, la fotosíntesis es una fuente indirecta de este compuesto.	La concentración en aguas subterráneas puede variar desde	-	-

Tipo de constituyente	Tipo de ion o constituyente	Parámetro	Fuente Natural	Concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y de mar (mg/L)		
				Típicamente en aguas dulces naturales	Aguas salobres hasta	Agua de mar
				las condiciones anóxicas hasta valores de saturación.		
		Sílice (Acido Silícico (SiO <sub>4</sub> H <sub>4</sub> ) o óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> ))	Principalmente por hidrólisis de feldspatos de sílice y silicatos y por la presencia de minerales ferro magnesianos y arcillosos, silicio amorfo, cuarzo y ópalo.	1-30 mg/L (pero pueden presentarse valores naturales de hasta 100 mg/L)	4.000 mg/L	-
Minoritario o secundario	Aniones	Fluoruro (F <sup>-</sup> )	Principalmente de rocas plutónicas o intrusivas, asociada a minerales como anfíboles (hornblenda), apatita, fluorita, mica.	- <10 mg/L - Rara vez sobrepasa los 2 mg/L.	1.600 mg/L	-
		Sulfuro (S <sup>2-</sup> )	El ión procede de terrenos formados en ambiente marino. Los minerales sulfurados que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias.  El aporte de agua marina en zonas costeras pueden ser una importante fuente de sulfuro.	-	-	-
		Bromuro (Br <sup>-</sup> )	Fuente principal rocas sedimentarias de origen marino, aguas marinas en zonas costeras, aguas congénitas y lagos salobres.  Existen escasos minerales bromurados (Bromargirita y Bromargirita).	0-0.8 mg/L	-	65 mg/L
		Ioduro (I <sup>-</sup> )	Fuente principal rocas sedimentarias de origen marino, aguas marinas en zonas costeras, aguas congénitas y lagos salobres.	-	-	0.05 mg/L
		Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	- Atmósfera, leguminosas, restos de plantas, excrementos de animales - El comportamiento de las formas múltiples de nitrógeno en el agua está influenciado por fenómenos biológicos, por tanto, determinadas por el número y tipo de organismos que intervengan en ellos. -Es el resultado de la oxidación del amoníaco o la reducción microbiana de nitratos.	-	-	-
		Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Rocas ígneas y sedimentarias marinas. La principal fuente son los acuíferos kársticos.	-	-	-
		Borato (BO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	La principal fuente son las rocas ígneas, gases volcánicos, el agua marina y terrenos evaporíticos.	<0.5 mg/L	-	5 mg/L
	Cationes	Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	- Surge de suelos y sedimentos. Las rocas metamórficas y sedimentarias y los minerales de mica biotita y anfíbol (hornblenda) contienen grandes cantidades de Mn. - Presente solo en condiciones fuertemente anóxicas/reductoras	>10 mg/L	-	-

Tipo de constituyente	Tipo de ion o constituyente	Parámetro	Fuente Natural	Concentraciones de los principales componentes del agua subterránea y de mar (mg/L)		
				Típicamente en aguas dulces naturales	Aguas salobres hasta	Agua de mar
		Hierro ( $\text{Fe}^{+2}$ o $\text{Fe}^{+3}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rocas ígneas de hierro: anfíboles, micas ferro magnesianas, <math>\text{FeS}</math>, <math>\text{FeS}_2</math> y magnetita, <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>.</li> <li>- Rocas de arenisca: óxidos, carbonatos, sulfuros o minerales arcillosos de hierro.</li> <li>- Presente solo en condiciones fuertemente anóxicas/reductoras</li> </ul>	< 0.5 en aguas completamente aireadas, 10 mg/L en aguas subterráneas con $\text{pH} < 8$ ; poco frecuentes valores de hasta 50 mg/L	-	-



#### 4.1.1.2. Interacción entre el agua y el medio

Según (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) existen dos características principales que diferencian el agua subterránea del agua superficial continental:

- El agua subterránea presenta un movimiento lento en comparación con el agua superficial, con tiempos de residencia varios órdenes de magnitud más largos que los de las aguas superficiales continentales.
- En parte condicionado por lo anterior, cuando el agua subterránea es contaminada puede permanecer así durante décadas, o incluso durante cientos de años, debido a que los procesos naturales son muy lentos.

A continuación, se detallan los principales aspectos que determinan la evolución hidroquímica natural de las aguas subterráneas y superficiales continentales.

##### 4.1.1.2.1. Agua subterránea

En primer lugar y de manera general es el origen o procedencia del agua subterránea el que condiciona su potencial hidrogeológico (Tabla 4-5) y calidad. De esto, es posible establecer que las aguas meteóricas debido a su volumen y calidad natural son la principal fuente de abastecimiento de agua subterránea.

**Tabla 4-5 Clasificación de las aguas subterráneas de acuerdo con su procedencia Fuente:**

**Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Clasificación	Descripción	Interés hidrogeológico
Meteóricas	Aguas originadas por la infiltración del agua lluvia, como parte del ciclo hidrológico normal.	Es la principal fuente de agua subterránea debido a su volumen y calidad
Congénitas	Son aguas de origen marino que fueron atrapadas en los sedimentos de la Formación Geológica que la contiene desde su origen.	Son aguas que debido a su calidad (alta salinidad) no suelen aprovecharse.
Juveniles	Son aquellas aguas de origen magmático que no han estado en superficie, y que se liberan durante emisiones volcánicas.	No representa un potencial hidrogeológico debido a su volumen, temperatura y calidad (altos contenidos de minerales).

Existen múltiples aspectos intrínsecos que determinan la evolución hidroquímica de la calidad del agua subterránea, siendo muchos de estos aspectos condicionados por la geología en la que se desarrolla el flujo de agua subterránea. Algunos de estos aspectos son:

- Características del flujo de agua de través del medio poroso
- Tiempo de residencia del agua en la formación geológica
- Tipo de confinamiento del acuífero

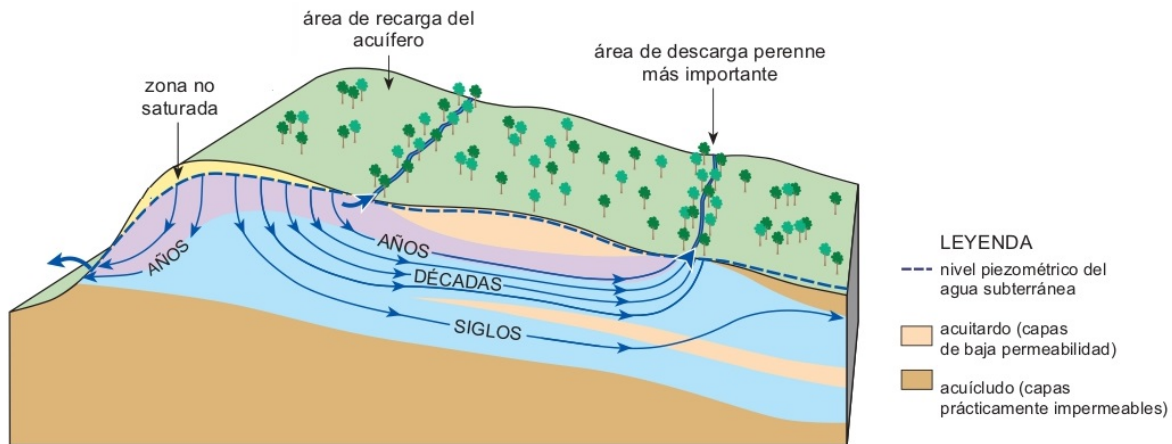
- Características de la zona no saturada o zona vadosa
- Magnitud de la recarga y evapotranspiración

En la Tabla 4-6 se resumen los principales aspectos intrínsecos de la evolución hidroquímica del agua subterránea.

**Tabla 4-6 Aspectos naturales de la evolución hidroquímica del agua subterránea. Fuente:**  
**Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Aspecto	Descripción
Flujo de agua	<p>La facilidad de flujo del agua a través de una roca depende principalmente del tamaño de los poros de la roca y el grado de interconexión de estos. Esto está determinado principalmente entre otros aspectos por la composición de la roca, su proceso de formación y la actividad tectónica.</p> <p>Lo anterior, se mide a través de tres propiedades de la roca: Porosidad total, porosidad eficaz y conductividad hidráulica. Las cuales pueden verse influenciados por los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tamaño del material, forma y disposición de los granos que conforma la roca</li> <li>2. Saturación de poros con minerales o material de menor tamaño.</li> <li>3. Compactación, cementación y cristalización.</li> <li>4. Porosidad secundaria generada como resultado de la actividad técnica.</li> </ol>
Tiempo de residencia	<p>Este es un factor importante en la calidad del agua subterránea, lo anterior debido a que permite el contacto entre el agua y los minerales constituyentes de la roca. El tiempo está determinado en gran medida por las propiedades que determinan el flujo de agua y por la distancia entre el punto de recarga y descarga del agua subterránea. (ver Figura 4-1)</p> <p>Teniendo en cuenta lo anterior los acuíferos pueden tener variaciones en tiempos de residencia desde meses o años en acuíferos someros o pequeños hasta cientos o miles de años en acuíferos profundos. Siendo por lo tanto la profundidad y edad de la roca un factor determinante en el tiempo de residencia y calidad del agua.</p> <p>Los acuíferos caracterizados por largos tiempos de residencia, en donde la recarga es limitada y se encuentra distante del punto de descarga produce aguas subterráneas con alto contenido mineral generalmente del tipo cloruradas sódicas.</p>
Confinamiento del acuífero	<p>El confinamiento de los acuíferos es un factor determinante en la calidad del agua, debido a que influencia la vulnerabilidad del medio a la contaminación por factores naturales y factores antrópicos. De acuerdo con lo anterior se establecen tres condiciones de confinamiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acuíferos libres son aquellos acuíferos en donde la superficie freática está a presión atmosférica. Por lo anterior, son altamente vulnerables a la contaminación por actividades antrópicas o naturales.</li> <li>2. Acuíferos confinados, son aquellos en donde en cualquier punto del acuífero, la presión del agua es mayor que la atmosférica, lo anterior debido a que el espesor del acuífero se extiende entre dos capas impermeables. Por lo anterior, son raramente vulnerables a la contaminación por actividades antrópicas o naturales.</li> <li>3. Acuíferos semiconfinados, son aquellos a presión, pero el cual una de sus capas confinantes es semipermeable. Por lo anterior, si la capa semipermeable es la capa superior, pueden presentar cierto grado de vulnerabilidad a la contaminación por actividades antrópicas o naturales.</li> </ol> <p>Es preciso establecer que independientemente del grado de confinamiento, los acuíferos pueden ser vulnerables a la contaminación cuando las estructuras de captación (pozos, aljibes) presentan un diseño inadecuado.</p>
Zona no saturada o zona vadosa	<p>Corresponde a la zona comprendida entre la superficie terrestre y la tabla de agua o superficie freática. Es de especial interés su espesor debido a que constituye la ruta de entrada del agua lluvia desde la superficie del terreno hasta la zona saturada. Lo anterior, determina el tiempo de residencia de la ruta de entrada al acuífero, resaltándose la importancia que esto tiene en los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intercepción, sorción y decaimiento de patógenos.</li> <li>2. Atenuación natural mediante precipitación de elementos traza y otros compuestos inorgánicos.</li> <li>3. Sorción y biodegradación de compuestos orgánicos e hidrocarburos.</li> </ol>

Aspecto	Descripción
	Por esto, los acuíferos donde la tabla de agua se encuentra cerca de la superficie del terreno, son altamente vulnerables a la contaminación por actividades antrópicas o naturales.
Recarga/Evapotranspiración	<p>La calidad de las aguas subterráneas está influenciada por la cantidad y frecuencia con que se desarrollan procesos de recarga en el acuífero.</p> <p>En acuíferos en donde la recarga es restringida, la evapotranspiración de la zona de descarga es un factor importante, debido a que puede limitar la disponibilidad del recurso o generar aguas con altas concentraciones de minerales.</p>



**Figura 4-1 Dinámica del flujo del agua subterránea. Fuente: Adaptado de (AIH, 2017)**

Teniendo en cuenta los diferentes aspectos naturales presentados en la Tabla 4-6, en la

Tabla 4-7 se resume el comportamiento hidrogeológico general y calidad del agua de los diferentes materiales geológicos. Lo presentado, no es una regla general y debe ser evaluado en conjunto con los aspectos mencionados anteriormente. Para dar un ejemplo existen sedimentos de origen marino, que condicionan la presencia de aguas enriquecidas en ciertos minerales.

**Tabla 4-7 Comportamiento hidrogeológico y calidad del agua. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Tipo de material geológico	Comportamiento hidrogeológico	Calidad del agua
Sedimentos No Consolidados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En general los sedimentos no consolidados tienen una alta porosidad primaria y/o permeabilidad, por lo cual tienen interés hidrogeológico debido a su potencial de almacenar y transmitir agua.</li> <li>2. Los sedimentos no consolidados conforman acuíferos locales limitados y restringidos en profundidad cuya productividad está directamente relacionada con el tamaño de partículas que lo conforman.</li> <li>3. Su productividad se encuentra normalmente limitada por la recarga por precipitación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aguas de buena calidad natural, debido a los cortos a moderados tiempos de residencia del agua y a la recarga regular (en zonas húmedas).</li> <li>2. Estos acuíferos libres son altamente vulnerables a la contaminación por actividades antrópicas, siendo de especial interés el peligro que representa la contaminación fecal con patógenos (Bacterias y virus).</li> </ol>
Rocas Sedimentarias	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Constituyen la mayoría y los más importantes acuíferos regionales en el mundo y en Colombia.</li> <li>2. En general, están rocas según el tamaño de partículas que la componen, tienen una alta porosidad primaria y/o permeabilidad al inicio de su proceso de formación, por lo cual tienen interés hidrogeológico debido a su potencial de almacenar y transmitir agua.</li> <li>3. La porosidad primaria y la permeabilidad tienden a disminuir con la profundidad y edad de la roca, lo anterior como resultado de la compactación de esta debido a la carga de las rocas que sobreyacen y saturan parcial o totalmente los poros con precipitados químicos (cementación). Bajo condiciones de compactación y cementación, la actividad tectónica puede favorecer la generación de fracturas (porosidad secundaria) para que estos cuenten con la porosidad y permeabilidad para ser considerados acuíferos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En general las rocas sedimentarias con buena porosidad y agua meteórica, se caracterizan por la buena calidad natural asociada a tiempos de residencia moderados y confinamiento.</li> <li>2. Las rocas sedimentarias profundas con baja porosidad y permeabilidad se caracterizan por mala calidad de agua natural, como resultado el alto contenido de minerales disueltos resultado de los altos tiempos de residencia del agua que favorecen la disolución de minerales.</li> <li>3. Este tipo de acuíferos se encuentran típicamente confinados debido a la presencia de estratos de baja permeabilidad, situación que lo hace menos vulnerable a la contaminación por actividades antrópicas.</li> <li>4. Las rocas sedimentarias antiguas debido a su proceso de evolución pueden contener agua de origen marino contenida en los sedimentos desde su formación (agua congénita), razón por la cual se caracterizan por una alta salinidad.</li> </ol>
Rocas Ígneas y Rocas Metamórficas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En general, las rocas ígneas y metamórficas sin meteorización, y como resultado de su proceso de formación tienen muy baja (los poros no están conectados) a nula porosidad y permeabilidad, razón por la cual este tipo de rocas en general no representa interés hidrogeológico.</li> <li>2. Este tipo de rocas con el tiempo y como resultado de su proceso de formación y la actividad tectónica pueden desarrollar fracturamiento, el cual permite el aumento de la porosidad y permeabilidad. Lo anterior, permite el almacenamiento y transporte de agua para que este tipo de rocas puedan considerarse acuíferos de interés hidrogeológico a nivel local con baja productividad.</li> <li>3. Es preciso establecer que la porosidad primaria y secundaria y la permeabilidad tienden a disminuir con la edad de la roca, y la profundidad, lo anterior como resultado de la compactación de esta debido a la carga de las rocas que sobreyacen y por la saturación de</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los acuíferos poco profundos tienen buena calidad de agua natural debido a los cortos tiempos de residencia y recarga natural, excepto áreas de actividad volcánica o hidrotermal actual o reciente, en donde el fluoruro representa el principal problema</li> </ol>

Tipo de material geológico	Comportamiento hidrogeológico	Calidad del agua
	<p>poros con minerales secundarios (cementación).</p> <p>4. Algunas rocas ígneas tienen alta porosidad (p. ej. pómez) o forman estructuras (grietas y diaclasas de enfriamiento, vesículas, etc.) que favorecen la formación de acuíferos volcánicos libres locales cuya productividad está limitada por la profundidad y la recarga por precipitación.</p>	

#### 4.1.1.2.2. Agua Superficial continental

En condiciones naturales, el transporte de sustancias disueltas y suspendidas en ríos es muy variable en el espacio y tiempo según la fuente, mecanismo e interacciones en el medio natural. Las principales fuentes de sustancias en los ríos según (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) son las siguientes:

- Meteorización de rocas superficiales
- Fuentes atmosféricas de origen natural.
- Lixiviación de suelos orgánicos

Adicional a lo anterior, existen muchos otros mecanismos externos al cuerpo de agua y procesos internos desarrollados en este que condicionan su calidad. En la Tabla 4-8 se resumen los principales factores naturales que influyen la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales.

**Tabla 4-8 Factores naturales que influyen la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Factor natural	Descripción
Condiciones geológicas y suelos	<p>Las condiciones geológicas del área de drenaje determinan no solo el caudal, sino la evolución hidroquímica del agua superficial como resultado de la meteorización de rocas.</p> <p>Los suelos condicionan la calidad del agua superficial, lo anterior debido a que la escorrentía subsuperficial lixivia nutrientes (compuestos de nitrógeno y fósforo) y carbono orgánico disuelto.</p>
Aerosoles oceánicos - erosión eólica	<p>Los aerosoles oceánicos con alto contenido mineral (sodio, cloruros, magnesio, sulfatos) se depositan en cuerpos de agua superficiales. El efecto de estos aerosoles disminuye a medida que se aleja de la costa.</p> <p>La erosión eólica producto del desgaste de la roca o suelo debido a la acción del viento puede tener alto contenido mineral (calcio, bicarbonato y sulfatos) que se depositan en cuerpos de agua superficiales</p>
Proporción entre escorrentía y aguas subterráneas.	Proporción entre la escorrentía superficial y la recarga y descarga de aguas subterráneas
Área de drenaje	Las variaciones en la calidad del agua son menores a medida que aumenta el orden de la cuenca, lo anterior como resultado de menor variación en el régimen de caudales (relación entre el caudal pico y mínimo) y mayor capacidad de dilución.
Condiciones hidrológicas.	<p>Las condiciones hidrológicas del área de drenaje determinan las variaciones en el régimen de caudales y la velocidad, como resultado de la precipitación que se convierte en escorrentía, es por esto que aspectos como el estado de la cobertura vegetal y suelo tienen una influencia directa sobre la calidad del agua superficial.</p> <p>En los cuerpos de agua superficiales esto es determinante debido a que la escorrentía contiene un alto contenido de sólidos suspendidos totales, por esto el contenido de sólidos tiene una relación directa con el caudal y la velocidad de flujo, debido a que genera procesos erosivos y resuspensión de partículas sedimentadas en el lecho del río. La resuspensión de sedimentos es una fuente importante de metales, nutrientes, carbono orgánico disuelto y compuestos orgánicos dada su capacidad de adsorción.</p>

Factor natural	Descripción
	La presencia de cuerpos de agua lénticos en un área de drenaje atenúa el contenido de materia orgánica disuelta y sólidos suspendidos totales en las aguas superficiales.
Sistema fluvial gobernado por procesos internos	Corresponden a procesos internos en el cuerpo de agua, que tienen influencia en la calidad del agua. Algunos de estos procesos son: Turbulencia, evaporación, adsorción a los sedimentos, producción primaria, oxidación de materia orgánica en la columna de agua y oxidación de materia orgánica en los sedimentos.
Cobertura vegetal	Determina la cantidad y calidad del agua lluvia que se convierte en escorrentía. La cobertura vegetal atenúa las variaciones en la escorrentía.
Zonificación del río	<p>Los ríos se caracterizan desde su nacimiento hasta la desembocadura en el mar por lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una parte alta de mayor pendiente donde predominan los procesos de erosión y arrastre</li> <li>- Una zona media con pendiente moderada</li> <li>- Una parte baja de baja pendiente donde predominan los procesos de deposición.</li> </ul> <p>En cada una de las zonas del río predominan diferentes procesos internos.</p>

En la Tabla 4-9 se detalla el efecto general sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales en diferentes parámetros (sólidos disueltos, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos, salinidad, nutrientes, oxígeno disuelto, carbono orgánico disuelto, metales disueltos, contaminantes orgánicos) según el origen del agua (escorrentía superficial, escorrentía subsuperficial, agua subterránea, atmosfera). De manera general es posible establecer lo siguiente:

- La escorrentía superficial se caracteriza por el aporte de turbidez, sólidos suspendidos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, metales disueltos y contaminantes orgánicos. Además, favorece la dilución de iones y el aumento del contenido de oxígeno disuelto.
- La escorrentía subsuperficial se caracteriza por el aporte de nutrientes, carbono orgánico disuelto, metales disueltos y contaminantes orgánicos.
- El agua subterránea se caracteriza por el aporte de sólidos disueltos (conductividad eléctrica), aporte de iones y metales disueltos. Lo anterior como resultado de lo descrito previamente para las aguas subterráneas.
- El agua atmosférica cerca de las zonas costeras puede generar en los cuerpos de agua superficiales continentales un aumento de salinidad por aporte de cloruros, sodio, calcio y sulfatos, además de posible disminución del pH.
- La escorrentía superficial, subsuperficial y aguas subterráneas proveniente de acuíferos libres someros, puede generar deterioro de la calidad microbiológica del agua superficial continental, lo anterior como resultado del arrastre de microorganismos patógenos presentes en las excretas animales.

En la Tabla 4-10 se detalla el efecto general sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales según el(los) proceso(s) interno(s) que controla la calidad del agua superficial en los diferentes parámetros. De manera general es posible establecer lo siguiente:

- La turbulencia tiene un efecto sobre la reaireación del cuerpo de agua, razón por la cual tiene un efecto sobre los procesos en que el oxígeno se ve involucrado (volatilización de contaminantes orgánicos y disminución de carbono orgánico disuelto por oxidación). Además, favorece los procesos de precipitación de calcio y bicarbonato, y la volatilización de amoníaco y contaminantes orgánicos.

- La evaporación favorece el aumento del pH, el aumento de sólidos disueltos y suspendidos, sodio, cloruros, potasio, sulfato de calcio y la disminución de los iones bicarbonato y calcio, los cuales disminuyen su solubilidad con el aumento del pH.
- La adsorción a los sedimentos retiene nutrientes como carbono orgánico disuelto, metales disueltos y contaminantes orgánicos, por lo cual, la concentración de estos elementos en la columna de agua disminuye.
- El consumo de nutrientes para la actividad fotosintética de los productores primarios favorece la reducción de nutrientes, bicarbonato y calcio, así como el aumento del pH, el contenido de oxígeno disuelto y el carbono orgánico disuelto.
- La oxidación de materia orgánica en la columna de agua y en los sedimentos favorece la disminución del pH y el oxígeno disuelto. Además, en el agua se genera disminución de carbono orgánico disuelto y aumento de nutrientes. En el caso de los sedimentos durante los procesos de oxidación de la materia orgánica se puede generar aumento del contenido de metales disueltos por desorción y puede generarse disminución del contenido de nitrógeno como resultado de la denitrificación (Por liberación de nitrógeno en forma de gas en condiciones reductoras) o aumento de este por amonificación (oxidación de nitrógeno orgánico a amonio). Lo anterior, dependiendo de las condiciones oxidación o reducción reinantes en los sedimentos.

**Tabla 4-9 Efectos sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales según el origen del agua. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Origen del agua	Físicos				Químicos						
	pH	Turbidez	Sólidos disueltos/ Conductividad eléctrica	Sólidos suspendidos	Salinidad		Nutrientes	Oxígeno disuelto	Carbono orgánico disuelto	Metales disueltos	Contaminantes orgánicos
					Calcio, bicarbonato	Sodio, cloruros, potasio, sulfato de calcio					
Escorrentía superficial	-	Alto aporte	-	Alto aporte (incluido carbono orgánico particulado)	Generalmente hay dilución de componentes que se incorporan a una tasa relativamente constante		Aumento, especialmente con las primeras lluvias	Aumento (tasa de reaeración es directamente proporcional al caudal)	Aumento	Aumento	Aumento
Escorrentía subsuperficial	-	-	-	-	-		Aumento	-	Aumento	Aumento	Aumento
Agua subterránea	-	-	Aumento	-	Aporte de elementos resultado meteorización de rocas		-	-	-	Aporte de elementos resultado meteorización de rocas	-
Atmosfera	Posible disminución	-	-	-	Posible aumento de salinidad (Principalmente por cloruros, sodio, calcio y sulfatos), principalmente en zonas costeras		-	-	-	-	-



**Tabla 4-10 Efectos sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales según el proceso interno. Fuente: Adaptada a partir de la Tabla 6.4 de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)**

Procesos internos que controlan la calidad del agua superficial	Físicos				Químicos						
	pH	Turbidez	Sólidos disueltos/ Conductividad eléctrica	Sólidos suspendidos	Salinidad		Nutrientes	Oxígeno disuelto	Carbono orgánico disuelto	Metales disueltos	Contaminantes orgánicos
					Calcio, bicarbonato	Sodio, cloruros, potasio, sulfato de calcio					
Turbulencia	-	-	-	Aumento de sólidos suspendidos	Precipitación	-	Volatilización de amoníaco	Aumento	Disminución (oxidación)	-	Volatilización
Evaporación	Aumento	Aumento	Aumento	Aumento	Precipitación	Aumento	-	-	-	-	-
Adsorción a los sedimentos	-	-	-	-	-	-	Disminución	-	Disminución	Disminución	Disminución
Producción primaria	Aumento	-	-	-	Precipitación	-	Disminución (consumo)	Aumento	Aumento	-	-
Oxidación de materia orgánica en la columna de agua	Disminución	-	-	-	-	-	Aumento por liberación	Disminución	Disminución	-	-
Oxidación de materia orgánica en los sedimentos	Disminución	-	-	-	-	-	Disminución (denitrificación) o aumento (amonificación)	Disminución	-	Aumento por desorción	-

#### 4.1.1.2.3. Aguas Marinas

Las aguas marinas se caracterizan por la presencia de los denominados oligoelementos, o elementos químicos o elementos trazas presente en pequeñas cantidades en las células de los seres vivos que intervienen fundamentalmente en las funciones biológicas del océano considerados micronutrientes básicos esenciales para la biota marina (por ejemplo, Fe, Co, Mo), mientras que otros, como Pb o Hg, parecen no tener función biológica y pueden ser tóxicos cuando están presentes en altas concentraciones (Aparicio-González, Duarte, and Tovar-Sánchez 2012; Bonanno and Orlando-Bonaca 2018). La concentración, distribución y biodisponibilidad de los oligoelementos ha cambiado a lo largo de la formación y evolución de los océanos, alcanzando concentraciones inferiores a 0,1  $\mu\text{M}$ , lo cual generó problemas analíticos hace unas décadas, que actualmente se han superado por completo, debido al desarrollo de técnicas de muestreo y análisis, especialmente en lo que respecta a la eliminación de la contaminación de las muestras, lo que permitió filtrar el ruido de los datos (Chester, 1990)<sup>10</sup>; Morel y Price, 2003). Sus concentraciones y distribuciones están controladas por la combinación de varios procesos que incluyen fuentes externas (es decir, deposición de aerosoles, ríos, aportes hidrotermales) y procesos de eliminación (es decir, absorción biológica, depuración en partículas orgánicas o inorgánicas, enterramiento en sedimentos marinos) (Bruland y Lohan, 2006).

Las diferencias en el comportamiento de los metales traza causadas por características físicas, químicas, biológicas y geológicas pueden ocurrir tanto dentro como entre cuencas oceánicas (Aparicio-González et al. 2012; Harmesa et al. 2022). La distribución de metales traza está asociada con los flujos de elementos en términos de dirección hacia el océano, y está controlada por procesos que ocurren en los sistemas oceánicos, como la especiación de elementos, la disolución de minerales, la adsorción/desorción de minerales superficiales, utilización biológica y varios procesos biológicos y químicos similares (Henderson et al., 2007).

La dinámica de circulación de las aguas marinas en Colombia, la región Caribe presenta una gran variabilidad climatológica, debida a los cambios en la intensidad de los vientos durante el ciclo anual y al desplazamiento norte-sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que producen cambios interanuales en las descargas de los ríos, la hidrodinámica superficial del mar Caribe, el alcance espacial del Giro Ciclónico Panamá-Colombia, la presencia de remolinos y la surgencia de La Guajira (Ricaurte y Bastidas, 2017).

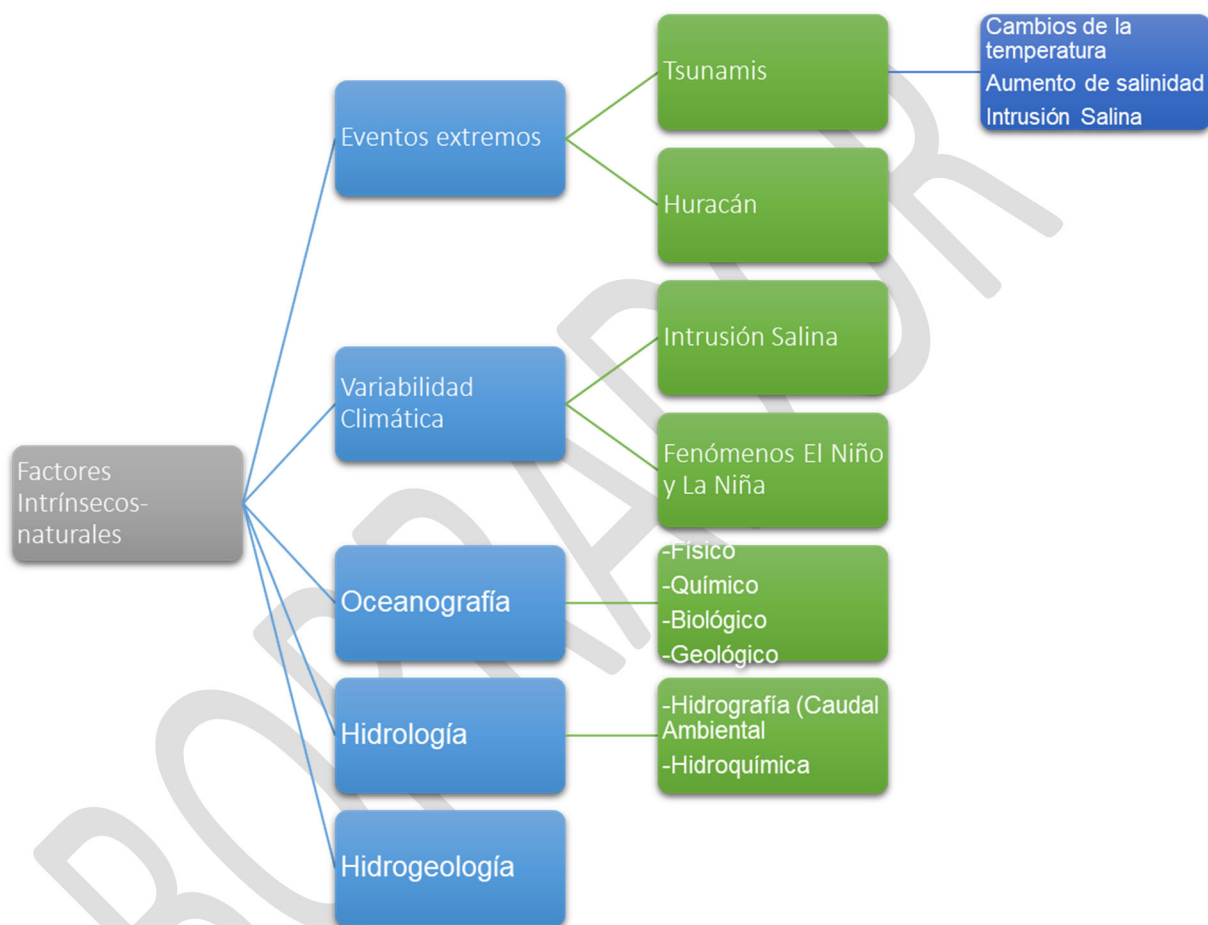
La región Pacífica se caracteriza por presentar dos sub-regiones con una fisiografía marcada, una al norte, entre Panamá y Cabo Corrientes, una de las regiones más húmedas y lluviosas a nivel mundial que determina las condiciones climáticas de Chocó (Gómez-Cubillos, et al 2015); y otra hacia el sur, de Cabo Corrientes hasta Ecuador, en donde se albergan una red de drenaje de ríos y esteros, que dan soporte a los ecosistemas estratégicos como los manglares, tramos acantilados, y bahías de importancia para rutas migratorias.

---

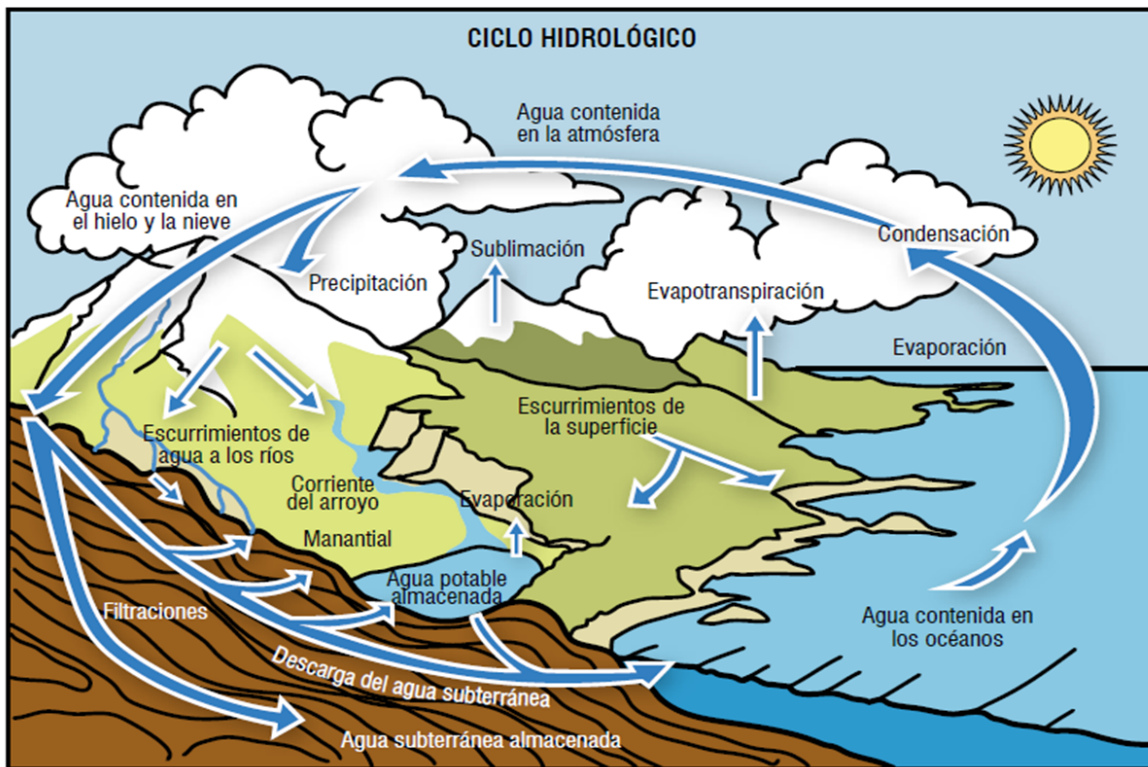
<sup>10</sup> Chester, R. (1990). Trace elements in the oceans. In: Marine Geochemistry. Springer, Dordrecht. pp 346-421.

Adicionalmente, en Colombia, las zonas marinas y costeras reciben los aportes fluviales de 99 ríos principales, 43 en el mar Caribe, donde sobresalen el Atrato, Sinú y Magdalena; y 56 en el Océano Pacífico, destacando a los ríos San Juan, Mira y Micay (INVEMAR, 2019).

Todos los factores mencionados, influyen en la calidad de las aguas marinas presentes en los espacios costeros y oceánicos del territorio colombiano.



**Figura 4-2 Factores intrínsecos que influyen en la calidad de las aguas marinas**



**Figura 4-3 Principales factores intrínsecos que intervienen en las aguas marinas**

#### 4.1.2. Factores Extrínsecos

Las actividades antrópicas influyen en la calidad natural del agua subterránea, superficial continental y marina, situación que puede limitar su potencial de uso. A continuación, se detallan los principales factores antrópicos para cada fuente.

##### 4.1.2.1. Agua subterránea

Debido a que el agua subterránea presenta un movimiento lento, los efectos de la contaminación de este recurso pueden permanecer en el tiempo durante décadas, o incluso por cientos de años (UNESCO-WHO-UNEP, 1996). Por esto, es de especial interés en este documento establecer los principales factores antrópicos que modifican las condiciones naturales del recurso y que pueden limitar el uso del agua.

En la Tabla 4-11 se presentan las principales actividades antrópicas que pueden convertirse en fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas, además se detalla la distribución (urbana o rural), tipo de contaminación (puntual, difusa, lineal), horizonte de suelo evitado o derivado y los principales contaminantes asociados con la actividad (patógenos fecales, nutrientes, orgánicos,

metales pesados, salinidad, acidez), etapa de desarrollo (baja industrialización, reciente industrialización, altamente industrializado), impacto sobre el uso (consumo humano, agrícola, industrial) y sobrecarga hidráulica se establece la importancia o impacto estableciendo su magnitud mediante las siguientes convenciones: X: Baja; XX: Moderada; XXX: Alta; XXXX: Muy Alta.

De las actividades relacionadas con la urbanización, es posible establecer de manera general lo siguiente:

- La ausencia de sistemas de saneamiento es el aspecto que tiene mayor relevancia debido a la magnitud del impacto. Lo anterior, debido a que se distribuye en áreas urbanas y rurales generando contaminación tanto puntual como difusa. Además, impacta la calidad de las aguas subterráneas en parámetros como nutrientes, compuestos orgánicos y patógenos fecales, razón por la cual impacta el uso de agua para consumo humano con una importancia muy alta.
- Los sistemas de saneamiento (alcantarillados, lagunas de oxidación) y descargas de aguas residuales (al suelo y corrientes superficiales) son actividades que impactan la calidad de las aguas subterráneas en parámetros como nutrientes, compuestos orgánicos y patógenos fecales, lo anterior principalmente como resultados de etapas de desarrollo con baja a reciente industrialización resultando en impacto bajo a moderado en el uso consumo humano (sistemas de saneamiento y descargas de agua residuales), e impacto bajo en el uso agrícola (descargas de agua residuales) e industrial (sistemas de saneamiento y descargas de agua residuales). Las descargas de aguas residuales al suelo representan igualmente un aumento de la salinidad de las aguas subterráneas.
- Los rellenos sanitarios y otras alternativas de eliminación de residuos sólidos tienen un impacto bajo sobre los usos consumo humano e industrial como resultado del aumento del contenido de nutrientes, compuestos orgánicos, metales pesados y salinidad en el agua subterránea. Este impacto se presenta en todas las etapas de industrialización, sin embargo, tiene una mayor importancia en etapas de desarrollo de alta industrialización.
- Los sistemas de drenaje de carreteras tienen el potencial de afectar los usos para consumo humano, agrícola e industrial principalmente por aporte de compuestos orgánicos al agua subterránea. Este impacto se presenta en todas las etapas de industrialización, sin embargo, tiene una mayor importancia en etapas de desarrollo de reciente a alta industrialización.
- La contaminación en cabeza de pozo en etapas de baja industrialización representa un alto impacto para el uso consumo humano debido al aporte de patógenos fecales al agua subterránea.

De las actividades relacionadas con el desarrollo industrial es posible establecer de manera general lo siguiente:

- Las actividades relacionadas con el desarrollo industrial (desde baja a alta industrialización) se caracterizan por el aporte de compuestos orgánicos, metales pesados o salinidad, los cuales en todos los casos impactan los usos consumo humano, industrial o agrícola.
- La depositación de emisiones atmosféricas en etapa de alta industrialización contribuye con el aporte de acidez en el agua subterránea, con posible impacto en el uso consumo humano e industrial, lo anterior debido a que podría acentuar la meteorización en rocas y el aporte de constituyentes primarios, secundarios o trazas en el agua subterránea.

Las actividades agrícolas generan los siguientes impactos sobre la calidad del agua subterránea:

- El cultivo con riego, con lodos y estiércoles y con riego de aguas residuales impacta la calidad de las aguas subterráneas en parámetros como nutrientes, compuestos orgánicos, pesticidas, salinidad o patógenos fecales. Dichos contaminantes, tienen el potencial de limitar los usos del agua subterránea para consumo humano (medio a alto impacto), agrícola (bajo a alto impacto) e industrial (nulo a bajo impacto).
- El cultivo con agroquímicos impacta la calidad de las aguas subterráneas en parámetros como nutrientes, pesticidas y compuestos orgánicos siendo de alta importancia el impacto en el uso para consumo humano y baja importancia el impacto en los usos agrícola e industrial.

El inadecuado manejo de recursos de aguas subterráneas puede generar variaciones en el equilibrio hidrostático entre agua subterránea y el agua de mar en zonas costeras o puede generar abatimientos seguidos de la recuperación de niveles que conduzcan al deterioro de la calidad del agua subterránea resultante del arrastre de contaminantes presentes en el acuífero abatido. Lo anterior, resultando en problemas por intrusión salina o contaminación (compuestos orgánicos) los cuales tienen el potencial de limitar los usos consumo humano, industrial o agrícola.

Las actividades asociadas al desarrollo minero tienen impacto moderado sobre el uso consumo humano e impacto bajo sobre los usos agrícola e industrial. Lo anterior como resultado del aporte de metales pesados, acidez o salinidad. En explotaciones mineras a cielo abierto, se realiza extracción intensiva de aguas subterráneas para abatir los niveles freáticos en los frentes de operación minera, situación que puede incidir en el deterioro de la calidad de agua por lo anteriormente expuesto.

Tabla 4-11 Actividades antrópicas que pueden causar contaminación potencial de las aguas subterráneas. Fuente: Adaptada de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)

Actividad	Características de la contaminación												Etapa de desarrollo - Industrialización			Impacto sobre el uso del agua			
	Distribución		Tipo de contaminación			Principales contaminantes						Horizonte de suelo evitado o derivado	Sobrecarga hidráulica	Baja	Reciente	Altamente industrializado	Consumo humano	Agrícola	Industrial
	Urbana	Rural	Puntual	Difusa	Lineal	Patógenos fecales	Nutrientes	Orgánicos	Metales pesados	Salinidad	Acidez								
Urbanización																			
Ausencia de Saneamiento	O	O	O	O		O	O	O				O	X	XXXX	XX	X	XXXX		X
Descarga de aguas residuales al suelo	O	O	O	O		O	O	O		O			X	X	X	X	XX	X	X
Descarga de aguas residuales a corrientes superficiales	O	O	O		O	O	O	O				O	XX	X	X		XX	X	X
Lagunas de oxidación de aguas residuales	O		O			O	O	O				O	XX	X	XX	X	XX		X
Perdidas en sistemas de saneamiento (alcantarillado)	O		O		O	O	O	O				O	X			XX	X		X
Relleno sanitario - eliminación de residuos sólidos	O	O	O				O	O	O	O		O		X	XX	XXX	X		X
Sistemas de drenaje de carreteras	O	O	O		O			O		O		O	XX	X	XX	XX	XX	X	X
Contaminación en cabeza de pozo	O	O	O			O						O		XXX	X		XXX		
Desarrollo industrial																			
Procesamiento de agua / efluentes de lagunas	O		O					O	O	O		O	XX	X	XX	XX	XX		X
perdidas en tanques y tuberías	O		O					O	O			O		X	XX	XXX	XX		XX
Derrames accidentales	O	O	O					O	O				XX	X	XX	XXX	XXX		XX
Descarga de aguas al suelo	O		O	O				O	O	O			X	X	XX	XX	X	X	X
Descarga de aguas a corrientes superficiales	O		O		O			O	O	O		O	XX	X	X	X	X	X	X
Disposición en relleno sanitario y residuos	O	O	O					O	O	O		O		X	XXX	XXX	XX		X
Disposición de efluentes en pozos	O		O					O	O	O		O	XX		X	X	XX		X
Depositación emisiones atmosféricas	O	O		O							O					XX	X	X	X

Actividad	Características de la contaminación													Etapa de desarrollo - Industrialización			Impacto sobre el uso del agua		
	Distribución		Tipo de contaminación			Principales contaminantes						Horizonte de suelo evitado o derivado	Sobrecarga hidráulica	Baja	Reciente	Altamente industrializado	Consumo humano	Agrícola	Industrial
	Urbana	Rural	Puntual	Difusa	Lineal	Patógenos fecales	Nutrientes	Orgánicos	Metales pesados	Salinidad	Acidez								
Desarrollo agrícola																			
Cultivos con agroquímicos		O		O			O	O						X	XX	XXX	XXX	X	X
Cultivo con riego		O		O			O	O		O			X	XX	XX	X	XXX	XXXX	X
Cultivo con lodos y estiércol		O		O			O	O		O				X	X	XX	XX	X	X
Cultivo con riego de aguas residuales		O		O		O	O	O		O			X		XX	X	XX	XX	
Ganadería / procesamiento de cultivos:																			
efluentes de lagunas sin revestimiento		O	O			O	O	O				O	X	X	X	XX	X	X	
Descarga de aguas residuales al suelo		O	O	O		O	O	O		O		O	X	X	X	XX	X	X	
Descarga de aguas residuales a corrientes superficiales		O	O		O	O	O	O				O	X	X	X	XX	X	X	
Desarrollo minero																			
Descarga de drenaje de minas	O	O	O		O				O	O	O	O	XX	X	XX	XX	XX	X	X
procesamiento de agua / lodos de lagunas	O	O	O						O	O	O	O	XX	X	XX	XX	XX	X	X
Relaves sólidos de minas	O	O	O						O	O	O	O		X	XX	XX	XX	X	X
Disposición de salmueras en campos petroleros		O	O							O		O	X		X	X	XX	X	X
Alteración de condiciones hidráulicas	O	O		O						O		N/A			X	X	XX	X	X
Manejo de recursos de aguas subterráneas																			
Intrusión salina	O	O		O	O					O		N/A		X	X	XX	XXX	XXX	XX
Recuperando niveles de agua subterránea	O			O				O		O		N/A				X	X		X
CONVENCIONES																			
- O para identificar la distribución, categoría y principales contaminantes de las aguas subterráneas																			
- X, XX, XXX, XXXX Para identificar el aumento de la importancia o impacto																			
- N/A No Aplica																			



#### 4.1.2.2. *Agua Superficial Continental*

De acuerdo con (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) las actividades antropogénicas pueden acentuar procesos naturales, como la erosión y la meteorización del suelo, además de incrementar los aportes al sistema fluvial de:

- Compuestos que se presentan en los cuerpos de agua superficial de manera natural (sales minerales y fertilizantes inorgánicos).
- Compuestos sintéticos principalmente orgánicos (solventes, pesticidas, hidrocarburos aromáticos, etc.)
- Nutrientes, sólidos, materia orgánica y metales, entre otros.

El aporte de compuestos y elementos al sistema fluvial tienen la capacidad de limitar la destinación de uso del agua. En la Tabla 4-12 se presentan actividades antrópicas que tienen el potencial de causar contaminación de los cuerpos de aguas superficiales continentales, en donde se detalla el efecto sobre los parámetros físicos, químicos, microbiológicos del agua y los procesos bioquímicos del cuerpo de agua. Respecto al impacto de estas actividades en el cuerpo de agua es posible establecer lo siguiente:

- La descarga de aguas de procesos de enfriamiento tiene el potencial de generar impacto moderado sobre el cuerpo de agua en zonas tropicales, lo anterior como resultado del aumento de la temperatura y por consiguiente de los procesos bioquímicos.
- Las obras para almacenamiento de agua con fines de abastecimiento, generación de energía y esclusas para navegación pueden alterar los procesos bioquímicos del cuerpo de agua por los siguientes aspectos: disminución de la velocidad, siendo este un factor determinante en la capacidad de reaeración del cuerpo de agua, facilitando la generación de procesos de eutroficación; aumento de todos los iones por aumento de la evaporación y evapotranspiración; disminución de la acidez como resultado de salinización de aguas por evaporación. Lo anterior en conjunto con el posible aumento del contenido de nutrientes y disminución de turbidez y sólidos suspendidos tiene un importante efecto sobre la calidad, la flora y fauna del cuerpo de agua.
- La descarga de aguas residuales domésticas y residuos de animales sin adecuado tratamiento tiene un importante efecto sobre los procesos bioquímicos del cuerpo de agua, lo anterior como resultado del aumento de la productividad primaria por aumento del contenido de nutrientes (nitratos y fosfatos principalmente) y la posible eutroficación, disminución del contenido de oxígeno y cambio de la composición, estructura y dinámica del ecosistema. Este tipo de descargas genera igualmente aumento de la temperatura, turbidez, sólidos suspendidos, materia orgánica, salinidad (cloruros, sodio, calcio y sulfatos), patógenos fecales y posible aumento de algunos metales. Además, la actividad pecuaria, especialmente la ganadería bovina, genera impactos sobre el suelo que pueden afectar la calidad del agua.

- Las descargas industriales tienen variada caracterización fisicoquímica de sus aguas, por lo anterior, la alteración de los procesos bioquímicos y los efectos en la calidad del cuerpo de agua dependerá de la naturaleza de cada industria.
- La agricultura intensiva tiene el potencial de generar aumento en la temperatura, turbidez, sólidos suspendidos, nitratos, compuestos orgánicos (pesticidas y otros contaminantes químicos), metales y salinidad, lo anterior puede generar procesos de eutrofización y toxicidad para organismos biológicos.
- La actividad minera tiene el potencial de generar aumento de la turbidez, sólidos suspendidos, metales o trazas, salinidad y producción de aguas ácidas. Lo anterior, según el contenido mineral del área en donde se desarrolle la actividad minera.
- El dragado de materiales del lecho de los cuerpos de agua puede generar aumento de la turbidez y sólidos suspendidos, además de acentuar los procesos erosivos en el área de drenaje del cuerpo de agua.
- La contaminación atmosférica puede generar aumento del contenido de materia orgánica y salinidad por depositación en los cuerpos de agua, además de acidificación por producción de lluvias ácidas que pueden influenciar el contenido mineral del agua de escorrentía, lo anterior por aumento de la meteorización de rocas en el área de drenaje del cuerpo de agua.
- El cambio en el uso del suelo y la deforestación pueden generar un deterioro de la calidad de los cuerpos de agua superficiales continentales por el importante aumento de sólidos disueltos, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos, salinidad, nutrientes, y posiblemente algunos metales disueltos.
- Los rellenos sanitarios y otras alternativas de eliminación de residuos sólidos pueden contribuir principalmente con el aumento de del contenido de nutrientes, compuestos orgánicos, metales pesados y salinidad en las aguas superficiales, ante el inadecuado manejo de sistemas de tratamiento de sus efluentes.
- El turismo asociado a inadecuada infraestructura de saneamiento, en lo relativo a aguas residuales y residuos sólidos, deteriora la calidad de agua superficial, de acuerdo con lo mencionado anteriormente. Además, el uso recreativo por contacto directo tiene potenciales efecto principalmente sobre la calidad microbiológica del agua.
- Algunas actividades antrópicas generan contaminación térmica, como resultado del enfriamiento o calentamiento drástico del cuerpo de agua, que tiene el potencial de causar la muerte o inhibición de organismos acuáticos.

Tabla 4-12 Actividades que pueden causar contaminación potencial de las aguas superficiales continentales. Fuente: Elaborada a partir de (UNESCO-WHO-UNEP, 1996)

Actividad antrópica	Descripción	Procesos									
		Físicos			Químicos						Procesos bioquímicos
		Temperatura	Turbidez	sólidos suspendidos	Nutrientes	Materia orgánica/contaminantes orgánicos	Metales - trazas	Salinidad	Acidificación	Patógenos fecales	
Descarga de aguas de procesos de enfriamiento	Las descargas de aguas con temperaturas superiores a la natural, tiene menor impacto en zonas tropicales.	Moderado aumento	-	-	-	-	-	-	-	-	Moderado aumento con la temperatura
Embalsamiento y obras hidráulicas	Obras para almacenamiento de agua con fines de abastecimiento, generación de energía/ exclusas para navegación	Ligera disminución (liberaciones del fondo del agua de las presas) a moderado aumento.	Moderada disminución	Alta Disminución	Enriquecimiento de nutrientes	-	-	Aumento de todos los iones por aumento de la evaporación y evapotranspiración	Disminución de la acidez como resultado de salinización de aguas por evaporación.	-	La disminución de la velocidad altera el proceso de reaeración pudiendo generar problemas de eutroficación.
Descarga de aguas residuales domésticas/residuos de animales		Ligero aumento	Ligero aumento	Ligero aumento	Alto aumento de nutrientes (nitratos y fosfatos)	Alto aumento de DBO y DQO	Posible aumento	Aumento de salinidad (Principalmente por cloruros, sodio, calcio y sulfatos)	-	Alto aumento	- Aumento de la productividad primaria (eutroficación), Predominio de macrófitas en ríos pequeños y fitoplancton en ríos de gran tamaño. - Disminución de contenido de oxígeno. - Generación de amoníaco gaseoso (alto pH), puede generar muerte de peces.
Descarga de aguas residuales industriales		Ligero aumento	Ligero aumento	Moderado aumento	Posible aumento de nutrientes según industria	Posible aumento de materia orgánica y contaminantes orgánicos según industria	- Posible aumento según industria - Posible aumento por solubilización de elementos absorbidos en material particulado.	- Posible aumento según industria (iones específicos) - Posible aumento por disolución de minerales ante presencia de aguas ácidas	Posible aumento según industria.	-	La alteración de los procesos bioquímicos dependerá de la naturaleza de la industria

Actividad antrópica	Descripción	Procesos									
		Físicos			Químicos					Microbiológico	Procesos bioquímicos
		Temperatura	Turbidez	sólidos suspendidos	Nutrientes	Materia orgánica/contaminantes orgánicos	Metales - trazas	Salinidad	Acidificación	Patógenos fecales	
Agricultura intensiva	- Erosión - Uso de fertilizantes - Uso de pesticidas - Riego	Ligero aumento	Moderado aumento	Alto aumento	Alto aumento de nitratos	Alto aumento de pesticidas y otros contaminantes químicos	Posible aumento por escorrentía	Alto aumento de Salinidad	-	-	Posible generación de procesos de eutroficación y toxicidad para organismos biológicos
Navegación		-	Ligero aumento	Ligero aumento	-	-	-	-	-	-	-
Minería		-	Posible aumento	Posible aumento	-	-	- Posible aumento según proceso y contenido en minerales. - Posible aumento por solubilización de elementos absorbidos en material particulado.	Aumento de salinidad. - Por cloruros y sodio en minas de sal y fertilizantes de potasio. - Por sulfatos en minería de hierro y carbón - Aumento por disolución de minerales ante presencia de aguas ácidas	Generación de aguas ácidas	-	-
Dragado de lecho		-	Ligero aumento	Moderado aumento	-	-	-	-	-	-	-
Contaminación atmosférica		-	-	-	-	Posible aumento de materia orgánica por depositación	Aumento por depositación y solubilización de elementos absorbidos en material particulado.	Aumento de salinidad (Principalmente por cloruros, sodio, calcio y sulfatos)	Aumento por generación de lluvias ácidas.	-	-

#### 4.1.2.3. Aguas Marinas

Quevauviller (2016) menciona que el seguimiento de la calidad de las aguas marinas no sólo se enfoca en la determinación de las concentraciones de sustancias nocivas en los distintos compartimentos del medio ambiente (marino), por ejemplo, el agua, los sedimentos y la biota. También incluye parámetros físicos como la salinidad, la turbidez y el pH, así como los efectos biológicos. El razonamiento básico del seguimiento ha evolucionado a lo largo de los años: a mediados de la década de 1970, la atención se centraba en evitar los peligros para la salud, y el conocimiento del destino de los contaminantes que no representaban una amenaza directa para la salud humana se consideraba de menor importancia. Hoy en día, la vigilancia constituye una rama de un enfoque más holístico relacionado con la gestión marina y las regulaciones y convenios internacionales. De hecho, se considera que el primer hito de la vigilancia de la calidad ambiental marina, fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo en junio de 1972, que dio lugar a la adopción de una declaración y un plan de acción. El principio 7 de la declaración establecía que "se adoptarán todas las medidas posibles para prevenir la contaminación de los mares por sustancias que puedan crear peligros para la salud humana, dañar los recursos vivos y la vida marina, deteriorar los servicios o interferir con otros usos legítimos del mar", mientras que el plan de acción recomendaba que "los gobiernos apoyen activamente y contribuyan a los programas internacionales de adquisición de conocimientos para la evaluación de las fuentes, vías, exposiciones y riesgos de los contaminantes" (UNEP, 1972).

Actualmente, se conoce que los ecosistemas marinos están experimentando cambios ambientales sin precedentes, impulsados por las actividades humanas. A nivel mundial se reconocen problemas como la contaminación procedente no sólo de fuentes terrestres y marinas, sino también de la pesca, los desechos marinos, la pérdida y degradación de hábitats valiosos y las invasiones de especies no autóctonas. Sin embargo, los primeros convenios internacionales, y por tanto la investigación y el seguimiento al medio ambiente marino, se concentraron en las mediciones relacionadas con los dos principales problemas de entonces: la eutrofización y la contaminación. Poco a poco, el foco de atención se desplazó de la contaminación a un enfoque más holístico, a menudo denominado enfoque ecosistémico. El control químico es ahora sólo un aspecto, aunque importante, de la vigilancia del medio ambiente marino. Sin embargo, las nuevas amenazas, como el cambio climático y la acidificación de los océanos, darán sin duda un nuevo énfasis a las mediciones químicas (Quevauviller, 2016).

La calidad de las aguas marinas se encuentra amenazada por la alteración física de los ecosistemas costeros, incluida la destrucción de hábitats de importancia vital para la salud de los mismos. Además, los cursos de agua, las corrientes oceánicas y los procesos atmosféricos transportan a grandes distancias algunos contaminantes que presentan riesgos para la salud humana y para los recursos naturales. Según Neves *et al.* (2008) la calidad del agua costera ha ido disminuyendo en toda la región suramericana, debido a los crecientes vertidos de residuos municipales sin tratar. De hecho, en el ámbito mundial los océanos y espacios costeros son afectados por la introducción de sustancias contaminantes, siendo las más importante: compuestos tóxicos (pesticidas, fertilizantes

y metales), hidrocarburos, aguas residuales domésticas e industriales (materia orgánica, sólidos en suspensión y nutrientes), materiales radioactivos, lixiviados, microorganismos (patógenos) y residuos sólidos. Esta dinámica ha estado marcada por las distintas actividades que realizan las poblaciones que habitan en cercanías al cuerpo de agua, o por actividades que se realicen en la cuenca alta, media y baja de los ríos que desembocan en ellos (Sampaio *et al*, 2008).

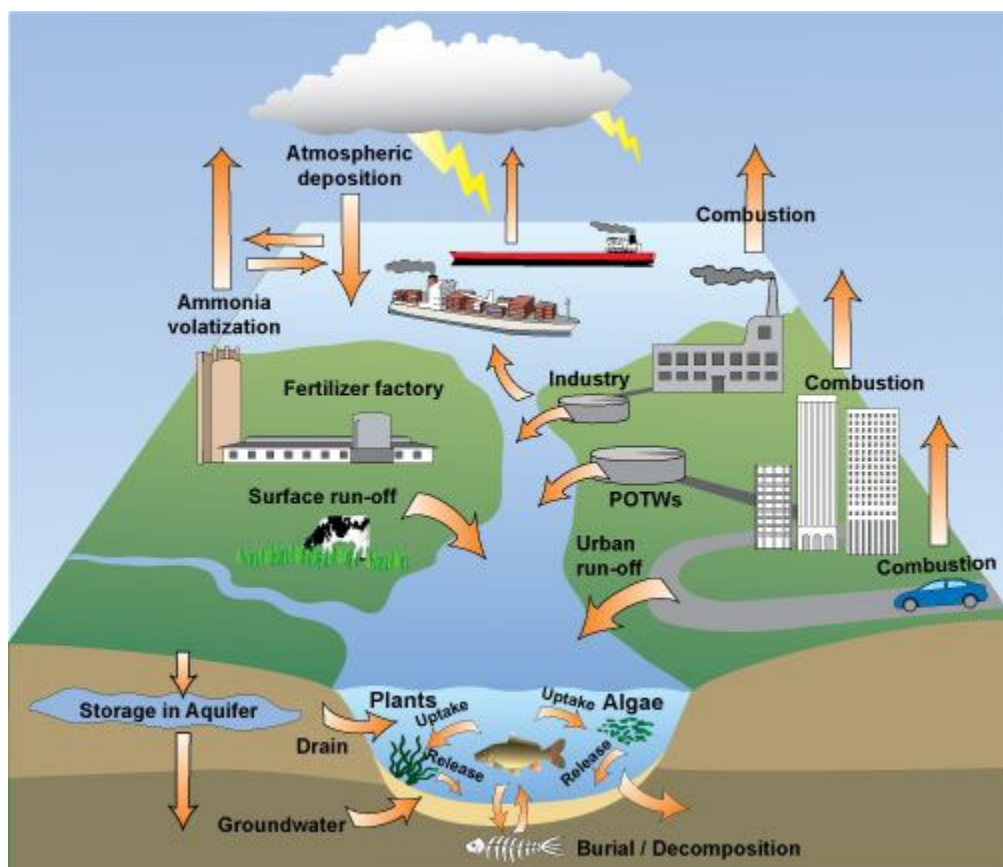


Figura 4-4 Factores extrínsecos que influyen sobre la calidad de las aguas marinas.

Fuente: <https://www.pueblo.us/1605/Nonpoint-Source-Pollution>

El Grupo de Expertos en Aspectos Científicos para la Protección del Medio Marino-GESAMP y el Programa de Acción Mundial (PAM) resumen los principales problemas por la contaminación de los océanos en el mundo, de los cuales no es ajena Colombia, como:

- Contaminación por materia orgánica y nutrientes,
- Contaminación microbiana,
- Residuos sólidos (basuras),
- Elementos químicos, como metales pesados, en grandes concentraciones,
- Componentes orgánicos sintéticos, como COPs

- Residuos oleosos, especialmente los provenientes de derrames de petróleo.

Las descargas domésticas de aguas residuales están consideradas como uno de los contaminantes más significativos que producen daños al desarrollo sostenible de las zonas costeras a nivel mundial. Las prioridades para la acción sobre “Aguas Residuales” fueron identificadas por: El Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra (Washington, 1995); El Consejo de Administración del PNUMA (Decisión 20/19 B. 1. d), quien solicitó al Director Ejecutivo explorar en cooperación con otras organizaciones pertinentes la posibilidad convocar a una conferencia mundial sobre aguas residuales como la principal fuente de contaminación que afecta a la salud del hombre y de los ecosistemas. Las descargas de aguas residuales municipales (como: descargas de aguas residuales de urbanizaciones, de empresas comerciales, pequeñas industrias y hoteles) son de particular importancia debido a su impacto concentrado.

Las actividades humanas terrestres y marítimas sin el debido control y sin tener en cuenta la explotación sostenible de los recursos naturales, resultan ser la principal amenaza de los ambientes del mundo. Las aguas residuales descargadas inapropiadamente a las aguas dulces y a los ambientes costeros presentan una variedad de impactos, tales como:

- a) Patógenos que pueden resultar en problemas de salud humana,
- b) Incremento de sólidos suspendidos,
- c) Incorporación significativa de nutrientes, y de altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Cada vez es más evidente que las actividades humanas llevadas a cabo tanto en la zona costera como en el continente son las responsables de la contaminación de los mares y las costas del país. El mar, se ha convertido en el destino final de los vertimientos y residuos que son transportados por los ríos desde las ciudades y núcleos poblados, poniendo en riesgo no solo la sostenibilidad de actividades productivas como el turismo y la pesca, sino también afectando la salud de las personas, las especies y los ecosistemas (CCO, 2018).

En Colombia, la calidad de las aguas marinas y costeras se han visto afectadas debido a la contaminación por los desechos provenientes de las actividades antropogénicas, tales como vertimientos de aguas residuales con insuficiente o ningún tratamiento, el uso indiscriminado de agroquímicos, hidrocarburos y otros agentes contaminantes, debe desarrollar acciones para enfrentar la problemática generada por la contaminación, particularmente con referencia al deterioro de sus recursos hídricos, para emprender el reto de revertir los efectos nocivos que han ocasionado las actividades y usos de las aguas marinas y zonas costeras.

El estado de la calidad de las aguas marinas "está asociado a la persistencia del inadecuado manejo de residuos líquidos y sólidos provenientes de las fuentes puntuales y difusas de contaminación, como el urbanismo, industria, minería, agricultura y turismo, entre otras presentes en la zona costera. Esta situación sumada a los precarios o inexistentes sistemas de tratamiento en los municipios costeros, hace notoria la necesidad de una articulación en las nuevas políticas del sector vivienda, para robustecer la infraestructura de saneamiento básico que permitan aumentar la



cobertura y mejorar su funcionamiento (MAVDT, 2004; Garay y Vélez., 2004; Superservicios y DNP, 2018)".

En el capítulo "Estado de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano"<sup>11</sup> del Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia – 2019, se presentan los resultados del cálculo del índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de la Flora y Fauna -ICAMPFF, para los años 2018 y 2019, teniendo en cuenta los tensores antropogénicos ambientales que pudieron generar los cambios en la calidad del agua marinas y costeras (

Tabla 4-13). El panorama de los sitios de muestreo por región y departamento en los que la calidad de aguas marinas y costeras resultaron en categorías "inadecuada" y "pésima" en 2018 y 2019, reflejan condiciones desfavorables para la preservación de la flora y fauna asociada. Según la evaluación del estado de calidad, 43 cuerpos de agua en los 12 departamentos costeros, fueron categorizados con calidad "inadecuada", indicando limitantes en los usos del agua relacionados con la conservación de los ecosistemas marinos y basados en sus características. Los sitios valorados con ésta categoría, se encuentran localizados en los departamentos de La Guajira, frente a los principales ríos que drenan, sus playas y ciudad capital; Magdalena, frente a las cuencas con mayor actividad humana y descargas de aguas residuales; Atlántico, frente a la desembocadura del río Magdalena, los principales asentamientos urbanos y sus playas; Bolívar, cerca de la descarga de aguas residuales y las principales playas urbanas de Cartagena; Sucre, frente al municipio costero con mayor población; Córdoba, frente a dos municipios costeros y en el estuario del río Sinú; Antioquia, frente a los principales asentamientos a lo largo del Golfo de Urabá; Valle del Cauca, en la Bahía de Buenaventura y frente a las mayores cuencas costeras; y Cauca, frente a los principales asentamientos e influencia de actividad humana. Únicamente seis (6) estaciones registraron condiciones "pésimas", en sitios correspondientes a cuerpos de agua influenciados por desembocaduras de ríos y estuarios, el drenaje de cuencas costeras y las descargas directas de aguas residuales provenientes de actividades urbanas.

**Tabla 4-13 Principales tensores antropogénicos relacionados con las condiciones inadecuadas y pésimas de calidad de las aguas marinas y costeras, determinadas en los departamentos del Caribe y Pacífico colombianos en el 2018 y 2019. Los números representan la cantidad de sitios por departamento y el color de la celda la categoría de calidad del agua**

Tensores antropogénicos	Actividades turísticas		Desembocaduras grandes cuencas		Drenaje menores de cuencas costeras		Asentamientos humanos		Descarga aguas residuales		Actividades productivas, portuarias e Infraestructura	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
San Andrés y Providencia		1						1				1
La Guajira	4				1		1				1	
Magdalena	1				5		1	1	1			1
Atlántico	3	5	1	1							1	

<sup>11</sup> Vivas-Aguas L. J., Acosta Rivera J.A., Arteaga M.E., Espinosa Díaz L.F. Ramírez A. 2020. Estado de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombiano. (Pp. 52-60). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 183 p.



Tensores antropogénicos	Actividades turísticas		Desembocaduras grandes cuencas		Drenaje menores de cuencas costeras		Asentamientos humanos		Descarga aguas residuales		Actividades productivas, portuarias e Infraestructura	
Bolívar	3								1		1	
Sucre	1						1					
Córdoba	1	1	2	2			1	2				
Antioquia	6	2	5	1		2			1			1
Chocó		3						1				
Valle del Cauca				1								1
Cauca	2				1		2		1			
Nariño		2						2				

Tomado de: Invemar (2020).

Según el INVEMAR 2017<sup>12</sup>, la contaminación marina en Colombia es ocasionada principalmente por el inadecuado tratamiento y disposición de los residuos líquidos y sólidos de las poblaciones costeras y por actividades socioeconómicas que se desarrollan tanto en las zonas costeras como al interior del país. A partir del soporte técnico brindado por la REDCAM, se ha logrado avanzar en el inventario de las fuentes antropogénicas marítimas y terrestres de contaminación (FTCM) que impactan las zonas costeras. En la Tabla 4-14 se relaciona el inventario de las FTCM en los departamentos costeros, que se ha documentado mediante el ejercicio coordinado entre el INVEMAR y las Corporaciones autónomas regionales costeras, en el marco del monitoreo de la calidad de aguas marinas y costeras; dentro de las actividades y fuentes contaminantes identificadas se consideran de mayor importancia y alto impacto, los residuos que genera la población costera, las descargas de los ríos, las escorrentías agrícolas y urbanas, minería y turismo (INVEMAR, 2018<sup>13</sup>).

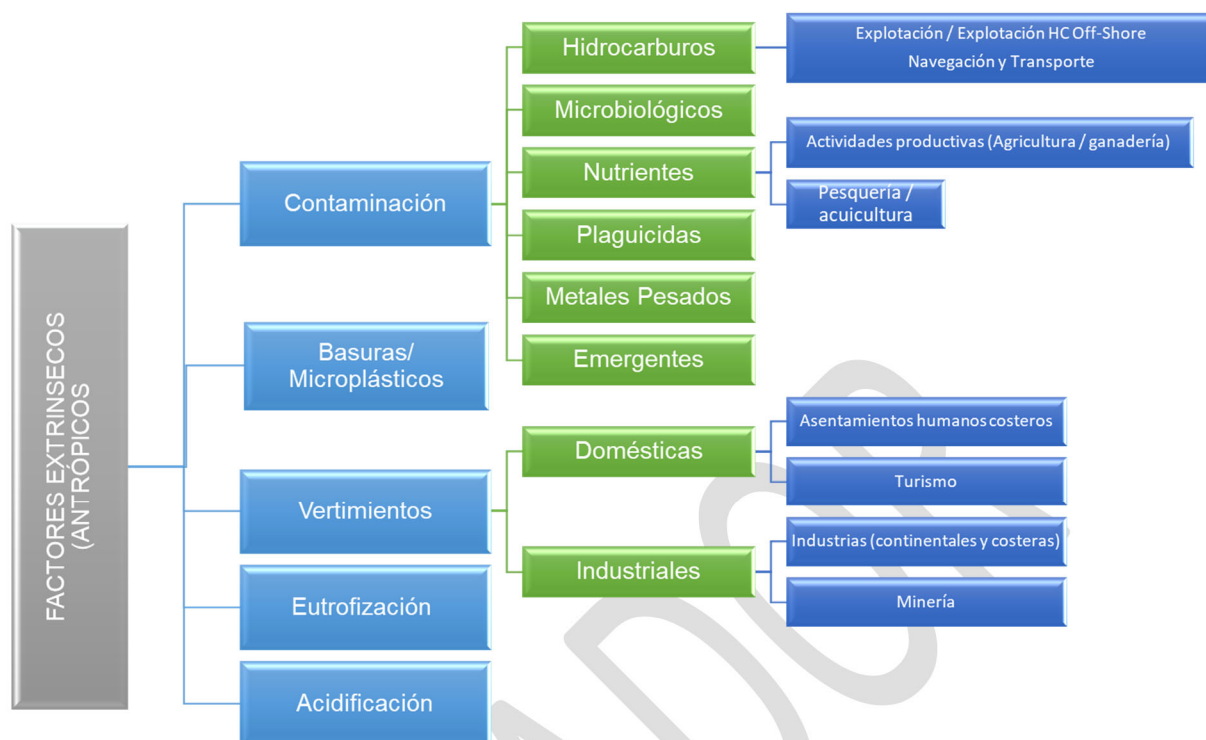
**Tabla 4-14 Actividades productivas, fuentes y residuos contaminantes que afectan la calidad ambiental marina y costera en los departamentos costeros de Colombia.**

<sup>12</sup> INVEMAR – Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. 2017d. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Garcés O., y L. Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia: INVEMAR, MADS y CAR costeras. Informe técnico 2016. Serie de publicaciones periódicas No. 4 (2017) del INVEMAR, Santa Marta. 260p.

<sup>13</sup> INVEMAR. 2018. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Bayona-Arenas, M. y Garcés-Ordóñez, O. (Ed). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico 2017. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 del INVEMAR, Santa Marta. 336 p.+ anexos.

	Residuos y contaminantes																					
Departamento	ARD	ARnD	Materia orgánica	nutrientes	Residuos sólidos	Residuos del carbón	Klinker	hidrocarburos	Grasas y aceites	Aguas térmicas	Aguas de sentinas	agroquímicos	Metales pesados	lixiviados	Sólidos disueltos y suspendidos	microorganismos	Residuos industriales	Mercurio	Residuos de madera	Residuos oleosos	alquitranes	Desechos productos pesqueros
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	X		X	X	X			X	X					X	X	X						
La Guajira	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X						
Magdalena	X		X	X	X	X		X	X			X		X	X	X						
Atlántico	X	X	X	X	X	X		X	X			X		X	X	X	X					
Bolívar	X	X	X		X			X	X				X	X		X	X					X
Sucre	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X		
Córdoba	X		X	X	X							X		X	X	X						
Antioquia	X		X	X	X			X	X			X		X	X	X		X				
Chocó	X		X	X	X			X				X				X		X			X	
Valle del Cauca	X		X	X	X			X			X	X	X			X				X		X
Cauca	X		X	X	X			X	X			X	X	X	X	X			X			
Nariño	X		X	X	X			X	X		X	X			X	X			X			

Fuente: Invemar (2017, 2018).



**Figura 4-5 Factores extrínsecos (antrópicos) que influyen en la calidad del agua marina**

En la

Tabla 4-15 se muestran las principales actividades antrópicas que tienen influencia sobre la calidad natural del agua marina, lo que limita su potencial de uso, debido a que aportan nutrientes, materia orgánica, microorganismos, sustancias químicas, compuestos orgánicos y grasas. A continuación, se detallan los principales factores antrópicos para cada fuente.

**Tabla 4-15 Principales factores antrópicos de contaminación marina.**

Recurso	Principales factores antrópicos	Descripción	Principales parámetros
AGUAS MARINAS	Desarrollo urbano	Vertimientos de ARD de saneamiento y sistemas de tratamiento	- Nutrientes (nitratos y fosfatos), <b>Temperatura</b> , Sólidos suspendidos, Materia orgánica, Iones ( <b>algunos metales</b> y sales (principalmente cloruro, sodio, calcio, sulfatos)), Calidad microbiológica
		Basuras marinas y microplásticos	- Nutrientes, Materia orgánica, Iones (principalmente metales pesados y sales), Calidad microbiológica, <b>Otras sustancias químicas sintéticas</b> (lixiviado de basuras)
	Desarrollo industrial	Los compuestos químicos son diversos según la fuente de origen	Son relevantes los aportes de compuestos orgánicos, iones ( <b>metales pesados</b> o salinidad), sólidos suspendidos y otros <b>compuestos sintéticos</b> .

Recurso	Principales factores antrópicos	Descripción	Principales parámetros
	<b>Desarrollo agrícola</b>	Los aportes de fertilizantes y agroquímicos proviene de las escorrentías del suelo agrícola	- <b>Temperatura</b> , Sólidos suspendidos, Salinidad (iones, principalmente amonio y nitritos), <b>Agroquímicos</b> (nutrientes (principalmente nitratos), compuestos orgánicos), Contenido microbiológico, - <b>Metales</b>
	<b>Desarrollo minero</b>	Los compuestos aportados a las aguas marinas dependen de la geoquímica del sitio, la actividad y tipo de actividad	- Sólidos suspendidos, <b>Metales pesados o trazas</b> , Acidez, Salinidad, Aporte de nutrientes y iones, <b>Compuestos orgánicos</b> (Explotación de hidrocarburos) y <b>grasas</b>
	<b>Actividades de dragado</b>	Dragado de sedimentos en el mar para profundización de canales de navegación de tráfico marítimo	- Resuspensión de sólidos suspendidos, metales pesados, nutrientes
	<b>Actividad Turística</b>	Esta actividad depende de las épocas turísticas y del número de visitantes	- Calidad microbiológica, <b>Nutrientes</b> (nitratos y fosfatos), <b>Temperatura</b> , Sólidos suspendidos, Materia orgánica, Iones ( <b>algunos metales</b> y sales (principalmente cloruro, sodio, calcio, sulfatos)),
	<b>Descarga de aguas de procesos de enfriamiento</b>	Procesos industriales en donde se emplea agua marina en grandes cantidades para enfriar fluidos de procesos, y la devuelven al mar con un incremento de temperatura entre 5 y 15°C	<b>Temperatura</b>
	<b>Actividades productivas, portuarias e Infraestructura</b>	Estas actividades pueden generar derrames de sustancias como el petróleo y combustibles de las embarcaciones que se pueden derramar en medio el encallado.	-Sólidos suspendidos, Metales pesados o trazas, Acidez, Salinidad, Aporte de nutrientes y iones, Compuestos orgánicos (hidrocarburos) y grasas
	Desembocadura de grandes cuencas y pequeños drenajes	Se considera la principal fuente de entrada de contaminantes a las aguas marinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salinidad (iones, principalmente amonio y nitritos)</li> <li>• - <b>Agroquímicos</b> (nutrientes y compuestos orgánicos)</li> <li>• Calidad microbiológica, <b>Nutrientes</b> (nitratos y fosfatos),</li> <li>• <b>Temperatura</b>, Sólidos suspendidos, Materia orgánica, Iones (<b>algunos metales</b>)</li> <li>• Compuestos orgánicos (hidrocarburos) y grasas</li> </ul>

#### 4.2. Selección de parámetros

Los parámetros fueron seleccionados teniendo en cuenta los diferentes factores intrínsecos y extrínsecos presentados en el capítulo anterior. Como resultado se establecieron los criterios para la selección de los parámetros de la Tabla 4-16.

**Tabla 4-16 Resumen de principales criterios para la selección de parámetros – aguas continentales superficiales**

Agrupación	Descripción	Parámetros	Criterio de selección
IN SITU *	Son parámetros que por su naturaleza cambiante deben ser medidos en donde se toma la muestra.	pH	El pH determina las condiciones de acidez o alcalinidad de un cuerpo de agua.
		oxígeno disuelto	El contenido de oxígeno en los cuerpos de agua es un reflejo de los procesos bioquímicos del cuerpo de agua.
		conductividad eléctrica	-Es una medida indirecta de la evolución hidroquímica de las aguas subterráneas y superficiales o posibles fuentes de contaminación. -No aplica para las aguas marinas debido a que estas se caracterizan en condiciones naturales por su alto contenido de SDT y en consecuencia conductividad eléctrica.
		Temperatura del agua	El parámetro temperatura influencia todos los procesos fisicoquímicos.
		Alcalinidad	La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, es un parámetro de especial interés en la producción acuícola y maricultura.
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS *	Se agruparon parámetros relacionados con materia orgánica, contenido de sólidos, grasas y aceites y tensoactivos aniónicos.	DBO5, DQO	Parámetros para medir el grado de contaminación por materia orgánica.
		Sólidos Disueltos Totales - SDT	- Refleja la evolución hidroquímica de las aguas subterráneas y superficiales o posibles fuentes de contaminación. - No aplica para las aguas marinas debido a que estas se caracterizan en condiciones naturales por su alto contenido de SDT.
		Sólidos suspendidos totales -SST	- hace parte normal de la escorrentía superficial en donde su contenido puede verse influenciado por factores antrópicos. - presencia es muy baja a nula en las aguas subterráneas.
		Grasas y aceites y Tensoactivos aniónicos	Importantes efectos sobre la capacidad de reaeración de los cuerpos de agua, y en consecuencia su calidad.
NUTRIENTES Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO (* y **)	El exceso de estos compuestos tiene un importante efecto sobre los procesos bioquímicos del cuerpo de agua como resultado del aumento de la productividad primaria, generando problemas ambientales y a la salud humana.	Nitrógeno total y fosforo total	Son de especial interés porque su presencia se asocia con fuentes naturales y antrópicas, y su abundancia altera la productividad primaria y genera un deterioro del estado general de calidad de los cuerpos de agua.
		Nitratos, nitritos y amoníaco	Compuestos de nitrógeno (nitratos, nitritos y amoníaco) que son tóxicos y generan limitaciones sobre los usos preservación de flora y fauna, pesca, acuicultura y maricultura, consumo humano, agrícola y pecuario.
		Clorofila a	En cuerpos lénticos y aguas marinas se emplea la clorofila para establecer el estado trófico de los cuerpos lénticos, lo cual tiene relación con la presencia de nutrientes y capacidad fotosintética del ecosistema.
MICROBIOLÓGICOS *	Son indicadores empleados para controlar los riesgos a la salud humana.	Coliformes Totales	Son microorganismos patógenos que se emplean como indicadores de contaminación.
		Coliformes fecales	
		Escherichia Coli	
		Enterococos	
IONES Y METALES	En esta agrupación se encuentran parámetros que generan posibles efectos negativos sobre la salud humana, los ecosistemas, seres vivos y suelos.	Aluminio, Antimonio, Arsénico III, Arsénico V, Arsénico, Bario, Berilio, Bicarbonatos, Boro, Bromato, Cadmio, Calcio, Cianuro, Cloro Total, Cloruros, Cobalto, Cobre, Cromo VI, Cromo III, Cromo total, Dureza total, Estaño, Estroncio, Fluoruro, Hierro, Litio, Magnesio, Manganeseo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Silicio, Sodio,	Se seleccionan de acuerdo con el uso para evitar: efectos tóxicos a los ecosistemas acuáticos; riesgos a la salud humana (consumo y contacto) y problemas de aceptabilidad del agua por aspectos organolépticos para el uso consumo humano; para evitar efectos tóxicos sobre las plantas para el uso agrícola; para implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos para el uso agrícola; para evitar efectos tóxicos sobre los animales para el uso pecuario y pesca, acuicultura y maricultura..

Agrupación	Descripción	Parámetros	Criterio de selección
		Sulfatos, Talio, Vanadio, Yodo, Zinc.	
OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS	De los factores antrópicos se establece que existe un importante número de compuestos químicos que pueden afectar la calidad del agua, teniendo en cuenta lo anterior se priorizan algunos compuestos.	Sulfuro de hidrógeno total, Benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, indeno( 1,2,3-cd)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno total, Fenol total, Pentaclorofenol.	<p>Para el uso consumo humano se priorizan aquellos compuestos con mayor uso en actividades antrópicas y que representan mayor cantidad de situaciones de emergencia con base en el Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia (Minambiente &amp; ONUDI, 2012). Se priorizan compuestos derivados del petróleo, fenoles, plaguicidas y el sulfuro de hidrógeno</p> <p>Para otros químicos se establece que en caso de identificarse compuestos específicos en los cuerpos de agua se relaciona la norma de la calidad del agua de consumo humano en Colombia o la que la modifique o sustituya.</p>
		Sulfuro de hidrógeno total, benceno, o-xileno, p-xileno, Fenol total, Pentaclorofenol.	<p>Para el uso preservación de flora y fauna en aguas continentales superficiales se incorporan compuestos derivados del petróleo, fenoles y el sulfuro de hidrógeno por sus efectos tóxicos.</p> <p>Además, en aquellos casos en donde no se estableció un criterio en relación con el parámetro (u otros) la autoridad ambiental competente es responsable de la realización de bioensayos que permitan establecerlos.</p>
		Sulfuro de hidrógeno total, Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno total.	Para el uso recreativo en aguas continentales superficiales se incorporan compuestos derivados del petróleo de interés por su baja solubilidad.
		Sulfuro de hidrógeno total	<p>Para evitar el riesgo para la mayoría de los peces y otros organismos en el uso pesca, acuicultura y maricultura, esto debido a su toxicidad.</p> <p>Para evitar problemas por olores asociados con la presencia de este compuesto para el uso agrícola, uso pecuario, navegación y transporte acuático y uso estético.</p>
* Permiten determinar el estado general de calidad del agua, determinar si sus condiciones están influenciadas por factores naturales o antrópicos y son relevantes en el control de procesos bioquímicos en el agua y su posible limitación de usos.			
** Permiten determinar el estado trófico del ecosistema acuático.			

Para los usos de las aguas marinas se definen los siguientes parámetros teniendo en cuenta los efectos tóxicos que generan sobre los ecosistemas acuáticos, organismos acuáticos de interés comercial y por los efectos que la exposición a los mismos puede tener sobre la salud humana Tabla 4-17.

**Tabla 4-17 Resumen de principales criterios para la selección de variables en aguas marinas**

Agrupación	Descripción	Referencia	Criterio de selección
IN SITU *	Son parámetros que por su naturaleza cambiante deben ser medidos en donde se toma la muestra.	pH	El pH determina las condiciones de acidez o alcalinidad de un cuerpo de agua.
		Oxígeno disuelto	El contenido de oxígeno en los cuerpos de agua es un reflejo de los procesos bioquímicos del cuerpo de agua.
		Temperatura del agua	-El parámetro temperatura influencia todos los procesos fisicoquímicos.
		Conductividad eléctrica	-Es una medida indirecta de la evolución hidroquímica de las aguas o posibles fuentes de contaminación. -No aplica para las aguas marinas debido a que estas se caracterizan en condiciones naturales por su alto contenido de SDT y en consecuencia conductividad eléctrica.
		Alcalinidad	La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, es un parámetro de especial interés en la producción acuícola y maricultura.

Agrupación	Descripción	Referencia	Criterio de selección
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS *	Se agruparon parámetros relacionados con materia orgánica, contenido de sólidos, grasas y aceites y tensoactivos aniónicos.	DBO5, DQO	Parámetros para medir el grado de contaminación por materia orgánica.
		Sólidos suspendidos totales -SST	- Hace parte normal de la escorrentía superficial en donde su contenido puede verse influenciado por factores antrópicos.
		Sólidos Disueltos Totales - SDT	-SDT: - Refleja la evolución hidroquímica de las aguas o posibles fuentes de contaminación. - No aplica para las aguas marinas debido a que estas se caracterizan en condiciones naturales por su alto contenido de SDT.
		Grasas y aceites y Tensoactivos aniónicos	Importantes efectos sobre la capacidad de reaeración de los cuerpos de agua, y en consecuencia su calidad.
NUTRIENTES Y COMPUESTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO (* y **)	El exceso de estos compuestos tiene un importante efecto sobre los procesos bioquímicos del cuerpo de agua como resultado del aumento de la productividad primaria, generando problemas ambientales y a la salud humana.	Nitrógeno total y fosforo total	Son de especial interés porque su presencia se asocia con fuentes naturales y antrópicas, y su abundancia altera la productividad primaria y genera un deterioro del estado general de calidad de los cuerpos de agua.
		Nitratos, nitritos y amoníaco	Compuestos de nitrógeno (nitratos, nitritos y amoníaco) que son tóxicos y generan limitaciones sobre los usos preservación de flora y fauna, pesca, acuicultura y maricultura, consumo humano, agrícola y pecuario.
		Clorofila a	En cuerpos aguas marinas se emplea la clorofila para establecer el estado trófico, lo cual tiene relación con la presencia de nutrientes y capacidad fotosintética del ecosistema.
MICROBIOLÓGICOS *	Son indicadores empleados para controlar los riesgos a la salud humana.	Coliformes Totales	Son microorganismos patógenos que se emplean como indicadores de contaminación.
		<i>Coliformes fecales</i>	
		<i>Escherichia coli</i>	
		Enterococos	
IONES Y METALES *	Preservación de flora y fauna	Aluminio, Amonio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Calcio, Cianuro, Cloro, Cobalto, Cobre, Cromo III y VI, Estroncio, Fosforo, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Nitrógeno, Plata, Plomo, Potasio, Renio, Selenio, Sodio, Sulfato, Sulfuro de hidrógeno, Talio, Uranio, Vanadio Yodo, Zinc	Estos parámetros generan efectos tóxicos de algunos iones sobre los ecosistemas acuáticos
	Contacto primario y secundario	Aluminio, Amonio, Antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo VI y III, fluoruro, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, uranio (solo tienen en cuenta aspectos químicos)	Estos parámetros generan riesgos a la salud humana-
	Pesca, maricultura y acuicultura	Aluminio, Amonio, Arsénico, Cadmio, Cianuro, Cloro, Cobre, Cromo, Fosforo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Vanadio, Zinc	Estos parámetros generan riesgos sobre los organismos acuáticos de interés comercial y para la pesca.



Agrupación	Descripción	Referencia	Criterio de selección
OTROS COMPUESTOS QUÍMICOS	Preservación de flora y fauna	Acenafteno,acenaftileno,a ntraceno, Benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benz o[e]pireno, benzo[j]fluoran teno, Benzo(ghi)perylene, indeno( 1,2,3-cd) pireno, benzo(k)fluorante no, fluoranteno, fluoreno, fenantreno, benzo(b)fluor anteno, criseno, dibenzo( a,h)antraceno, pireno	17 HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) identificados de interés sanitario por los efectos que la exposición a los mismos puede tener en la salud humana, se sospecha que son más dañinos que los otros y exhiben efectos nocivos que son representativos de los HAP.
		Fenol	Indicadores de contaminación de fenoles con valores de referencia basados en efectos sobre la salud humana.
		Plaguicidas (Glifosato, Mancozeb, 2,4D-ácido)	Identificados como plaguicidas de amplio espectro y con efectos sobre la salud humana.
		Otros químicos	Para otros químicos se establece que en caso de identificarse compuestos específicos en los cuerpos de agua es posible el <b>uso de valores de referencia</b> (si existe) de las Guías para la calidad del agua de consumo humano de la OMS (2017) y valores de referencia internacionales.
* Permiten determinar el estado general de calidad del agua, determinar si sus condiciones están influenciadas por factores naturales o antrópicos y son relevantes en el control de procesos bioquímicos en el agua y su posible limitación de usos.			
** Permiten determinar el estado trófico del ecosistema acuático.			

## 5. Definición de criterios de calidad para el uso de las aguas

La metodología empleada consistió principalmente en los siguientes aspectos:

- Definir los criterios de calidad (parámetros y sus valores) que serán empleados en los cuerpos de agua superficial (lénticos y lóticos), subterráneas y marinas. En cuanto a los parámetros, se identificaron a partir de los diferentes factores intrínsecos y extrínsecos que influyen la calidad del agua con base a lo presentado en el Numeral 4.1. En los criterios de calidad se resalta la importancia de incluir parámetros que puedan orientar la mejora de los indicadores de estado de calidad del recurso hídrico, de manera tal que sean sensibles a los factores de contaminación hídrica.
- Definir los valores y las fuentes de información técnica que serán empleadas para soportar el criterio de calidad para cada uso.
- Socialización y revisión de los parámetros y sus valores con las autoridades ambientales competentes y sectores pertinentes.
- Finalmente, teniendo en cuenta que las actividades reguladas en la presente norma pueden afectar la salud humana y la sanidad animal o vegetal, se realizó consulta al Ministerio de Salud y Protección Social y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Parágrafo 1, artículo 5, Ley 99 de 1993).

A continuación, se detalla cada uno de los aspectos de la metodología.



## 5.1. Fuentes de información

En la Tabla 5-1 se resumen las principales fuentes de información empleadas en la definición de criterios (parámetros y sus valores) de calidad para el uso de las aguas. Para facilitar el seguimiento a las fuentes de información a partir de las cuales se seleccionará cada valor, se empleará el identificador (ID) de la tabla para referenciar la fuente.

**Tabla 5-1 Fuentes de información.**

ID	-Autor/País	Documento/ Fuente de información	Año
1	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)/México	Estadísticas del Agua en México, edición 2010.	2010
2	Dirección regional e interdepartamental del medio ambiente y energía de Île de Francia	Estado ecológico y químico de ríos en Francia, clases de calidad de las aguas superficiales en Europa según estado ecológico ( <a href="http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?article528">http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?article528</a> )	2015
3	CONAMA/Brasil	Resolución 357/05 "Establece disposiciones para la clasificación de cuerpos de agua, así como directivas ambientales para su aplicación establece condiciones y estándares para la liberación de efluentes y establece otras disposiciones."	2005
4	Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud/Costa Rica	Decreto No. 33903- de 09/03/2007 MINAE-S. "Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales"	2007
5	Secretaría Del Ambiente/Paraguay	Resolución Nº 222 "Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional"	2002
6	Secretaría de Estado, de medio ambiente y recursos naturales/República Dominicana	NA-03 "Norma de calidad del agua y control de descargas"	2012
7	Minambiente/Colombia	Bases de datos de variables años 2016-2017 para estimación del Índice de Calidad del Agua - ICA suministradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).  Interpretada de acuerdo con la hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00) (IDEAM (2011).	2019
8	Minambiente/Colombia	Base de datos de objetivos de calidad (CORPOCALDAS (Resolución 239 de 2007), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (Acuerdo 43 de 2006, Res. 1371 de 2011, Res. 2814 de 2008, Res. 2833 de 2008, Res. 3484 de 2011, Res. 3461 de 2009, Res. 3462 de 2009, Res. 3463 de 2010, Res. 4064 de 2010), CORMACARENA (Mediante diferentes resoluciones, año 2010), CORPORINOQUIA (Res. 200.41.09.0480 de 2009, Res. 200.41.09.0481 de 2009, Res. 200.41.09.0482 de 2009, Res. 200.41.09.0483 de 2009, Res. 200.41.10.1818 de 2010, Res. 200.41.10.1819 de 2010, Res. 300.41-12.1676 de 2012, Res. 300.41-12.1679 de 2012, Res. 300.41-12.1680 de 2012, Res. 300.41-12.1681 de 2012, Res. 300.41-12.1682 de 2012, Res. 300.41-12.1683 de 2012, CORNARE (Res. 112-5304-2016 de octubre de 2016), CORANTIOQUIA (Res. 1806-3603 del 28 de junio de 2018))	2019
9	Convenio de asociación 163 Minambiente - Univalle - Cinara	Actualización de los usos y criterios de calidad del agua para la destinación del recurso hídrico en Colombia	2011
10	Contrato 275 Minambiente -Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín	Documento técnico de soporte para la Norma de Usos y Criterios de Calidad de Aguas superficiales y subterráneas.	2013
11	Presidencia de la República/Colombia	Régimen transitorio (artículos 2.2.3.3.9.3. a 2.2.3.3.9.10 del decreto 1076 de 2015)	2015
12	Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Resolución 2115 de 2007 "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano"	2007
13	World Health Organization: WHO	Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume ii y Volume iii: wastewater use in agriculture	2006
14	Gerard Kiely/España	Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión	1999

ID	-Autor/País	Documento/ Fuente de información	Año
15	Banco Mundial	Water Quality: Assessment and Protection. Water Resources and Environment Technical Note D.1.	2003
16	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Rivers and Streams.	2000
17	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Water Quality Standards.	2018
18	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Parameters Of Water Quality: Interpretation and Standards.	2001
19	United States Environmental Protection Agency   US EPA	National Primary and Secondary Drinking Water Standards.	2019
20	Chapman, Deborah V, World Health Organization-WHO, UNESCO & United Nations Environment Programme-UNEP	Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition.	1996
21	United States Environmental Protection Agency   US EPA	2017 Five-Year Review of the 2012 Recreational Water Quality Criteria.	2018
22	U.S. Geological Survey	Escherichia coli and fecal-coliform bacteria as indicators of recreational water quality.	1993
23	World Health Organization: WHO	Guidelines on Safe Recreational Water - Volume 1	2003
24	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Ambient Water Quality Criteria for Chloride.	1988
25	Boyd, Claude & Tucker, Craig.	Pond Aquaculture Water Quality Management	1998 y 2012
26	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs	2000
27	World Health Organization: WHO	Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición que incorpora la primera adenda.	2017
28	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	Water quality and fish health. Technical paper 54.	1993
29	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	Wastewater treatment and use in agriculture - FAO irrigation and drainage paper 47	1992
30	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto 1076 de 2015" Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible."	2015
31	Buchman, M F	NOAA Screening Reference Table	2008
32	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Aquatic life ambient water quality criteria	2019
33	World Health Organization: WHO	Guía para la calidad del agua potable	2006
34	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	Water quality for livestock and poultry	2019
35	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Resolución 1207 de 2014 "Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas."	2014
36	Instituto Geológico y Minero de España - IGME	Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España	1985
37	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades	ToxFAQs™ de la ATSDR son hojas informativas de la División de Toxicología y Ciencias de la Salud	2020
38	ASEAN, Australian Government, Australian Agency for International Development (AusAID), AMSAT	ASEAN MARINE WATER QUALITY. Management Guidelines and Monitoring Manual	2008
39	Canadian Council of Ministers of the Environment -CCME	Canadian Environmental Quality Guidelines ( <a href="http://sts.ccme.ca/en/index.html">http://sts.ccme.ca/en/index.html</a> )	2023
40	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	Annex 2. Water quality guidelines for livestock and poultry production for parameters of concern in agricultural drainage water	2021
41	Water Research Corp. (WRC) & Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) -Prairie Farm Rehabilitation Administration	Livestock and water quality	2000
42	United States Environmental Protection Agency   US EPA	Cyanide. Water Quality Standards Criteria Summaries: A compilation of State/Federal Criteria	1988
43	Health Canada	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.	2020
44	US EPA	Water Quality Criteria	1972

ID	-Autor/País	Documento/ Fuente de información	Año
45	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	FAO Specifications for Agricultural Pesticides in agriculture ( <a href="http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmps/ps-old/en/">http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmps/ps-old/en/</a> )	2021
46	PNUMA (GEMS/Water)	DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN TÉCNICA Nº 2 SOBRE EL INDICADOR 6.3.2 DE LOS ODS. VALORES OBJETIVO. 20200508	2020
47	US EPA	Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria For Ammonia – Freshwater	2013
48	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR)	Public health statement for phenols	2008
49	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR)	Case Studies in Environmental Medicine. Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	2009
50	US EPA	Quality criteria for water.	1986
51	Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ANZECC & ARMCANZ)	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volume 1	2000
52	Ministry of Environment British Columbia	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators	2021
53	Parlamento Europeo	Directiva 76/160/CEE	2006
54	Ministry of Agriculture and Agri-Food Canada	Livestock Water Quality A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine	2009
55	Ministry of Health Canada. Water, Air and Climate Change Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch	Guidelines for Canadian Recreational Water Quality	2012
56	US EPA	Implementation guidance for ambient water quality criteria for bacteria	2002
57	Parlamento Europeo	Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los estados miembros	1975
58	NSW Department of Primary Industries	Water for livestock: interpreting water quality tests	2014
59	Alabama A&M University and Auburn University	Evaluating Water Quality for Poultry	2019
60	Department of Water Affairs and Forestry - DWAF	South African water quality guidelines. 2nd edn.	1996
61	World Health Organization: WHO	Guidelines on recreational water quality. Volume 1: coastal and fresh waters	2021
62	OECD/EAP Task Force Secretariat	Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia	2011
63	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial	2018
64	US EPA	Guidelines for Water Reuse	2012
65	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO	Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation.	2023
66	World Health Organization: WHO	Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture Measures for public health protection	1989
67	Georgia department of natural resources EPA E. A. Booth, and G. Gilbert-Wason	Bacteria Criteria for Drinking Water and Fishing Designated Uses	2021
68	Monica Eljaiek-Urzola et al	Oil and Grease as a Water Quality Index Parameter for the Conservation of Marine Biota	2019
69	USEPA	Quality Criteria of Water	1973
70	Water Quality Criteria and Standards for Freshwater and Marine Aquaculture	water quality standards that the Philippine government and aquaculture operators	2006
71	US EPA	National Recommended Water Quality Criteria	2004
72	INVEMAR y MINAMBIENTE	Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico. Componente Marino Costero. Informe Técnico Final. Actividad 3. Convenio 480-2019.	2019

ID	-Autor/País	Documento/ Fuente de información	Año
73	CPPS-Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud Programa de Salud Ambiental	Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4 D) Guía para la salud y seguridad. Organización Panamericana de la Salud, Organización mundial de la Salud. PISSQ Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas.	1993
74	British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy	<b>WATER QUALITY GUIDELINE SERIES No. WQ.G - 01</b> British Columbia Approved Water Quality Guideline: Aquatic Life, Wildlife & Agriculture (BCWQG)	2023
75	UNESCO. Comisión Oceanográfica Intergubernamental -COI. Sistema de Vigilancia de la Contaminación del Mar, componente Petróleo (MARPOLMON-P).	Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. Manuales y guías No. 13 de la COI. 87 p.	1984
76	Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ANZECC & ARMCANZ)	Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Volume 2, Aquatic ecosystems (Chapter 8)	2000
77	PHILMINAQ	Water Quality Criteria and Standards for Freshwater and Marine Aquaculture - WQCSFMA. Annex 2.	2006
78	CHILE	Decreto 144 ESTABLECE NORMAS DE CALIDAD PRIMARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS APTAS PARA ACTIVIDADES DE RECREACIÓN CON CONTACTO DIRECTO MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA	2008
79	CONAMA- Chile	GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS	2004
80	GEORGIA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES / Atlanta, Georgia USA	Bacteria Criteria for Drinking Water and Fishing Designated Uses Technical Support Document for the Proposed Criteria to Protect Secondary Recreators	2018
81	EPA	Criterios Nacionales Recomendados de Calidad del Agua - Tabla de Criterios de Vida Acuática ( <a href="https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table">https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table</a> )	Varios años dependiendo de la actualización en línea
82	EPA - TURNER	Diuron. Analysis of Risks to Endangered and Threatened Salmon and Steelhead	2003
83	Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)	Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs)	1999
84	EPA	Update of Human Health Ambient Water Quality Criteria: Indeno(1,2,3-cd)pyrene 193-39-5	2015
85	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality.	Toxicant default guideline values for protecting aquatic ecosystems. 2,4-D in freshwater and marine water <a href="#">2,4-D in freshwater and marine water</a>	2000
86	INVEMAR	Metodología de la operación estadística índice de calidad de aguas marinas y costeras – OE ICAM.	2023
87	INVEMAR	Análisis histórico 2001-2021 de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos.	2022
88	Parlamento Europeo	Directiva (UE) 2006/7/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño	2006

## 5.2. Criterios de calidad

Es preciso establecer que, de acuerdo con lo mencionado anteriormente, la definición de criterios de calidad para el uso de las aguas tiene en cuenta la restricción que cada parámetro puede generar sobre un uso en específico y sobre la calidad del recurso hídrico. Es así, como los parámetros nutrientes y oxígeno disuelto en cuerpos de agua superficial (cuerpos lénticos y lóticos) fueron generados centrándose en la calidad de los cuerpos de agua.

### 5.2.1. In Situ

En relación con los parámetros in situ se establece lo siguiente:

#### 5.2.1.1. Aguas Continentales

En relación con los parámetros in situ, en aguas continentales, se establece lo siguiente:

##### 5.2.1.1.1. pH

Según Boyd y Tucker (2012), las aguas superficiales presentan valores de pH que se encuentran normalmente en el rango comprendido entre 5 y 9 unidades, siendo los valores <4 unidades de pH y >9 unidades de pH poco comunes y asociados principalmente a la presencia de ácidos minerales y carbonato de sodio (este último principalmente en lagos en regiones áridas) respectivamente. Además, se establece lo siguiente para peces en aguas superficiales continentales:

- El rango de 6.5-9.0 unidades de pH es el óptimo para el crecimiento de la vida peces.
- El rango de 5.0-6.5 unidades de pH limita el crecimiento de peces, y se asocia a un crecimiento lento.
- El rango de 4.0-5.0 unidades de pH inhibe la reproducción de peces.
- Valores de pH menores a 4 unidades de pH causan la muerte.

Por lo anterior, y con base en las diferentes fuentes de información se establecieron los siguientes valores:

- Para el uso pesca, maricultura y acuicultura se establece un valor entre 5.0-9.0 unidades de pH, valor que permite la vida, crecimiento y reproducción de peces. Aunque en el rango 5-6 puede ser perjudicial para peces en presencia de CO<sub>2</sub> libre en altas concentraciones, dentro de las prácticas de manejo de la acuicultura se emplea cal con el objetivo de mantener la alcalinidad total y dureza total en niveles óptimos que permitan mantener un pH estable en el agua y así evitar toxicidad asociada a la presencia de CO<sub>2</sub> libre y otros.

- Para el uso agrícola se establece un valor entre 6.5-8.5 unidades de pH, más restrictivo que la norma vigente, con base a las restricciones específicas asociadas a este uso (WHO, 2006). Lo anterior, principalmente con el objetivo de: Evitar la solubilización de metales, que en general se incrementa a un pH por debajo de 6.5; evitar problemas de toxicidad por aluminio en suelos ácidos.
  - De acuerdo con el NSW Department of Primary Industries (2014) el pH ácido (menos de 5,5) en el agua puede producir acidosis y reducción del consumo de alimento en animales y el agua altamente alcalina (más de 9) puede causar trastornos digestivos y diarrea, reducir la eficiencia de conversión alimenticia y reducir la ingesta de agua y alimento en animales. Por lo anterior se establece un valor entre 6.5-8.5 unidades de pH para este uso.
  - Para los demás usos se establece un valor entre 5.0-9.0 unidades de pH. Lo anterior, teniendo en cuenta que el parámetro y sus valores no limita otros usos, sin embargo, los valores se determinan para que en condiciones críticas no se inhiba la reproducción o se cause la muerte de peces.
- Uso preservación de flora y fauna

El rango natural de pH en aguas dulces varía normalmente entre aguas ácidas con pH de 4.5 unidades en zonas de tierras altas con turbera, asociada a la influencia de ácidos orgánicos, hasta pH a más de 10 unidades de pH en aguas con intensa actividad fotosintética por parte de las algas (US EPA, 2001) en donde se altera el equilibrio carbonato/bicarbonato por la eliminación del dióxido de carbono agua. De acuerdo con US EPA (1986) el pH en aguas naturales es por lo tanto el resultado del equilibrio de diversos compuestos disueltos, sales, y gases, siendo el sistema carbonato (dióxido de carbono, ácido carbónico, y bicarbonato) el principal regulador del pH en aguas naturales.

Además, de acuerdo con DWAF (1986) el pH tiene variaciones a nivel diario y a nivel estacional. Las variaciones diarias están asociadas a sistemas productivos donde las tasas relativas de fotosíntesis y respiración varían a lo largo de un período de 24 horas. La variabilidad estacional está relacionada en gran medida con la condición hidrológica donde la concentración de ácidos orgánicos es consistentemente menor durante la temporada de lluvias.

Teniendo en cuenta que los cambios en las condiciones naturales de pH de un cuerpo de agua pueden generar de acuerdo con DWAF (1986) efectos fisiológicos agudos y crónicos sobre los organismos acuáticos y cambios en el ecosistema estructura y función. Por esto, para establecer la magnitud de estos cambios es necesario caracterizar las condiciones naturales de pH y su variabilidad diaria. La desviación de los valores de pH se mide con respecto al régimen de condiciones naturales para un sitio particular y tiempo que se recomienda de acuerdo con DWAF (1986) sea determinado a partir del promedio. La importancia de esta variación para los organismos acuáticos depende de la extensión, duración y momento de los cambios. Es de especial interés tener

en cuenta que pequeños cambios en el pH pueden generar importantes cambios la concentración y biodisponibilidad de metales aumentando su toxicidad.

Teniendo en cuenta lo establecido por DWAF (1986), se establece un criterio de calidad para el uso preservación de flora y fauna con base en la variación máxima de la condición natural de pH para un sitio específico y tiempo del día no debe ser mayor a la estimación más conservadora entre: 0.5 unidades de pH; 5% de la condición natural. En lo que refiere a las condiciones naturales, estas no requieren del establecimiento de ningún método, esta es una condición intrínseca del medio que se determina con base en el conocimiento e información que disponga la Autoridad Ambiental.

#### 5.2.1.1.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica del agua se emplea como indicador in situ que permite establecer de manera indirecta el grado de mineralización del agua, la cual está directamente relacionada al contenido de sólidos disueltos principalmente a manera de sales o iones. A partir de (Kiely, 1999) se puede establecer que las aguas superficiales presentan valores típicos para agua cruda en aguas superficiales de acuerdo con su grado de mineralización según lo siguiente: Aguas en su nacimiento (150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); Aguas en otros sectores del río (915  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); Aguas en zonas áridas (1000-7000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ); Aguas salobre (2250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Además, es importante establecer que según (US EPA, 2001) para la mayoría de las aguas superficiales se pueden emplear la siguiente ecuación para estimar de manera indirecta los sólidos disueltos totales (SDT). Lo anterior, permitirá verificar que los valores empleados para conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales sean coherentes, así como la derivación de algunos valores.

$$SDT \left( \frac{mg}{L} \right) = CE \left( \frac{\mu S}{cm} \right) \times \frac{2}{3}$$

En relación con la conductividad eléctrica se establecen los valores de acuerdo con lo siguiente:

- La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales reflejan el grado de mineralización del agua, la cual está directamente relacionada al contenido de sólidos disueltos principalmente a manera de sales o iones. Los valores normales en aguas naturales dulces oscilan entre 100 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y en aguas salobres hasta 100.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Como resultado de esta variabilidad, los organismos acuáticos y en especial las diferentes especies de peces de agua dulce tienen una tolerancia variable al contenido de sólidos disueltos totales y en consecuencia a la conductividad, lo anterior en relación con la capacidad de adaptación de algunas especies para sobrevivir en un amplio rango de salinidades. Algunas especies como resultado de su ciclo de vida (estuarios, salinas y zonas litorales) son capaces de tolerar y adaptarse funcionalmente a fluctuaciones de salinidad (Calderer, 2001). Por lo anterior, para el uso preservación de flora y fauna, es de interés controlar el valor para estos parámetros cuando no se asocian a condiciones naturales del cuerpo de agua y con el objetivo de proteger los ecosistemas. Los valores de conductividad están influenciados por



diferentes factores de acuerdo con lo establecido en el numeral 4.1. del documento y es el conocimiento e información que disponga la Autoridad Ambiental la que determina la aplicación del parágrafo 2 del artículo 4 con base en la información, conocimiento y mediciones de que esta disponga. Con base en la información del ICA 2016 y 2017, se establece que para un número de 617 monitoreos se tiene un valor medio geométrico de 107.6  $\mu\text{S/cm}$  y una desviación estándar de 177.3  $\mu\text{S/cm}$ . Por lo anterior, se establece un valor para el uso de preservación de flora y fauna en relación con el parámetro conductividad de 500  $\mu\text{S/cm}$  (PNUMA, 2020) con los condicionantes establecidos en el parágrafo 2 del artículo 4 de la resolución. Lo anterior debido a que es posible que los ríos en tierras bajas pueden tener una mayor conductividad durante los períodos de bajo caudal, pueden existir aportes de agua subterránea salina o aportes de salinidad provenientes de aerosoles oceánicos en ríos cercanos a áreas marinas, entre otros.

- Para el uso pesca, maricultura y acuicultura se establece un valor de 4500  $\mu\text{S/cm}$ , valor que fue estimado a partir de los sólidos disueltos totales y empleando la ecuación que relaciona SDT y conductividad eléctrica (US EPA, 2001). Para la pesca y la acuicultura, es de interés controlar el valor de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales cuando no se asocian a condiciones naturales del cuerpo de agua y con el objetivo de proteger el uso. Los valores de conductividad están influenciados por diferentes factores de acuerdo con lo establecido en el numeral 4.1. del documento y es el conocimiento e información que disponga la autoridad ambiental la que determina la aplicación del parágrafo 1 del artículo 10.
- Para el uso pecuario se establece un valor para conductividad eléctrica de 3000  $\mu\text{S/cm}$  para aves de corral y 6000  $\mu\text{S/cm}$  para otros usos pecuarios, valor que fueron estimados a partir de los SDT y empleando la ecuación que relaciona SDT y conductividad eléctrica (US EPA, 2001). Aunque de acuerdo con NSW Department of Primary Industries (2014) este valor para aves de corral puede provocar renuencia a beber o generar algo de diarrea, los animales se adaptan sin pérdida de producción y no genera otros efectos sobre la salud del animal.
- Para el uso consumo humano y doméstico no se establece un valor en relación con este parámetro debido a que no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los SDT (OMS, 2017).
- Para los usos recreativos mediante contacto primario y secundario, navegación y transporte acuático y estético no se considera incidencia del parámetro, por lo anterior no se establece valor para el parámetro.
- Para el uso agrícola no es posible analizar de manera aislada la salinidad para riego, lo anterior debido al efecto combinado de la salinidad y el ion sodio sobre las propiedades del suelo. Por lo anterior, para este uso el análisis de conductividad se realiza en el numeral 5.2.6.1.4.

#### 5.2.1.1.3. Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno en los cuerpos de agua lóticos en condiciones naturales son cercanos al nivel de saturación (Kiely, 1999), lo anterior como resultado de los procesos de



reaireación en flujos turbulentos que favorecen la transferencia de oxígeno del aire al agua. En cuerpos de agua con intervención antrópica esto no es fácil de encontrar, debido a que de manera permanente la biota y los procesos biogeoquímicos demandan oxígeno.

En cuerpos de agua el porcentaje óptimo de saturación de oxígeno disuelto no debe ser inferior al 70%, debido a que valores menores representan un déficit en la oferta o disponibilidad de este gas; en donde valores inferiores a 50% de saturación de oxígeno se relacionan con la formación de zonas anaeróbicas con tendencia a eutrofización (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011).

Debido a que el contenido de oxígeno está determinado principalmente por las condiciones de altura, temperatura y salinidad de cada sitio, se decidió establecer valores con base en el porcentaje de saturación de oxígeno en lugar de valores de concentración de oxígeno disuelto. Lo anterior, debido a que el porcentaje de saturación de oxígeno se adapta a la variabilidad de condiciones que se encuentran en el país, siendo un criterio más representativo respecto a la concentración de oxígeno disuelto.

En relación con el porcentaje de saturación de oxígeno, a continuación, se establecen los valores para cuerpos lóticos de acuerdo con la información bibliográfica consultada:

- Para el uso de preservación de flora y fauna se establece como valor para los cuerpos lóticos y lénticos un porcentaje de saturación de oxígeno mayor a 80% y menor a 120%, que se establece como la condición óptima para los organismos acuáticos y condiciones de “muy buen estado” de calidad (DRIEE, 2019). El límite superior (sobresaturación) se establece debido a que en condiciones de abundancia de plantas acuáticas y condiciones climáticas ideales para la fotosíntesis, se pueden presentar condiciones que pueden ser nocivas para los peces, provocando incluso su muerte. El valor propuesto garantiza una condición óptima para los ecosistemas acuáticos, y es más restrictivo respecto a lo establecido en la norma vigente.
- Para los usos pesca, maricultura y acuicultura, fines recreativos mediante contacto primario y secundario, consumo humano y doméstico se establece como valor un porcentaje de saturación de oxígeno de 70%, este valor se establece como el valor límite entre la condición “Buen estado” y “estado medio” de acuerdo con el estado ecológico y químico de ríos en Francia (DRIEE, 2019).
- Para los usos agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y estético se establece como valor un porcentaje de saturación de oxígeno de 50%, valor que se establece como mínimo aceptable para evitar condiciones anaeróbicas o problemas de eutrofización. Además, este valor se establece como el valor límite entre la condición “estado medio” y “estado mediocre” de acuerdo con el estado ecológico y químico de ríos en Francia (DRIEE, 2019).

Para los cuerpos de agua lénticos se establecen unos valores diferenciales en relación con el contenido de oxígeno disuelto, basado en lo que se presenta en el numeral 5.2.3.2, Tabla 5-10 y a continuación:

- Se establece un valor para el uso de preservación de flora y fauna que corresponde al límite entre de la condición oligotrófica y mesotrófica (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) cuyo valor de oxígeno disuelto en el hipolimnion en porcentaje de saturación es mayor a 80%. El límite superior (sobresaturación del 120%) se establece debido a que en condiciones de abundancia de plantas acuáticas y condiciones climáticas ideales para la fotosíntesis, se pueden presentar condiciones que pueden ser nocivas para los peces, provocando incluso su muerte.
- Debido a que las actividades de acuicultura y pesca se desarrollan desde la condición oligotrófica hasta eutrófica según la especie (US EPA, 2000), para este uso se establece un valor que corresponde al límite entre de la condición mesotrófica y eutrófica (UNESCO-WHO-UNEP, 1996) cuyo valor de oxígeno disuelto en el hipolimnion en porcentaje de saturación es mayor a 40%. Este valor es el mismo empleado para los usos fines recreativos mediante contacto primario y contacto secundario, consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y estético.
- En el uso consumo humano y doméstico el valor se establece debido que en condiciones eutróficas las algas otorgan sabor a hierro y manganeso y olor al agua y para el uso recreativo el valor se relaciona con la posibilidad de ver el cuerpo de un niño en el agua en situaciones de ahogamiento (US EPA, 2000). Para los otros usos la escogencia del valor se basa en las restricciones que genera la condición eutrófica asociada a la generación de olores y crecimiento descontrolado de plantas acuáticas.

El valor propuesto para el parámetro de oxígeno disuelto para los cuerpos lóticos es igual al valor de la norma vigente, sin embargo, se aclara que lo importante es que el valor sea mayor al 70% en porcentaje de saturación, condición en la cual los cuerpos de agua presentan buenas condiciones de calidad en relación con el parámetro. Asimismo, dadas las características propias de los cuerpos léticos, se define un porcentaje de saturación con valor mayor al 40% para el oxígeno disuelto en el hipolimnion, condición en la cual en este tipo de aguas no se presentan condiciones eutróficas.

La concentración de oxígeno en aguas subterráneas puede variar desde las condiciones anóxicas hasta valores de saturación, por esto el oxígeno disuelto no tiene relación directa con la calidad de este recurso. Sin embargo, cuando esta fuente sea empleada en usos preservación de flora y fauna, pesca, maricultura y acuicultura y fines recreativos mediante contacto primario y secundario se emplearán los valores presentados anteriormente para cuerpos de agua lóticos y léticos, según las condiciones de movimiento del agua durante el uso de esta fuente. Para los demás usos, no se establecen valores en relación con este parámetro.

#### 5.2.1.1.4. Temperatura

Este parámetro varía en condiciones naturales en función de las condiciones ambientales particulares de cada sitio. Por lo anterior, y teniendo en cuenta la importancia del parámetro temperatura sobre la velocidad de las reacciones químicas y las tasas metabólicas de los organismos

y por lo anterior de acuerdo con DWAF (1986) controla dentro de otros aspectos la distribución de los organismos acuáticos.

De acuerdo con DWAF (1986) la temperatura del agua está controlada por características de una región y de la cuenca en aspectos como:

- Latitud y altitud del río.
- Condiciones hidrológicas de la fuente, la contribución relativa de agua subterránea y el caudal y descarga.
- Factores climáticos como la temperatura del aire, la nubosidad, la velocidad del viento, la presión de vapor y la precipitación.
- Características estructurales del río y la cuenca en aspectos como topografía, cobertura vegetal, forma del canal, caudal, profundidad y turbidez.

Además, los cambios en la temperatura pueden estar influenciados en los factores antrópicos analizados en el numeral 4.1.2., cambios que pueden de acuerdo con DWAF (1986) generar las siguientes interacciones.

- El aumento de la temperatura reduce la solubilidad del oxígeno disuelto en agua disminuyendo su concentración y, por tanto, su disponibilidad para los organismos acuáticos.
- En presencia de alta carga orgánica en un cuerpo, el agotamiento de oxígeno acelera la proliferación microbiana la cual es mayor a más altas temperaturas del agua.
- Las altas temperaturas aumentan las tasas metabólicas, y por lo tanto la demanda de oxígeno de los organismos acuáticos, lo que conduce a una disminución de la concentración de oxígeno disuelto.
- Las temperaturas anormalmente bajas, como las inducidas por las liberaciones del fondo del agua de las presas, puede suprimir la presencia de peces en un tramo de río o el desove, lo anterior en función de la tolerancia de los organismos a estos cambios.
- La toxicidad de la mayoría de las sustancias y la vulnerabilidad de los organismos a estas sustancias se intensifica a medida que aumenta la temperatura del agua.

Según DWAF (1986) la temperatura tiene variaciones a nivel diario y a nivel estacional a las que se encuentran adaptados los organismos acuáticos. Lo anterior dado que los organismos acuáticos tienen límites de tolerancia (temperatura máxima y mínima), temperaturas óptimas para el crecimiento, limitaciones de temperatura para la migración, el desove e incubación de huevos y diferente sensibilidad a los cambios de temperatura.

Por lo anterior, de acuerdo con DWAF (1986) los cambios en el régimen natural de temperatura pueden tener efectos sobre los organismos, especies o comunidades. Los efectos de los cambios de

temperatura en los organismos acuáticos dependen de la extensión, duración, y el momento de estos cambios. Es así como cambios de temperatura relativamente pequeños que se mantienen durante un período largo de tiempo, puede dar lugar a alteraciones en la composición de la comunidad, mientras que cambios grandes de temperatura en un espacio corto de tiempo son en general letales para los organismos acuáticos.

Por esto, para establecer la magnitud de estos cambios es necesario caracterizar el régimen natural de temperatura del cuerpo de agua para así medir la desviación de los valores de temperatura con respecto al régimen de condiciones naturales para un sitio particular y tiempo. Teniendo en cuenta lo establecido por DWAF (1986), se establece un criterio de calidad para el uso preservación de flora y fauna con base en la variación máxima de la condición natural de temperatura para un sitio específico y tiempo del día no debe ser mayor a la estimación más conservadora entre: 2 °C; 10% de la condición natural. Para otros usos se establece un criterio de calidad de condición natural o que no afecte el uso. En lo que refiere a las condiciones naturales, estas no requieren del establecimiento de ningún método, esta es una condición intrínseca del medio que se determina con base en el conocimiento e información que disponga la Autoridad Ambiental.

#### 5.2.1.1.1. Alcalinidad

Para el uso pesca, acuicultura y maricultura la alcalinidad, dada su capacidad de amortiguar las fluctuaciones en el pH es un parámetro de interés para la producción. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece un valor mayor o igual a 20 mg/L CaCO<sub>3</sub> de alcalinidad como criterios para este uso a partir de ANZECC & ARMCANZ (2000).

#### 5.2.1.2. Aguas Marinas

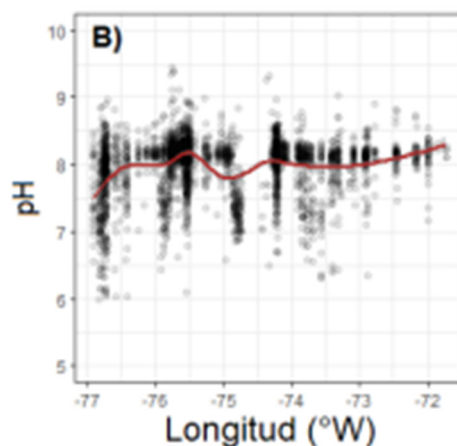
##### 5.2.1.2.1. pH

Para aguas marinas, el pH es una variable importante para medir en los sistemas acuáticos, dado que determina las características alcalinas o de acidez de un cuerpo de agua. Los cambios en esta variable están en función de la temperatura, la salinidad, la presión o profundidad y la actividad vital de los organismos marinos (Cifuentes et al., 2009). El valor de pH normal para aguas marinas varía entre 7,8 a 8,3, debido al equilibrio que existe en el sistema de los carbonatos, siendo las especies dominantes los iones carbonato y bicarbonato (Libes, 1992).

Roldán (1992) expresa que, en condiciones significativamente ácidas, las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales tienden a disminuir, a la vez, se puede evidenciar un cambio de bacterias a poblaciones de hongos, disminuyendo la descomposición de la celulosa y la saturación de oxígeno disuelto. Según Boyd (1990), el normal desarrollo de la biota acuática se presenta en el rango de 4.5 a 8.5, y para Cole (1988), el pH fisiológico óptimo está entre 7.0 y 7.4. Las normas vietnamitas plantean como criterio de calidad del agua para vida acuática, un rango de 6.5 a 8.0, y en otras normas este rango se extiende hasta 9.0, de acuerdo con la relevancia de la

fauna íctica en el sistema (Helmer y Hespanhol, 1999, como se citó en (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011).

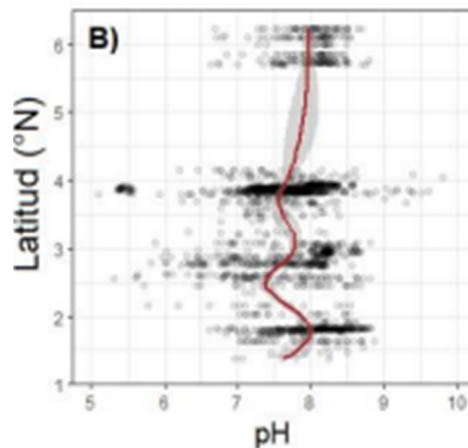
El Decreto 1076 de 2015 plantea que el pH debe asociarse a la clasificación de las aguas en “agua fría dulce”, “agua cálida dulce” y “agua marina y estuarina”, con rangos de (5.5 a 9.0), (4.5 a 9.0) y (6.5 a 8.5), respectivamente (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011). Las aguas del Caribe colombiano tienen tendencias de pH que no superan los límites establecidos para la preservación de flora y fauna (límite permisible de 6,5 – 8,5 pH para aguas marina y estuarina) (Figura 5-1).



**Figura 5-1 Comportamiento del pH en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM<sup>14</sup>.  
Fuente: INVEMAR, 2023.**

En general las aguas marino costeras del Pacífico colombiano presentan en promedio valores de pH que no superan los límites establecidos para la preservación de flora y fauna (6,5 – 8,5 pH para aguas marina y estuarina, Decreto 1076 de 2015.) (Figura 5-2). Sin embargo, se observaron algunos registros de pH fuera de este rango, valores menores a 6,5 y mayores a 8,5, en las zonas cercanas a Buenaventura (~ 3,8 °N), Timbiquí (~ 2,8°N) y Tumaco (~1,8 °N), los cuales son efecto de la descarga de contaminantes industriales, agrícolas y domésticos (IIAP, 2013; Barbosa-Hurtado, 2018) que afectan el equilibrio químico y alteran el pH del agua.

<sup>14</sup> Los modelos aditivos generalizados (GAM) son una generalización flexible de los modelos lineales que permiten modelar relaciones complejas entre variables. <https://es.statisticseasily.com/glosario/%C2%BFQu%C3%A9-son-los-modelos-aditivos-generalizados-GAM%3F/#:~:text=Los%20modelos%20aditivos%20generalizados%20%28GAM%29%20son%20una%20generalizaci%C3%B3n,lineales%20que%20permiten%20modelar%20relaciones%20complejas%20entre%20variables.>



**Figura 5-2 Comportamiento del pH en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023.**

Para aguas marinas, los valores de pH para todos los usos se tendrán en cuenta los utilizados en el Indicador de Calidad de Aguas Marinas -ICAM<sub>PFF</sub> (INVEMAR, 2023a), como categoría aceptable a óptima, es decir entre **6,5 a 8,5 unidades de pH**, al igual que lo proponen CONAMA (2005) y Minambiente -Cinara 2011. Rango que se mantiene tal cual como se encuentra en el Decreto 1076 de 2015 (Artículo transitorio 2.2.3.3.9.10 para uso de PFF)

#### 5.2.1.2.2. Conductividad Eléctrica

En las zonas costeras la salinidad y la conductividad pueden sufrir variaciones debidas a los aportes fluviales, a la acción de los vientos, a la evaporación o por el afloramiento de aguas profundas más saladas (fenómenos de surgencia) (Cognetti et al., 2001). Para las zonas estuarinas, la salinidad de las aguas superficiales puede variar entre sitios y nivel de marea, desde casi cero en las cabeceras de los estuarios o en marea baja, hasta valores de 30 o más, en las zonas más externas, como las bocanas o durante marea alta (Cognetti et al., 2001; Echeverría et al., 2007).

La salinidad es fundamental en estudios oceanográficos, pues es necesario para el estudio de corrientes y la identificación de masas de aguas. En estudios ambientales es un factor importante porque puede significar la presencia o no de organismos y peces (Garay et al., 2003). Dependiendo de las características del sistema acuático puede ser una variable relevante, como sucede en los ecosistemas estuarinos, en que los cambios de salinidad pueden condicionar la evolución de los recursos naturales asociados al agua.

Las aguas marinas poseen salinidad con rango de variación muy estrecho, el valor promedio mundial que es de 36, mientras que en las estuarinas existen variaciones considerables que van desde cero hasta valores superiores a 40 (como se ha reportado para la Ciénaga Grande de Santa Marta).

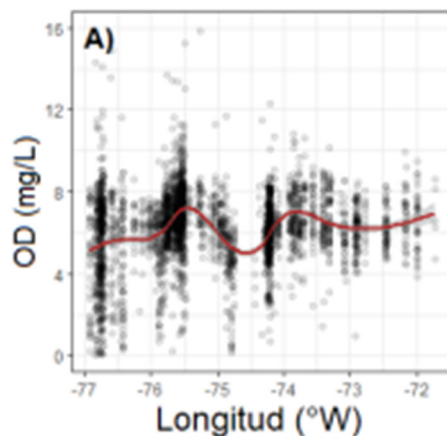
Para las aguas marinas no se proponen valores de conductividad como criterio de calidad para evaluar la admisibilidad de los diferentes usos.

#### 5.2.1.2.3. Oxígeno Disuelto

Para las aguas marinas, los gradientes de oxígeno disuelto (OD) a través de la columna de agua, son una condición normal en las aguas marinas ya que, por una parte, la superficie oceánica está en contacto con la atmósfera y hay difusión de oxígeno hacia el agua, y por otra, en la superficie se llevan a cabo los procesos de la fotosíntesis donde hay liberación de oxígeno hacia la columna de agua. En tanto que, en los estratos más profundos, hay consumo de oxígeno producto de la degradación de la materia orgánica (Chester, 1990; Libes, 1992).

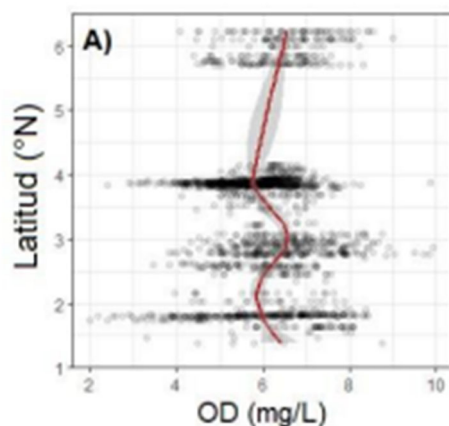
Un porcentaje óptimo de saturación de oxígeno disuelto no debe ser inferior al 80%, valor que puede considerarse como el mínimo óptimo o mínimo adecuado. Valores inferiores al 80% de saturación, indican que se está presentando un déficit en la oferta o disponibilidad de este gas; y si estos son inferiores a 50%, requiere especial interés el análisis, puesto que se puede llegar a demandas que superen significativamente a la oferta ambiental, con la tendencia a formarse zonas o capas anaeróbicas con tendencia a eutrofización (muy notorias en sistemas lénticos) (Boyd, 1990; Roldán, 1992; Vásquez, 2002, como se citó en (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011)

El oxígeno disuelto, en la mayoría de las estaciones distribuidas en todo el litoral Caribe colombiano, presenta valores por encima de 4 mg/L (límite permisible mayor a 4 mg/L de OD), no obstante, se observan algunos grupos de estaciones con concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 4 mg/L (Figura 5-3), distribuidas entre longitudes -74,5°W y -75,0°W; -75,5°W y -76,0; -76,5 °W y -77,0°W, que corresponden a las zonas costeras entre la Ciénaga Grande de Santa Marta y Puerto Colombia en Atlántico; entre Punta Canoa en Bolívar y Moñitos en Córdoba y finalmente la zona costera del departamento de Antioquia (INVEMAR, 2023).



**Figura 5-3 Comportamiento del Oxígeno disuelto en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023.**

Para el Pacífico se evidenciaron valores promedio de oxígeno disuelto alrededor de los 6 mg/L, sin embargo, en la década analizada, en las estaciones ubicadas entre las latitudes 1,8 °N y 3,8 °N correspondientes a la zona costera de Tumaco y Buenaventura respectivamente, se observaron registros menores al valor mínimo permisible establecido por la normativa colombiana para la preservación de flora y fauna (4 mg/L, Decreto 1076 de 2015; Figura 5-4) (INVEMAR, 2023).



**Figura 5-4 Comportamiento de Oxígeno disuelto en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 2010 y 2019. Las líneas rojas representan la tendencia estimada mediante GAM. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM. Fuente: INVEMAR, 2023.**

**Tabla 5-2 Escala de calidad de OD en ICAM**

Escala de calidad	Valor (mg/L)
Óptima	7,0 - 10
Adecuada	6,0-7,0
Aceptable	4,0 – 6,0
Inadecuada	2,0-4,0
Pésima	0,0 – 2,0 > 10,0

Fuente: INVEMAR, 2023 a.

Teniendo en cuenta que en la mayoría de las estaciones distribuidas en todo el litoral Caribe y Pacífico colombiano presenta valores por encima de 4 mg/L (límite permisible mayor a 4 mg/L de OD), se define como criterio de calidad para aguas marinas para oxígeno disuelto como mínimo **4 mg/L** para preservación de flora y fauna, quedando igual al valor establecido en el Decreto 1076 de 2025 y se adiciona un valor máximo de **10 mg/L** que corresponde al valor máximo en la escala de



calidad que usa el ICAM. Para el uso de Fines recreativos mediante contacto primario y secundario se propone el mismo valor de **4 mg/L**. En tanto que, para el uso de Pesca, Maricultura y Acuicultura, se propuso **5mg/L de OD**.

En relación con el porcentaje de saturación de oxígeno, a continuación, se establecen los valores para las aguas marinas de acuerdo con la información bibliográfica consultada:

- Para el uso de preservación de flora: se establece como valor un porcentaje de saturación de oxígeno mayor a **80%**, que se establece como la condición óptima para los organismos acuáticos y condiciones de “muy buen estado” de calidad.
- Para el uso de fines recreativos mediante contacto primario y secundario se establece como valor del porcentaje de saturación de oxígeno para ambos usos **>70**, lo cual es igual al valor de la norma vigente (Decreto 1076 de 2015).

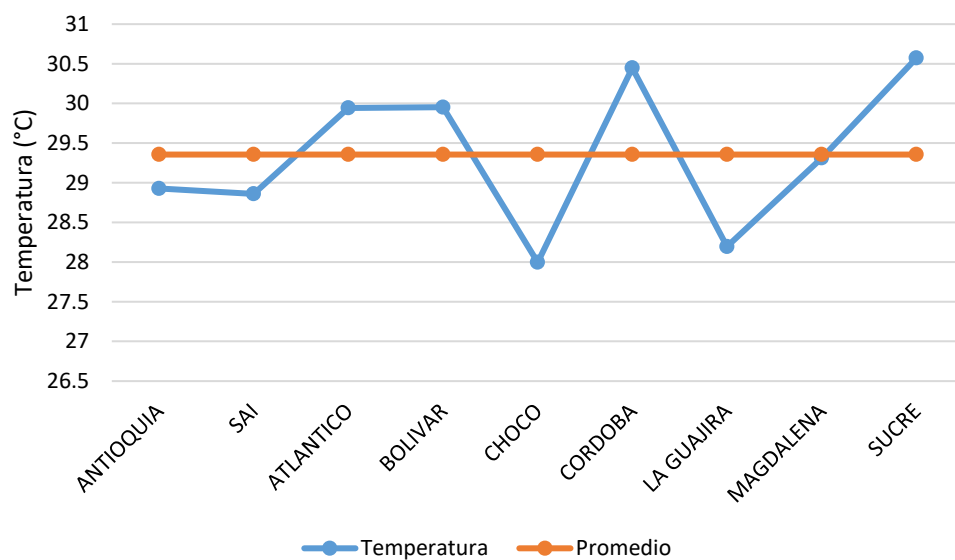
#### 5.2.1.2.4. Temperatura

La temperatura es importante en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que puede influir en el desempeño biológico de las especies. Algunos organismos se ven gravemente afectados cuando ocurren cambios amplios de temperatura (Kjerfve et al., 1981).

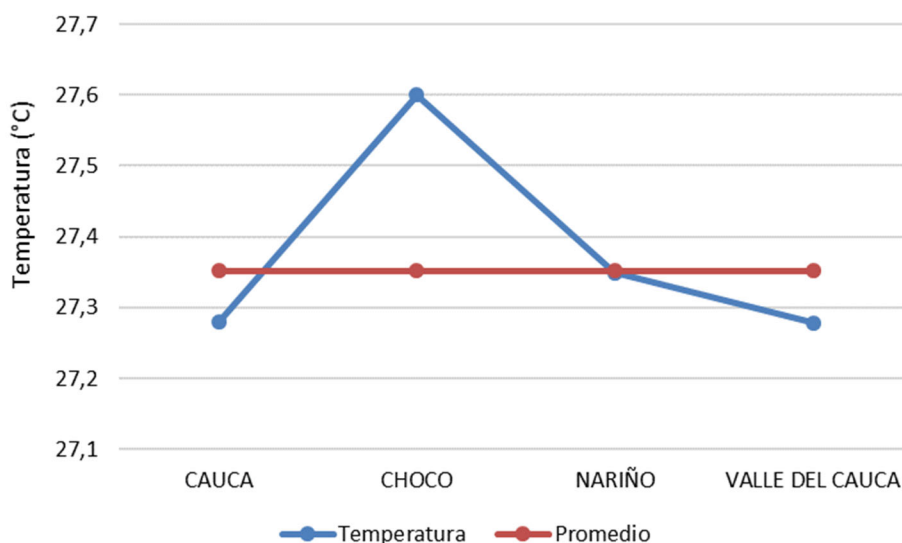
La temperatura es un factor abiótico que regula los procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades fisicoquímicas del ecosistema (solubilidad de nutrientes, solubilidad de gases, toxicidad de xenobióticos, entre otros). El patrón de estratificación termal en ambientes oceánicos y zonas costeras puede afectarse por otros factores abióticos como son las corrientes submarinas, efecto combinado de alta evaporación y aumento de salinidad en aguas superficiales por la actividad volcánica y la contaminación termal.

Como indicador de la calidad de las aguas de conjunto con la medición de oxígeno disuelto, aporta a la evaluación. Es relevante cuando se consideran efluentes de centrales termoeléctricas o nucleares, de plantas desalinizadoras, o en general de procesos industriales que utilicen agua para enfriamiento de maquinarias. Dependiendo del caudal del agua con una diferencia de temperatura considerable de la masa de agua receptora, así será el impacto, conocido como “Contaminación Térmica”. Además, las temperaturas elevadas que resultan de descargas de agua caliente pueden tener un impacto ecológico significativo (IPCC, 2001; Garay, et al., 2003).

De acuerdo con los datos del REDCAM, la Temperatura superficial promedio para el Caribe colombiano entre 1992 y 2023 es de 29.31°C y 28.85°C para San Andrés y Providencia (Figura 5-5), para el Pacífico 27.64°C (Figura 5-6).



**Figura 5-5 Comportamiento de la Temperatura promedio en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1992 y 2023. La línea naranja representa el promedio de la tendencia histórica estimada.**



**Figura 5-6 Comportamiento de la Temperatura promedio en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1992 y 2023. La línea roja representa el promedio de la tendencia histórica estimada.**

En relación con la temperatura, para los usos de preservación de flora y fauna, se establece como criterio de calidad la variación máxima de la condición natural de la variable temperatura para un sitio y tiempo específico del día, el cual no debe ser mayor a la estimación más conservadora de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  de cambio desde el fondo ambiental o de la condición natural. Para el uso de Pesca, maricultura

y acuicultura, se establece un criterio de calidad de condición natural o que no afecte el uso, con un cambio  $<2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en 1 hora de las condiciones naturales.

#### 5.2.1.3. *Resumen Parámetros In Situ*

En la Tabla 5-3 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para los parámetros In Situ en aguas continentales. Además, se establece un valor de alcalinidad mayor o igual a  $20\text{ mg/L CaCO}_3$  como criterios para este uso el uso pesca, acuicultura y maricultura.

BORRADOR

**Tabla 5-3 Resumen Parámetros In Situ – Aguas Continentales**

Parámetro	pH				Conductividad Eléctrica a 25°C		Oxígeno disuelto						Temperatura del agua		
	Mínimo	Fuente	Máximo	Fuente			Porcentaje de saturación								
Unidad de medida	Unidades de pH				µS/cm		% Os						[°C]		
Uso/Fuente	Aguas superficiales continentales y aguas subterráneas				Aguas superficiales continentales y aguas subterráneas		Fuente	Cuerpos lénticos	Fuente	Cuerpo Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Fuente	Aguas superficiales continentales y aguas subterráneas	Fuente
Preservación de flora y fauna	(B)	60	(B)	60	500 (A)	46	>80-120	20, 46	>80-120	2, 46	(A)	-	Condiciones naturales (C)	60	
Pesca, Maricultura y Acuicultura (D)	5	51	9	51	4500	51	>40	20	>70	2, 9, 10	(A)	-	Condiciones naturales (C) o que no afecte el uso indicado	60	
Fines recreativos	5	25	9	3, 4, 5, 6, 8, 9, 11	-	-	>40	20	>70	2, 9, 10	(A)	-			
Consumo humano y doméstico	5	25	9	3, 5, 8, 11, 12	1000	9, 12, 18	>40	20	>70	2, 9, 10	-	-			
Uso agrícola	6.5	4, 6, 9, 10, 13	8.5	4, 6, 13	De acuerdo con los criterios de calidad para evitar problemas asociados al sodio.	13, 29	>40	20	>50	2, 9, 10	-	-			
Uso pecuario	6,5	58	8,5	58	3000 (Aves de corral) 6000 (otros usos pecuarios)	58	>40	20	>50	2, 9, 10	-	-			
Navegación y transporte acuático	5	25	9	3, 5	-	-	>40	20	>50	2, 9, 10	-	-			
Uso estético	5	25	9	3, 5, 8, 9	-	-	>40	20	>50	2, 9, 10	-	-			
Nota: (-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica. (A) Cuando las aguas subterráneas sean empleadas en los usos preservación de flora y fauna, pesca y acuicultura y fines recreativos mediante contacto primario y secundario, se emplearán los valores presentados para cuerpos de agua lóticos y lénticos, según las condiciones de movimiento del agua durante el uso de esta fuente. Para los demás usos, no se establecen valores en relación con este parámetro. (B) la variación máxima de la condición natural de pH para un sitio específico y tiempo del día no debe ser mayor a la estimación más conservadora entre: 0.5 unidades de pH; 5% de la condición natural. (C) la variación máxima de la condición natural de temperatura para un sitio específico y tiempo del día no debe ser mayor a la estimación más conservadora entre: 2 °C; 10% de la condición natural. (D) Para el uso se establece un criterio mayor o igual a 20 mg/L CaCO3 para el parámetro alcalinidad (Fuente: 51)															

**Tabla 5-4 Resumen Parámetros In Situ – Aguas Marinas**

Referencias in situ. Aplicables a Cuerpos de aguas marino- costero y estuarino														
Uso	pH			Oxígeno Disuelto							Temperatura			
	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Concentración OD				Porcentaje de saturación			Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Criterio definición de límite máximo
				Valor mínimo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Criterio definición de límite máximo	Valor mínimo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID				
Preservación de flora y fauna	6,5 - 8,5	Unidades de pH	3; 9	4,00 – 10,00	[mg/L]	77, 86		>80	% Os	9	Condiciones naturales o que no afecte el uso indicado	°C	74	± 1 cambio desde el fondo ambiental (*)
Pesca, maricultura y acuicultura	6,5 - 8,5	Unidades de pH	3; 9	>5,00	[mg/L]	50, 51, 77		>60	% Os	6	Condiciones naturales o que no afecte el uso indicado	°C	51	Cambio <2 °C en 1 hora
Fines recreativos mediante contacto primario	6,5 - 8,5	Unidades de pH	3; 9	>4,00	[mg/L]	50	50% valor de saturación, el que sea más alto. No menos de 3,5 mg/L en cualquier época del año para la protección de vidas acuáticas	>70	% Os	6	-	-	-	-
Fines recreativos mediante contacto secundario	6,5 - 8,5	Unidades de pH	3; 9	>4,00	[mg/L]	50	50% valor de saturación, el que sea más alto. No menos de 3,5 mg/L en cualquier época del año para la protección de vidas acuáticas	>70	% Os	6	-	-	-	-
Consumo humano y doméstico	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro				No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Uso agrícola	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro				No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Uso pecuario	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro				No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			

Navegación y transporte acuático	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
Uso estético	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
<p>Nota:</p> <p>(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.</p> <p>El valor propuesto para OD corresponde a la concentración mínima admitida para cada uso</p> <p>(*) Tasa de cambio por hora hasta 0,5. WMT, temperatura media semanal a corto plazo, se define como el promedio de las temperaturas diarias más cálidas a corto plazo durante 7 días consecutivos. • El ciclo de temperatura natural característico del sitio no debe ser alterado en amplitud o frecuencia por las actividades humanas</p>				

### 5.2.2. Fisicoquímicos Básicos

En esta agrupación se incorporan parámetros asociados a la demanda de oxígeno (demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO), contenido de sólidos (sólidos disueltos totales (SDT) y sólidos suspendidos totales (SST) y compuestos orgánicos (grasas y aceites y tensoactivos aniónicos - método SAAM).

En relación con los parámetros fisicoquímicos básicos se establece lo siguiente:

#### 5.2.2.1. Aguas Continentales

##### 5.2.2.1.1. Demanda biológica y química de oxígeno

La demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) miden la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios biológicos (mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua) y químicos en una muestra de agua. Por lo anterior estos parámetros son empleados como indicadores para medir el grado de contaminación por materia orgánica para las aguas continentales.

Para el establecimiento de los valores en relación con estos parámetros en aguas superficiales se emplearon principalmente las categorías establecidas para la clasificación de la calidad de agua en México (CONAGUA, 2010) y las clases de calidad de las aguas superficiales en Europa con base en su estado ecológico y químico (DRIEE, 2019) de acuerdo con lo siguiente:

- Para el uso de preservación de flora y fauna se establecen valores para de DBO<sub>5</sub> de 6 mg/L O<sub>2</sub> y DQO de 20 mg/L O<sub>2</sub> que se relacionan con clasificación clase “buen estado” (DRIEE, 2019) y “buena calidad” (CONAGUA, 2010). Lo anterior, debido que este es el límite en el que se establece que las aguas son de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica de acuerdo con las fuentes consultadas.
- Para los demás usos se establecen valores para de DBO<sub>5</sub> de 30 mg/L O<sub>2</sub> y DQO de 40 mg/L O<sub>2</sub> que se relacionan el límite superior de calidad aceptable (CONAGUA, 2010). Lo anterior, debido que este es el límite en el que se establece que las aguas tienen indicios de contaminación, pero tienen capacidad de autodepuración. De acuerdo con ANZECC & ARMCANZ (2000) la causa más común de niveles bajos de oxígeno disuelto en la operación de acuicultura es la contaminación por sustancias orgánicas biodegradables, dado que el oxígeno disuelto un requisito básico para la producción acuícola, se considera indispensable controlar sus valores en una condición aceptable.
- Adicionalmente, es preciso resaltar que los valores de DQO de la propuesta son coincidentes con los valores extremos de las tres categorías de mejor calidad de acuerdo con la hoja metodológica del Índice de calidad del agua para el parámetro DQO (IDEAM, 2011).

Las aguas subterráneas se caracterizan por valores para de DBO<sub>5</sub> menores a 1 mg/L O<sub>2</sub> y DQO menores a 15 mg/L O<sub>2</sub> (IGME, 1985) , por lo anterior valores mayores a este contenido se relacionan con fuentes antrópicas de contaminación con presencia de materia orgánica. Por esto, estos valores

serán empleados para DBO<sub>5</sub> y DQO cuando las aguas subterráneas se destinen para uso consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, pesca, maricultura y acuicultura y fines recreativos mediante contacto primario y secundario, lo anterior debido a que no es deseable el uso de aguas con contaminación antrópica para los usos antes mencionados.

Se pueden presentar condiciones naturales en cuerpos de agua en donde es posible que se excedan los criterios de calidad establecidos para los parámetros de demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y demanda química de oxígeno (DQO) en condiciones naturales, lo anterior aun cuando desde el punto de vista técnico se justifica la definición de un criterio de calidad para el parámetro. Por esto, las condiciones particulares deben ser evaluadas por la autoridad ambiental con base en la información, conocimiento y mediciones de que esta disponga con el objetivo de ajustar los criterios de calidad. Por ejemplo, en cuerpos de aguas donde hay presencia de aves (garzas, pelícanos etc.) u otras condiciones intrínsecas presentadas en el Numeral 4.1.1, pueden generarse aumentos para estos parámetros bajo condiciones naturales en algunos tramos de los cuerpos de aguas, situación que debe ser evaluada de manera particular por la autoridad como se menciona.

#### 5.2.2.1.2. Sólidos

La turbiedad y los Sólidos Suspendedos Totales (SST) tienen una relación directa asociada a la cantidad de partículas en suspensión a manera de partículas de suelo, partículas orgánicas coloidales, material particulado, plancton y otros organismos microscópicos (Boyd & Tucker, 2012). Según Roldán (1992) citado en (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011), se ha encontrado que cuando los valores de turbiedad son muy altos, en sistemas acuáticos tropicales, puede manifestarse una alteración drástica y severa en los flujos energéticos y niveles tróficos, debido a que se limitan los procesos de fotosíntesis, es decir, de producción de oxígeno.

Para el establecimiento de los valores para sólidos suspendidos totales (SST) se empleó principalmente la escala de clasificación de la calidad del agua de México (CONAGUA, 2010).

Para los parámetros de turbiedad y los Sólidos Suspendedos Totales (SST) en aguas superficiales se establecieron valores de acuerdo con lo siguiente:

- Para el uso preservación de flora y fauna se estableció un valor de 75 mg/L para el parámetro sólidos suspendidos totales, lo anterior corresponde al límite superior para una clasificación “buena calidad” (CONAGUA, 2010).
- En el caso del uso agrícola se establece como valor 100 mg/L para el parámetro sólidos suspendidos totales, valor que genera una restricción ligera a moderada para su uso en agricultura (WHO, 2006).
- Para los usos pesca, maricultura y acuicultura, fines recreativos mediante contacto primario y consumo humano y doméstico se estableció un valor de 150 mg/L para el parámetro sólidos suspendidos totales, lo anterior corresponde con el límite máximo para una clasificación “aceptable” que corresponde aguas que representan aguas con indicio de



contaminación y condición regular para peces (CONAGUA, 2010). De acuerdo con ANZECC & ARMCANZ (2000) los sólidos suspendidos totales son un parámetro de interés para la operación de la acuicultura debido a que pueden causar irritación de las branquias y daño a los tejidos de los animales acuáticos y taponar sistemas de alimentación y filtros.

- Para los usos fines recreativos mediante contacto secundario y pecuario se estableció un valor de 320 mg/L para el parámetro sólidos suspendidos totales, valor que corresponde con el límite superior de la curva funcional para SST adoptada en la hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua. Lo anterior corresponde con la clasificación “Contaminada” (CONAGUA, 2010) para aguas superficiales con alto contenido de sólidos suspendidos y descargas de aguas residuales.
- Para los usos navegación y transporte acuático y estético no se establece valor debido a que no existen limitaciones de este parámetro en relación con estos usos.

Las aguas subterráneas se caracterizan por valores bajos a nulos de Sólidos Suspendidos Totales (SST), lo anterior como resultado del flujo de agua a través de la roca o sedimento. Por esto no se establecen valores para este parámetro en aguas subterráneas.

Los sólidos disueltos totales miden de manera directa el grado de mineralización del agua, teniendo una relación directa con la conductividad eléctrica (CE) de acuerdo con lo presentado en el numeral 5.2.1.1.2 A partir de (Kiely, 1999) se puede establecer que las aguas superficiales presentan valores típicos para agua bruta en aguas superficiales de acuerdo con su grado de mineralización según lo siguiente: Aguas en su nacimiento (105 mg/L); Aguas en otros sectores del río (640 mg/L); Aguas en zonas áridas (700-5000 mg/L); Aguas salobre (1500 mg/L).

En relación con los sólidos disueltos totales (SDT) se establecen los valores de acuerdo con lo siguiente:

- Para el uso preservación de flora y fauna en relación con el parámetro sólidos disueltos totales se establece un valor de 330 mg/L, valor que fue estimado a partir de la conductividad eléctrica y empleando la ecuación que relaciona SDT y conductividad eléctrica (US EPA, 2001).
- De acuerdo con ANZECC & ARMCANZ (2000) la salinidad (sólidos disueltos totales) es factor limitante para la distribución de animales acuáticos y un factor importante para la acuicultura dado que controla la energía que los animales acuáticos deben gastar en osmorregulación a expensas de otros procesos como el crecimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece un valor de 3000 mg/L para el parámetro sólidos disueltos totales para este uso.
- Aun cuando la aceptabilidad para consumo humano y doméstico disminuye drásticamente a valores de SDT por encima de los 1000 mg/L, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS, 2017).

- Para el uso pecuario se establece un valor de 2000 mg/L (FAO, 2023) para aves de corral y 4000 mg/L para otros usos pecuarios lo anterior a partir de los valores establecidos por FAO (2023) como valores en donde no se presentan efectos adversos asociados a la tolerancia de animales a sales disueltas.
- Para el uso agrícola no es posible analizar de manera aislada los sólidos disueltos totales para riego, lo anterior debido al efecto combinado de la salinidad y el ion sodio sobre las propiedades del suelo. Por lo anterior, para este uso el análisis de sólidos disueltos totales se realiza en el numeral 5.2.6.1.4.
- Para los usos fines recreativos mediante contacto primario y secundario, navegación y transporte acuático y estético no se establecen valores en relación con el parámetro debido a que no tienen incidencia en el uso.

Del régimen transitorio se eliminan los parámetros turbiedad y color para el uso preservación de flora y fauna debido que se seleccionan parámetros alternativos como los sólidos disueltos totales, pero además se incorporan compuestos con nitrógeno y fósforo con el objetivo de evitar que se altere la productividad primaria y se genere un deterioro del estado general de calidad de los cuerpos de agua.

Se pueden presentar condiciones naturales en cuerpos de agua en donde es posible que se excedan los criterios de calidad establecidos para sólidos suspendidos totales en condiciones naturales, lo anterior aun cuando desde el punto de vista técnico se justifica la definición de un criterio de calidad para el parámetro. Por esto, las condiciones particulares deben ser evaluadas por la autoridad ambiental con base en la información, conocimiento y mediciones de que esta disponga con el objetivo de ajustar los criterios de calidad para este parámetro. Por ejemplo, en condiciones de crecientes súbitas u otras condiciones intrínsecas presentadas en el Numeral 4.1.1, pueden generarse aumento del contenido de sólidos suspendidos totales, situación que debe ser evaluada de manera particular por la autoridad como se menciona.

#### 5.2.2.1.3. Grasas y aceites

Debido a los efectos de las grasas y aceites sobre la capacidad de reaeración de los cuerpos de agua superficial continental y su respectiva calidad, se establece que en todos los casos la grasa debe estar ausente y sin película visible.

Además, se establecen los siguientes valores en relación con el parámetro para las aguas superficiales continentales:

- Para el uso consumo humano y doméstico y uso preservación de flora y fauna se establece un criterio de 0.1 mg/L a partir del valor establecido por OECD/EAP Task Force Secretariat (2011) como apto para uso consumo humano con tratamiento simple y funcionamiento de ecosistemas.

- Para el uso pesca, acuicultura y maricultura se establece un criterio de 0.3 mg/L a partir del valor establecido por ANZECC & ARMCANZ (2000) para el uso acuicultura y pesca.
- Para el uso fines recreativos mediante contacto primario y secundario, agrícola y pecuario se establece un criterio de 0.5 mg/L a partir del valor establecido por OECD/EAP Task Force Secretariat (2011) como apto para estos usos a partir del límite de la Clase III.
- Para los usos navegación y transporte acuático y estético se establece un valor de 5 mg/L de acuerdo con la clasificación de calidad y uso navegación y transporte (US EPA, 2018).

Las grasas y aceites no son una fuente de contaminación principal en aguas subterráneas, por esto no se establecen valores en relación con este parámetro para esta fuente.

#### 5.2.2.1.4. Tensoactivos aniónicos

Para los tensoactivos aniónicos método sustancias activas al azul de metileno (SAAM), se establece un valor de 0.5 mg/L (US EPA, 2018) para todos los usos.

Los tensoactivos aniónicos no son una fuente de contaminación principal en aguas subterráneas, por esto no se establecen valores en relación con este parámetro para esta fuente.

Dada la definición establecida en el 2.2.3.3.2.10. del Decreto 1076 para el uso estético, en relación con la ausencia de material flotante y de espumas, grasas y aceites que formen película visible y ausencia de sustancias que produzcan olor de la actual norma se establece que estos criterios son cualitativos y no permiten valorar de manera directa la calidad del agua y determinar la causa efecto del contenido del parámetro en el agua. Por lo anterior, se propone la medición cuantitativa, permitiendo establecer relaciones y asociaciones entre variables cuantificadas, utilizando unidades de medida comparables nacional e internacionalmente de acuerdo con lo siguiente:

- Valores para los parámetros grasas y aceites ( Numeral 5.2.2.1.3) y tensoactivos con el objetivo de evitar la presencia flotante de grasas y la formación de espumas.
- Valores de nitrógeno, fósforo y clorofila a, para evitar la generación de procesos eutróficos que limiten este uso por la generación de problemas de olores (Numeral 5.2.3).
- Valores de DBO y DQO en una condición aceptable que permite la capacidad de autodepuración del agua, y evita la posible generación de olores (Numeral 5.2.2.1.1).
- Un valor para el sulfuro de hidrógeno que corresponde con el umbral olfativo en seres humanos para este compuesto para evitar problemas por olores asociados con la presencia de este compuesto (Numeral 5.2.7).

#### 5.2.2.2. Aguas Marinas

De acuerdo a ANZZEC (2000), una serie de factores estresantes físico-químicos naturales pueden causar efectos en las operaciones acuícolas cuando los valores del agua afluyente son demasiado altos y/o demasiado bajo. Estas directrices abordan factores estresantes físico-químicos que son considerado de importancia para las operaciones acuícolas. Muchos de estos también deberían ser Objeto de un seguimiento periódico en el sistema de cultivo para garantizar que los organismos acuáticos son objeto de seguimiento, manteniéndose en condiciones propicias para la supervivencia y el crecimiento. Algunos de los principales estresantes se resumen a continuación:

##### 5.2.2.2.1. Demanda biológica y química de oxígeno

La demanda biológica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) y demanda química de oxígeno (DQO) miden la cantidad oxígeno necesario para degradar la materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios biológicos.

#### **$\text{DBO}_5$**

Es una prueba que se utiliza para determinar los requisitos relativos de oxígeno de las aguas residuales, los efluentes y las aguas contaminadas (Baird, 2017, como se citó en INVEMAR, 2023 a).

La DBO es un indicador de contaminación orgánica que se usa para medir el contenido de materia orgánica y determina el oxígeno requerido por los organismos para su degradación misma. El aumento de la DBO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. La putrefacción de la materia orgánica en el agua produce una disminución de la cantidad de oxígeno que causa graves daños a la flora y fauna acuática, pero que desaparece al término del proceso de descomposición.

Las pruebas de DBO se aplican para calcular el efecto que producen los efluentes domésticos o industriales, sobre el contenido de oxígeno en los cuerpos de agua receptoras y para evaluar su capacidad para asimilar descargas. En consecuencia, los datos de DBO son usados dentro de los criterios de ingeniería en proyectos de desarrollo, así como en el control de plantas de tratamiento de aguas residuales. Las determinaciones de DBO solamente deben hacerse cuando en el agua a monitorear están ausentes sustancias tóxicas (Garay et al., 2003).

Es un índice general, cualitativo o semicualitativo de los compuestos orgánicos susceptibles de ser degradados en un corto período de tiempo. El valor de la DBO, es con frecuencia incorrectamente usado como equivalente a la carga orgánica del agua de desecho, sin considerar la presencia de compuestos orgánicos no degradables (Garay et al., 2003, como se citó en INVEMAR, 2023 a).

Acorde con la mencionado anteriormente, en la mesa de trabajo con IDEAM-INVEMAR (julio 16 de 2024), se consideró que la  $\text{DBO}_5$  no es una variable de interés marino. A pesar de ello, y teniendo en cuenta que hasta el año 2024 el ICAM contemplaba esta variable como parte del indicador, y hasta tanto este indicador no cambie a Carbono Orgánico Total (COT), se establecerá como criterio de

calidad de DBO<sub>5</sub> solo para el uso de preservación de flora y fauna, un valor máximo de **2 mg/L** correspondiente a lo consultado en INVEMAR (2023 a). Vale la pena indicar que actualmente el ICAM en su escala de calidad pésima incluye los valores >3mg/L para la DBO<sub>5</sub>, en tanto que para las categorías entre óptima y aceptable los valores entre 0,0 y 2,0 mg/L (INVEMAR, 2023 a).

**Tabla 5-5 Escala de calidad de DBO<sub>5</sub> en ICAM**

Escala de calidad	Valor (mg/L)
Óptima	0,0 – 1,0
Adecuada	1,0-1,5
Aceptable	1,5-2,0
Inadecuada	2,0-3,0
Pésima	>3,0

Fuente. INVEMAR 2023 a

## DQO

En mesa de trabajo con IDEAM-INVEMAR (julio 16 de 2024), se mencionó que, para hacer análisis de laboratorio de DQO la técnica requiere mercurio cuando se tiene una carga de cloruros por encima de 2000 como lo que sucede en agua marina. Por lo cual para esta variable no se establecerá criterio de calidad, además porque no se obtuvo resultados de la búsqueda de valores en referencia bibliográficas, posiblemente porque el valor no está estandarizado ya que los cloruros afectan la DQO.

Cabe mencionar que, la actual norma colombiana, establecida en el Decreto 1076 de 2015, no plantea como criterio de calidad para aguas marinas para ninguno de los usos de preservación de flora y fauna, pesca, acuicultura y maricultura y fines recreativos valores de concentración de DQO, ni de DBO<sub>5</sub>.

### 5.2.2.2.2. Carbono orgánico total (COT)

El uso del Carbono Orgánico Total (COT) como criterio de calidad en aguas marinas ofrece varias ventajas sobre la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>), entre las cuales están:

- ✓ **Evaluación integral de la materia orgánica:** El COT mide toda la materia orgánica en el agua, incluyendo compuestos biodegradables y no biodegradables. En contraste, la DBO<sub>5</sub> se centra únicamente en la fracción biodegradable, lo que puede resultar en una subestimación del impacto de contaminantes que no son fácilmente degradables (Morris, J. T., & Haskin, H. H., 1990).
- ✓ **Relevancia ecológica y bioquímica:** El COT se relaciona más estrechamente con el funcionamiento ecológico de los ecosistemas marinos. La acumulación de materia orgánica,

independientemente de su degradabilidad, puede afectar el ciclo de nutrientes y la salud de las comunidades biológicas (García, H. E., & Gordon, L. I., 1992).

- ✓ **Menor variabilidad en los resultados:** La DBO5 requiere un periodo de incubación de cinco días, lo que introduce variabilidad en los resultados debido a factores ambientales y de manejo. La medición de COT, en cambio, puede realizarse rápidamente con métodos analíticos como la combustión, proporcionando resultados más consistentes (APHA, AWWA, & WEF., 2017).
- ✓ **Detección de contaminantes no biodegradables:** El COT permite la detección de contaminantes orgánicos complejos que no son captados por la DBO5. Esta capacidad es crucial para evaluar el impacto de descargas industriales o agrícolas que pueden introducir compuestos tóxicos en los ecosistemas marinos (O'Neill, R. V., & King, A. W., 1998).
- ✓ **Aplicabilidad a diversos ecosistemas acuáticos:** El COT es un indicador aplicable en una variedad de ecosistemas acuáticos, facilitando la comparación de resultados y la evaluación de la calidad del agua en diferentes contextos. Esto es especialmente importante en estudios globales sobre la calidad del agua marina (Hedges, J. I., & Keil, R. G., 1995).

Teniendo en cuenta lo anterior se puede inferir que, la elección del Carbono Orgánico Total como criterio de calidad en aguas marinas se fundamenta en su capacidad para proporcionar una visión más integral de la contaminación orgánica, su relevancia ecológica, la reducción de variabilidad en los resultados, la detección de compuestos nocivos y su aplicabilidad en diferentes ecosistemas. Estas características lo convierten en un indicador más adecuado que la DBO<sub>5</sub> para evaluar la calidad del agua en entornos marinos. Sin embargo, para la presente reglamentación se propondrán valores tanto para DBO<sub>5</sub> como para COT.

Para establecer el valor de COT se tuvo en cuenta de la siguiente información que corresponde a los análisis estadísticos realizado por el INVEMAR (2025), a partir de los datos históricos generados en el marco del monitoreo de la REDCAM. En particular, se utilizaron los datos obtenidos por el LABCAM del INVEMAR a través del monitoreo continuo que ha llevado a cabo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia.

REGION	Variable	unidad	n	Años	media	min	q1	mediana	q3	max	sd
CARIBE	COT	mg/L	699	2017-2024	4,626	0,500	1,305	2,130	3,900	83,700	8,716
PACIFICO	COT	mg/L	212	2017-2024	2,656	0,320	1,308	1,655	2,623	42,900	4,186

Con base en el anterior análisis estadístico se observa que el valor de la mediana en la concentración de COT en la región Caribe es de 2,130 mg/L de los datos registrados para las 699 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2017-2024 en el marco de la REDCAM. En tanto que, para la región Pacífico, la mediana es de 1,655 mg/L de los datos registrados para 212 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2017-2024. Por lo anterior, se establece la coherencia del valor con las condiciones de calidad del agua marinas y costeras del país, y se establece la viabilidad de adoptar el valor de **3 mg/L** como límite máximo para las concentraciones del **COT** en aguas

marinas para el uso de preservación de flora y fauna, de acuerdo con lo establecido por CONAMA/Brasil.

Así mismo, para el uso de, pesca, maricultura y acuicultura, y fines recreativos mediante contacto primario se propone como valor máximo de **3 mg/L** como lo referencia CONAMA/Brasil. En tanto que para los fines recreativos mediante contacto secundario el valor máximo será de **5 mg/L** (CONAMA/Brasil).

Es importante señalar que la normativa colombiana vigente, establecida en el Decreto 1076 de 2015, no considera los niveles de concentración de COT ni de DBO<sub>5</sub> como criterios de calidad para las aguas marinas en relación con usos como la preservación de flora y fauna, la pesca, la acuicultura, la maricultura, ni para los fines recreativos mediante contacto primario y secundario.

#### 5.2.2.2.3. Sólidos

Para las aguas marinas, los sólidos suspendidos se asocian con la transparencia del agua, característica que aplica como indicador de la calidad del agua, ya que constituye un factor para organismos que dependen de procesos fotosintéticos comunes en arrecifes coralinos, praderas de pastos marinos y en el fondo marino. Adicionalmente, son conocidos los efectos físicos que ocasionan las partículas en el tejido vivo de ecosistemas sensibles como los corales, afectando los procesos de crecimiento y sobrevivencia (Minambiente-Univalle-Cinara, 2011).

Los sólidos disueltos no necesariamente indican la calidad de las aguas marinas, teniendo en cuenta sus altas concentraciones de sales naturales tales como cloruro de sodio, carbonatos, etc. En el caso de los sólidos en suspensión, guarda similitud con la turbidez, pues afectan directamente la dinámica de reclutamiento de las poblaciones bentónicas en general, principalmente de arrecifes de coral. (INVEMAR, 2006)

Debido a los aportes continentales, las aguas estuarinas pueden llegar a presentar valores de Sólidos Suspendido Totales-SST superiores a 120 mg/L. Las aguas marinas por lo general registran contenidos máximos de 50 mg/L, cuando presentan una fuente cercana. Las aguas oceánicas por lo general presentan valores cercanos a los 10 mg/L de SST, como ocurre en la Isla de San Andrés en donde existen pocas fuentes de agua continental al medio marino (Base de datos REDCAM, 2006). (INVEMAR, 2006).

**Tabla 5-6 Escala de calidad para Sólidos Suspendidos Totales -SST en ICAM**

Escala de calidad	Valor (mg/L)
Óptima	>5,0
Adecuada	5,0-30,0
Aceptable	30-65
Inadecuada	65-120
Pésima	>120

Fuente: INVEMAR, 2023 a

Los valores propuestos para los sólidos suspendidos son basados en los utilizados por la Guía CONAMA/Chile para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. Sin embargo, se propone un rango entre <25 mg/L y un límite superior de 65 mg/L para agua destinada a la preservación de flora y fauna (concentración que dependerá de los aportes de aguas continentales, así: **<25 mg/L** para aguas oceánicas y entre **25 a 65 mg/L** para sistemas estuarinos y que tienen intervención de aporte de aguas continentales. El valor máximo de 65 mg/L se propone teniendo en cuenta la escala de calidad para SST que se utiliza para el cálculo del ICAM (Tabla 5-6) en el cual se encuentra este valor como el límite en la categoría de calidad aceptable; En tanto para el uso aplicable para agua marina en el que se desarrolle la acuicultura y actividades pesqueras extractivas, se considerará el intervalo **25 a 80 mg/L** (CONAMA/Chile).

No se proponen valores para los usos de fines recreativos mediante contacto primario y secundario para la variable de SST.

Vale la pena mencionar que, el Decreto 1076 de 2015 no incluye la variable de Sólidos Suspendidos Totales como criterio de calidad para los usos de preservación de flora y fauna, pesca, acuicultura y maricultura y fines recreativos.

#### 5.2.2.2.4. Grasas y aceites

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, y también de origen antropogénico, inmiscibles en el agua. Mayoritariamente llegan a los cuerpos de agua procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.), flotan formando películas en la superficie que impiden el paso de luz necesaria para realizar procesos de fotosíntesis y son metabolizados por las bacterias, disminuyendo las cantidades normales de oxígeno (Kirchman, 2000).

Estos compuestos orgánicos que hacen parte de los lípidos; incluyen un gran número de sustancias que tienen como característica común la insolubilidad en agua. Las grasas no son deseables ya que forman capas sobre la superficie del espejo de agua, impidiendo el intercambio gaseoso con el medio atmosférico; limitan la entrada de oxígeno y la liberación de dióxido de carbono y otros gases indeseables como el metano y el ácido sulfhídrico (Boyd, 1990). Esta situación conlleva a la tendencia a eutrofización en ecosistemas acuáticos, en especial en los lénticos; afectando incluso las condiciones organolépticas; por ejemplo, desarrollando malos olores y formando espumas por la acumulación de gases. También, puede ser limitante en el desarrollo de microorganismos o del plancton, ya que, al impedir procesos de intercambio gaseoso, puede interferir en la red trófica normal de los ecosistemas acuáticos (Boyd, 1990; Roldán, 1992).

La actual norma colombiana, establecida en el Decreto 1076 de 2015, plantea para preservación de flora y fauna, que la concentración de Grasas y Aceites, como porcentaje de sólidos secos, es el 0.01 de la concentración letal para el 50% de los individuos, después de 96 horas de exposición (CL50, 96 h). Sin embargo, teniendo en cuenta que, las grasas y aceites son generadoras de eutrofización en los ecosistemas acuáticos, no deberían estar presentes en las aguas marinas, lo cual concuerda con lo mencionado en la mesa técnica realizada con IDEAM e INVEMAR (16 de julio de 2024) y CONAMA



(2005), y por lo tanto, no se considerará un valor para la variable de **grasas y aceites** en las aguas marinas para el uso de preservación de flora y fauna y se espera que esta variable este **ausente**. En tanto que, para los usos pesca, acuicultura y maricultura y fines recreativos mediante contacto primario y secundario no se establece ningún criterio de calidad para esta variable.

#### 5.2.2.2.5. Tensoactivos aniónicos

La presencia de estos compuestos impide los procesos naturales de intercambio de gases entre el sistema acuático y el medio atmosférico, modificando la transferencia de oxígeno y de cualquier gas en general, a través de membranas. Cuando en un medio acuático, se encuentran tensoactivos aniónicos método Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), el efecto es significativamente negativo sobre los procesos ecológicos de la biota acuática (Boyd, 1990; Roldán, 1992). Uno de los principales problemas que promueven estas sustancias, se asocia a que inciden negativamente en el establecimiento de la fauna asociada a humedales; por ejemplo, el anidamiento de aves, natación de aves *Anatidae* (patos) (Roldán, 1992). Por esto, es importante que los SAAM usados tengan propiedades biodegradadoras, con el propósito de evitar altas concentraciones en los cuerpos de aguas naturales.

Para los diferentes grupos de tensoactivos, la toxicidad es función de la estructura química, en donde los valores de toxicidad son mayores para los tensoactivos de mayor cadena carbonada. La toxicidad de los SAAM en aguas limpias resulta ser mayor que en aguas contaminadas, debido a la adsorción de tensoactivos sobre la materia orgánica en suspensión de estas últimas, con lo que se reduce la cantidad de tensoactivos en disolución (Ríos, 2010). Se han encontrado efectos tóxicos, que derivan en inhibición de procesos fisiológicos, en diferentes grupos biológicos como bacterias luminiscentes de la cepa *Vibrio fischeri*, invertebrados acuáticos como los crustáceos *Daphnia magna* y macroalgas de la especie *Selenastrum capricornutum* (Ríos, 2010).

Entre las normas de otros países, los valores establecidos como criterios de calidad para el cuidado de los procesos ecológicos y la biota, respecto a los SAAM son similares. En algunas comunidades de España, los valores de SAAM son de 0,1 mg/L en “aguas especiales” o de gran calidad para la preservación del ecosistema, y 0,2 mg/L en “aguas normales”, o que pueden presentar protección del ecosistema y procesos de pesca o acuicultura (Ríos, 2010). Según CONAMA (2005) para los dos tipos de aguas salobres y marinas los valores máximos respectivos son de 0,2 mg/L.

La actual norma colombiana, establecida en el Decreto 1076 de 2015, plantea como criterio de calidad para preservación de flora y fauna, que la concentración de tensoactivos, como SAAM, es 0.143 de la concentración letal para el 50% de los individuos, después de 48 horas de exposición (CL50, 48 h). De acuerdo con el consenso del grupo investigador de CINARA (Convenio 163 de 2011), se considera que esta variable debe ser considerada como criterio de calidad para la preservación de ecosistemas acuáticos, debido a su incidencia en las características fisicoquímicas del espejo de

agua, lo cual puede incidir en las funciones y servicios ecosistémicos del cuerpo hídrico, así como por su efecto tóxico sobre la biota acuática.

Por lo tanto, se establece como criterio de calidad en aguas marinas con uso para la preservación de preservación de flora y fauna, el valor de **0,2 mg de SAAM/L** como límite máximo. Este criterio se establece de acuerdo con lo que representa el valor más restrictivo encontrado en referencias internacionales de Brasil.

Por su parte, para los fines recreativos mediante contacto primario y secundario, la actual norma colombiana, establecida en el Decreto 1076 de 2015, plantea como criterio de calidad 0,5 mg/L de tensoactivos, expresada como sustancias activas al azul de metileno (SAAM). Sin embargo, una vez consultada la fuente Brazileira de CONAMA (Resolución 357 de 2005), se encontró para **contacto primario** el valor de **0,2 mg de SAAM/L** como límite máximo. Por lo tanto, este valor más restrictivo se establece para la actualización normativa. Para el uso de Fines recreativos mediante contacto secundario, se mantiene el valor de **0,5 mg de SAAM/L** encontrado en el Decreto 1076 de 2015.

Para los usos pesca, acuicultura y maricultura no se establece un valor como criterio de calidad para esta variable.

#### 5.2.2.3. *Resumen Fisicoquímicos Básicos*

En la Tabla 5-7 y Tabla 5-8 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para los fisicoquímicos básicos en aguas continentales y marinas respectivamente.

**Tabla 5-7 Fisicoquímicos básicos – Aguas Continentales**

Parámetro	DBO5 Total				DQO Total				Sólidos				Grasas y aceites		Tensoactivos aniónicos - método SAAM	
									Sólidos suspendidos totales (SST)		Sólidos Disueltos Totales (SDT)					
Unidad de medida	[mg/L O2]				[mg/L O2]				[mg/L]		[mg/L]		[mg/L]		[mg/L]	
Uso/Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente	Aguas continentales	Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente
Preservación de flora y fauna	6	1,2	1	36	20	1,2	15	36	75	1, 7	330	46	0,1	62	0,5	6, 17
Pesca, Maricultura y Acuicultura	30	1	1	36	40	1,2	15	36	150	1, 7	3000	51	0,3	51	0,5	17
Fines recreativos mediante contacto primario	30	1	1	36	40	1,2	15	36	150	1, 7	-	-	0,5	62	0,5	11, 17
Fines recreativos mediante contacto secundario	30	1	1	36	40	1, 2	15	36	320	1, 7	-	-	0,5	62	0,5	11, 17
Consumo humano y doméstico	30	1	1	36	40	1,2	15	36	150	1, 7	-	-	0,1	62	0,5	9, 11, 17
Uso agrícola	30	1	-	-	40	1, 2	-	-	100	9, 13	-	13, 29	0,5	62	0,5	17
Uso pecuario	30	1	-	-	40	1, 2	-	-	320	1, 7	2000 (Aves de corral) 40000 (otros usos pecuarios)	58	0,5	62	0,5	17
Navegación y transporte acuático	30	1	-	-	40	1, 2	-	-	-	-	-	-	5	17	0,5	17
Uso estético	30	1	-	-	40	1, 2	-	-	-	-	-	-	5	17	0,5	17

Nota:

(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.

Fuente= Fuente Bibliográfica o de información.

La autoridad ambiental podrá ajustar los valores definidos para los criterios de calidad en la presente resolución en los parámetros de demanda biológica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), y sólidos suspendidos totales cuando se presenten concentraciones por encima del criterio de calidad en el cuerpo de agua que sean el resultado de factores intrínsecos (naturales).

Tabla 5-8 Físicoquímicos básicos – Aguas Marinas

Uso	Demanda biológica de oxígeno (DBO5)			Demanda química de oxígeno (DQO)	Carbono orgánico total (COT)			Sólidos suspendidos totales (SST)			Sólidos Disueltos Totales (SDT) [mg/L]	Grasas y aceites [mg/L]		tensoactivos aniónicos método sustancias activas al azul de metileno (SAAM)		
	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID		Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID		Valor máximo	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID
Preservación de flora y fauna	2	[mg/L]	86	-	3	[mg/L]	3	<25* 25-65**	[mg/L]	79, 86	-	Ausentes	3	0,2	[mg/L]	3
Pesca, Maricultura y Acuicultura	-	-	-	-	3	[mg/L]	3	25-80	[mg/L]	79	-	-	-	-	-	-
Fines recreativos mediante contacto primario	-	-	-	-	3	[mg/L]	3	-	-	-	-	Ausentes	3	0,2	[mg/L]	3
Fines recreativos mediante contacto secundario	-			-	5	[mg/L]	3	-	-	-	-	Ausentes	***	0,5	[mg/L]	***
Consumo humano y doméstico	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uso agrícola	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uso pecuario	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Navegación y transporte acuático	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uso estético	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota:

(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.

\* Valor propuesto para aguas oceánicas o con poca intervención de aguas continentales

\*\* Rango propuesto para sistemas estuarinos y que tienen intervención de aporte de aguas continentales

\*\*\* Se mantiene el valor encontrado en el Decreto 1076 de 2015

### 5.2.3. Nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo

En relación con el contenido de nutrientes, en primer lugar, se establece que el contenido de nitrógeno y fósforo deben encontrarse en una proporción que no ocasionen eutrofización. Lo anterior, debido a que es el balance estequiométrico de fósforo, nitrógeno y otros elementos el que determina cuál de los dos es el nutriente limitante para el desarrollo de las plantas acuáticas. En general, la mayoría de las plantas acuáticas tienen relaciones N:P entre 10:1 y 15:1 (Organización Panamericana de la Salud, 1989), pero esto está sujeto a la estequiometría de cada planta acuática. Por lo anterior, aun cuando no es una regla general, en la mayoría de los casos en relaciones N:P menores a 7 el nitrógeno es el limitante, mayores a 10 el fósforo es el limitante (US EPA, 2000). y valores cercanos a 10 ninguno es el limitante.

Las concentraciones de las formas múltiples de nitrógeno y fósforo en las aguas superficiales, son de especial interés porque su presencia se asocia con fuentes naturales y antrópicas, resultando en deterioro del estado general de calidad de los cuerpos de agua superficial y la consecuente limitación de su uso.

- El nitrógeno total hace referencia a todas las formas de nitrógeno, que se determina a partir de la sumatoria del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), nitrógeno orgánico, nitritos y nitratos.

En las aguas marinas, la entrada de materia orgánica estimula el enriquecimiento de nutrientes y eleva la producción de algas, fenómeno conocido como eutrofización. Este fenómeno se evidencia mediante la percepción de malos olores del agua, por la presencia abundante de algas y el elevado consumo de oxígeno disuelto por parte de las bacterias en respuesta a la mayor concentración de materia orgánica, afectando a las especies acuáticas (Kiely, 1999, como se citó en INVEMAR, 2006)

Los valores para nutrientes se diferenciarán para cuerpos lénticos, lóticos, aguas subterráneas y marinas de acuerdo con lo que se presenta a continuación:

#### 5.2.3.1. Cuerpos lénticos

- Nitrógeno

Para el contenido de nitrógeno se establecieron los siguientes valores:

- Para los usos preservación de flora y fauna y pesca, maricultura y acuicultura se definió un valor de nitrógeno total para el medio acuático de 1.0 mg/L N, dado que es el valor más empleado como objetivos de concentración de nitrógeno total en distintos países del documento de orientación técnica sobre el indicador 6.3.2 de ODS (PNUMA, 2020).

Asimismo, el valor promedio de concentración de nitrógeno total es de 1.01 mg/L N para los 253 monitoreos (41% de los datos) del ICA 2016 y 2017 se encuentran en categoría buena y aceptable. Por lo anterior, se establece la coherencia del valor con las condiciones de calidad de los cuerpos de agua del país, y se establece la viabilidad de adoptar dicho valor para evitar se generen condiciones eutróficas en los cuerpos de agua y limiten los mencionados usos.

- Para los usos fines recreativos, consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y uso estético se definió un valor de nitrógeno total para el medio acuático de 4.0 mg/L N, a partir del valor establecido por OECD/EAP Task Force Secretariat (2011) como objetivos de calidad para estos usos, lo anterior a partir del límite de la Clase II. Lo anterior principalmente con el objetivo de controlar los factores antrópicos que influyen las concentraciones de nitrógeno. Además, se establecen otros criterios para los compuestos de nitrógeno que generan efectos tóxicos sobre cada uso según lo que se presenta a continuación.

Tabla 5-9 valores estimados de CCC para amoniaco

CCC (mg NH3-N/l)																													
pH	Temperatura (°C)																												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
5	5.22	4.90	4.59	4.30	4.04	3.78	3.55	3.33	3.12	2.92	2.74	2.57	2.41	2.26	2.12	1.99	1.86	1.75	1.64	1.53	1.44	1.35	1.26	1.19	1.11	1.04	0.98	0.92	0.86
5.1	5.22	4.89	4.59	4.30	4.03	3.78	3.55	3.32	3.12	2.92	2.74	2.57	2.41	2.26	2.12	1.98	1.86	1.74	1.64	1.53	1.44	1.35	1.26	1.18	1.11	1.04	0.98	0.92	0.86
5.2	5.22	4.89	4.59	4.30	4.03	3.78	3.54	3.32	3.11	2.92	2.74	2.57	2.41	2.26	2.12	1.98	1.86	1.74	1.63	1.53	1.44	1.35	1.26	1.18	1.11	1.04	0.98	0.91	0.86
5.3	5.21	4.89	4.58	4.30	4.03	3.78	3.54	3.32	3.11	2.92	2.74	2.56	2.40	2.25	2.11	1.98	1.86	1.74	1.63	1.53	1.44	1.35	1.26	1.18	1.11	1.04	0.98	0.91	0.86
5.4	5.21	4.88	4.58	4.29	4.02	3.77	3.54	3.32	3.11	2.91	2.73	2.56	2.40	2.25	2.11	1.98	1.86	1.74	1.63	1.53	1.43	1.34	1.26	1.18	1.11	1.04	0.97	0.91	0.86
5.5	5.20	4.88	4.57	4.29	4.02	3.77	3.53	3.31	3.10	2.91	2.73	2.56	2.40	2.25	2.11	1.98	1.85	1.74	1.63	1.53	1.43	1.34	1.26	1.18	1.11	1.04	0.97	0.91	0.86
5.6	5.19	4.87	4.56	4.28	4.01	3.76	3.53	3.31	3.10	2.91	2.72	2.55	2.39	2.25	2.11	1.97	1.85	1.73	1.63	1.53	1.43	1.34	1.26	1.18	1.10	1.04	0.97	0.91	0.85
5.7	5.18	4.86	4.55	4.27	4.00	3.75	3.52	3.30	3.09	2.90	2.72	2.55	2.39	2.24	2.10	1.97	1.85	1.73	1.62	1.52	1.43	1.34	1.25	1.18	1.10	1.03	0.97	0.91	0.85
5.8	5.17	4.84	4.54	4.26	3.99	3.74	3.51	3.29	3.09	2.89	2.71	2.54	2.38	2.24	2.10	1.96	1.84	1.73	1.62	1.52	1.42	1.33	1.25	1.17	1.10	1.03	0.97	0.91	0.85
5.9	5.15	4.83	4.53	4.25	3.98	3.73	3.50	3.28	3.08	2.88	2.70	2.53	2.38	2.23	2.09	1.96	1.84	1.72	1.61	1.51	1.42	1.33	1.25	1.17	1.10	1.03	0.96	0.90	0.85
6	5.13	4.81	4.51	4.23	3.96	3.72	3.48	3.27	3.06	2.87	2.69	2.52	2.37	2.22	2.08	1.95	1.83	1.71	1.61	1.51	1.41	1.32	1.24	1.16	1.09	1.02	0.96	0.90	0.84
6.1	5.10	4.79	4.49	4.21	3.94	3.70	3.47	3.25	3.05	2.86	2.68	2.51	2.35	2.21	2.07	1.94	1.82	1.71	1.60	1.50	1.41	1.32	1.24	1.16	1.09	1.02	0.95	0.90	0.84
6.2	5.07	4.76	4.46	4.18	3.92	3.67	3.44	3.23	3.03	2.84	2.66	2.50	2.34	2.19	2.06	1.93	1.81	1.70	1.59	1.49	1.40	1.31	1.23	1.15	1.08	1.01	0.95	0.89	0.83
6.3	5.03	4.72	4.42	4.15	3.89	3.65	3.42	3.20	3.00	2.82	2.64	2.48	2.32	2.18	2.04	1.91	1.79	1.68	1.58	1.48	1.39	1.30	1.22	1.14	1.07	1.00	0.94	0.88	0.83
6.4	4.98	4.67	4.38	4.11	3.85	3.61	3.38	3.17	2.97	2.79	2.61	2.45	2.30	2.15	2.02	1.89	1.78	1.67	1.56	1.46	1.37	1.29	1.21	1.13	1.06	0.99	0.93	0.87	0.82
6.5	4.92	4.61	4.33	4.06	3.80	3.57	3.34	3.13	2.94	2.75	2.58	2.42	2.27	2.13	2.00	1.87	1.75	1.64	1.54	1.45	1.36	1.27	1.19	1.12	1.05	0.98	0.92	0.86	0.81
6.6	4.85	4.54	4.26	3.99	3.75	3.51	3.29	3.09	2.89	2.71	2.54	2.38	2.24	2.10	1.97	1.84	1.73	1.62	1.52	1.42	1.33	1.25	1.17	1.10	1.03	0.97	0.91	0.85	0.80
6.7	4.76	4.46	4.18	3.92	3.68	3.45	3.23	3.03	2.84	2.66	2.50	2.34	2.19	2.06	1.93	1.81	1.70	1.59	1.49	1.40	1.31	1.23	1.15	1.08	1.01	0.95	0.89	0.83	0.78
6.8	4.65	4.36	4.08	3.83	3.59	3.37	3.16	2.96	2.77	2.60	2.44	2.29	2.14	2.01	1.88	1.77	1.66	1.55	1.46	1.37	1.28	1.20	1.13	1.05	0.99	0.93	0.87	0.82	0.76
6.9	4.52	4.23	3.97	3.72	3.49	3.27	3.07	2.88	2.70	2.53	2.37	2.22	2.08	1.95	1.83	1.72	1.61	1.51	1.42	1.33	1.24	1.17	1.09	1.03	0.96	0.90	0.84	0.79	0.74
7	4.36	4.09	3.84	3.60	3.37	3.16	2.96	2.78	2.60	2.44	2.29	2.15	2.01	1.89	1.77	1.66	1.56	1.46	1.37	1.28	1.20	1.13	1.06	0.99	0.93	0.87	0.82	0.77	0.72
7.1	4.18	3.92	3.68	3.45	3.23	3.03	2.84	2.66	2.50	2.34	2.20	2.06	1.93	1.81	1.70	1.59	1.49	1.40	1.31	1.23	1.15	1.08	1.01	0.95	0.89	0.83	0.78	0.73	0.69
7.2	3.98	3.73	3.50	3.28	3.07	2.88	2.70	2.53	2.38	2.23	2.09	1.96	1.84	1.72	1.61	1.51	1.42	1.33	1.25	1.17	1.10	1.03	0.96	0.90	0.85	0.79	0.74	0.70	0.65
7.3	3.75	3.51	3.29	3.09	2.90	2.72	2.55	2.39	2.24	2.10	1.97	1.84	1.73	1.62	1.52	1.43	1.34	1.25	1.17	1.10	1.03	0.97	0.91	0.85	0.80	0.75	0.70	0.66	0.62

CCC (mg NH3-N/l)																													
pH	Temperatura (°C)																												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
7.4	3.49	3.28	3.07	2.88	2.70	2.53	2.37	2.23	2.09	1.96	1.83	1.72	1.61	1.51	1.42	1.33	1.25	1.17	1.10	1.03	0.96	0.90	0.85	0.79	0.74	0.70	0.65	0.61	0.57
7.5	3.22	3.02	2.83	2.66	2.49	2.33	2.19	2.05	1.92	1.80	1.69	1.59	1.49	1.39	1.31	1.22	1.15	1.08	1.01	0.95	0.89	0.83	0.78	0.73	0.69	0.64	0.60	0.57	0.53
7.6	2.94	2.75	2.58	2.42	2.27	2.13	1.99	1.87	1.75	1.64	1.54	1.44	1.35	1.27	1.19	1.12	1.05	0.98	0.92	0.86	0.81	0.76	0.71	0.67	0.62	0.59	0.55	0.51	0.48
7.7	2.64	2.48	2.32	2.18	2.04	1.91	1.79	1.68	1.58	1.48	1.39	1.30	1.22	1.14	1.07	1.00	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.49	0.46	0.43
7.8	2.35	2.20	2.07	1.94	1.82	1.70	1.60	1.50	1.40	1.32	1.23	1.16	1.08	1.02	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39
7.9	2.07	1.94	1.82	1.70	1.60	1.50	1.40	1.32	1.23	1.16	1.08	1.02	0.95	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34
8	1.80	1.68	1.58	1.48	1.39	1.30	1.22	1.14	1.07	1.01	0.94	0.88	0.83	0.78	0.73	0.68	0.64	0.60	0.56	0.53	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30
8.1	1.55	1.45	1.36	1.28	1.20	1.12	1.05	0.99	0.92	0.87	0.81	0.76	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.45	0.43	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25
8.2	1.32	1.24	1.16	1.09	1.02	0.96	0.90	0.84	0.79	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.54	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22
8.3	1.13	1.05	0.99	0.93	0.87	0.82	0.76	0.72	0.67	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20	0.18
8.4	0.95	0.89	0.84	0.78	0.74	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16
8.5	0.80	0.75	0.71	0.66	0.62	0.58	0.55	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
8.6	0.68	0.64	0.60	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11
8.7	0.57	0.54	0.50	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09
8.8	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08
8.9	0.42	0.39	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
9	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06



El amoníaco en niveles altos genera problemas en organismos acuáticos como resultado de la imposibilidad de excretar completamente el tóxico, generando problemas de acumulación en tejidos internos y la sangre, y potencialmente a la muerte (US EPA, 2013). Por lo anterior, US EPA propone la determinación de valores para preservación de la vida acuática con base en los parámetros de temperatura y pH, debido a que estos influyen en la toxicidad del amoníaco. US EPA propone valores diferenciales para exposición aguda y crónica, siendo la exposición crónica la deseable para el establecimiento de criterios de calidad para el uso preservación de flora y fauna. La exposición crónica para el amoníaco se basa en los efectos reproductivos en invertebrados bentónicos de 16 géneros (US EPA, 2013). La ecuación es la siguiente:

$$CCC = 0.8876 * \left( \frac{0.0278}{(1 + 10^{7.688 - pH})} + \frac{1.1994}{(1 + 10^{pH - 7.688})} \right) * (2.126 * 10^{0.028 * (20 - \text{Max}(T, 7))})$$

Donde

CCC, es sinónimo de exposición crónica, mg NH<sub>3</sub>-N/l

T= Temperatura del agua en grados centígrados

pH= Unidades de pH del agua

En la Tabla 5-9 se observan los valores estimados de CCC para amoníaco.

A continuación, se establecen los criterios que están relacionados a limitaciones específicas de cada uso acuerdo con lo siguiente:

- De acuerdo con ANZECC & ARMICANZ (2000) para el uso pesca y acuicultura se establece un valor de 50 mg/L de nitratos (11.3 mg/L NO<sub>3</sub>-N) y 0.1 mg/L de nitritos (0.03 mg/L NO<sub>2</sub>-N) lo anterior debido a la toxicidad de estos compuestos de nitrógeno.
- De acuerdo con ANZECC & ARMICANZ (2000) para uso pesca, acuicultura y maricultura se establece un criterio de calidad para amoníaco de acuerdo con el pH y temperatura del agua así: 0.02 mg/L para agua fría con pH >8.0; 0.03 mg/g/L para agua cálida. Teniendo en cuenta que el origen de este criterio y que está definido para peces de agua fría, debe tenerse en cuenta la definición de FAO (FAO, 2023) en relación con peces: los peces de agua fría son los que necesitan temperaturas inferiores a 15° C para reproducirse; se desarrollan muy bien a temperaturas inferiores a 18°C y difícilmente sobreviven mucho tiempo a temperaturas superiores a 25°C; los peces de aguas cálidas son los que necesitan temperaturas superiores a 15°C para reproducirse, crecen muy bien a temperaturas que superan los 20°C y pueden sobrevivir a temperaturas muy elevadas, superiores a 30-35°C. Teniendo en cuenta lo anterior, las aguas frías son las de temperaturas menores a 20 grados

centígrados y las aguas cálidas son las de temperaturas mayores o iguales a 20 grados centígrados.

- Para el uso de consumo humano y doméstico los valores de nitratos y nitritos están soportados en valores de referencia por sus efectos en la salud humana y varias fuentes de información. No existe valor de referencia para nitrógeno amoniacal para consumo humano, esto debido principalmente a que el amoniaco que es la especie más toxica se presenta en el agua de consumo humano en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos perjudiciales sobre la salud humana (OMS, 2017).
- Para el uso agrícola se establece que los nitratos son limitantes a partir de los 5 mg/L N (Banco Mundial, 2003) y (WHO, 2006)), valor que se establece como criterio de calidad para el uso agrícola.
- Para el uso pecuario se establece un valor de nitritos de 10 mg/L como nitrógeno, y un valor de 100 mg/L como nitrógeno para la suma de nitratos y nitritos, lo anterior con base en los niveles guía establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (FAO, 2019).

- Fósforo

Para el fósforo se establecieron los siguientes valores:

- Para los usos preservación de flora y fauna y pesca, maricultura y acuicultura se definió un valor de nitrógeno total para el medio acuático de 0.1 mg/L P, valor empleado como objetivo de concentración de fósforo total en cinco países del documento de orientación técnica sobre el indicador 6.3.2 de ODS (PNUMA, 2020). Asimismo, el valor promedio de concentración de fósforo total es de 0.12 mg/L P para los 253 monitoreos (41% de los datos) del ICA 2016 y 2017 que se encuentran en categoría buena y aceptable. Por lo anterior, se establece la coherencia del valor con las condiciones de calidad de los cuerpos de agua del país, y se establece la viabilidad de adoptar dicho valor para evitar se generen condiciones eutróficas en los cuerpos de agua y limiten los mencionados usos.
- Para los usos fines recreativos, consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y uso estético se definió un valor de fósforo total para el medio acuático de 0.4 mg/L P, a partir del valor establecido por OECD/EAP Task Force Secretariat (2011) como objetivos de calidad para estos usos, lo anterior a partir del límite de la Clase III. Lo anterior principalmente con el objetivo de controlar los factores antrópicos que influyen las concentraciones de fósforo en los cuerpos de agua.

#### 5.2.3.2. *Cuerpos Lénticos*

“El fósforo y el nitrógeno son nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de las plantas en los lagos. De estos dos nutrientes, el fósforo se considera con mayor frecuencia como el nutriente que regula la producción de algas en los lagos y es más susceptible de control.” (US EPA, 2000). Lo

anterior, debido a que el nitrógeno puede ser asimilado directamente de la atmósfera por varios tipos de organismos y a menudo no limita el crecimiento de las plantas.

La clorofila a es uno de los principales indicadores empleados a nivel mundial para establecer la capacidad fotosintética de los ecosistemas en lagos, lo anterior debido a que es el principal pigmento fotosintético, tanto algas como macrófitas (US EPA, 2000). Por lo anterior, para cuerpos lénticos se propone incorporar este parámetro en los criterios de calidad para cuerpos lénticos.

En la Tabla 5-10 se resumen valores de fósforo, clorofila a y porcentaje de oxígeno de saturación para diferentes estados tróficos de cuerpos de agua lénticos a partir de varias fuentes bibliográficas. Dichos valores serán empleados en la definición de criterios para cuerpos lénticos.

En la Tabla 5-10 se presentan algunos valores de referencia para el estado trófico de cuerpos lénticos.

**Tabla 5-10 Estado trófico en cuerpos Lénticos.**

Fuente	Autor	Año	Estado Trófico	Fósforo Total	Clorofila a	Oxígeno en el hipolimnion
				mg/L	mg/L	% Saturación de O2
Limnology: Lake and River Ecosystems	Robert G. Wetzel	2001	Oligotrófico	0.005-0.01	-	-
			Mesotrófico	0.01-0.03	-	-
			Eutrófico	0.03-0.1	-	-
Organization for Economic Cooperation and Development: Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control.	Vollenweider and kerekes	1982	Oligotrófico	0.004-0.01	0.0025	-
			Mesotrófico	0.01-0.035	0.0025-0.008	-
			Eutrófico	0.035-0.1	0.008-0.025	-
Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión	Gerard Kiely	1999	Oligotrófico	0.01	0.004	>80
			Mesotrófico	0.01-0.02	0.004-0.01	10-80
			Eutrófico	>0.02	>0.01	<10
Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs	US EPA	2000	Oligotrófico	0.01<	-	-
			Mesotrófico	0.01-0.02	-	-
			Eutrófico	>0.02	-	-
Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition.	UNESCO/WHO/UNEP	1996	Oligotrófico	0.01	0.0025	>80
			Mesotrófico	0.01-0.035	0.0025-0.008	40-79
			Eutrófico	>0.035	0.008-0.025	0-40

- Fósforo y clorofila a

Para fósforo total y clorofila a en cuerpos lénticos se establecen los siguientes valores:

- Para los usos preservación de flora y fauna y pesca, acuicultura y maricultura se establece valor que corresponde al límite entre de la condición mesotrófica y eutrófica cuyo valor de fósforo total es de 0.035 mg/L P. Lo anterior, teniendo en cuenta que los cuerpos de agua lénticos son más susceptibles a la generación de condiciones eutróficas ante la presencia de nutrientes.

- Para los usos fines recreativos, consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y uso estético se definió un valor de fósforo total para el medio acuático de 0.1 mg/L P, valor empleado como objetivo de concentración de fósforo total en dos países del documento de orientación técnica sobre el indicador 6.3.2 de ODS (PNUMA, 2020).
- Para todos los usos se establece valor que corresponde al límite entre de la condición mesotrófica y eutrófica para el parámetro clorofila con valor de 0.008 mg/L (UNESCO-WHO-UNEP, 1996).

- Nitrógeno

Para el contenido de nitrógeno y compuestos de nitrógeno se establecieron los siguientes valores:

- Para los usos preservación de flora y fauna y pesca, maricultura y acuicultura se definió un valor de nitrógeno total para el medio acuático de 0.5 mg/L N, valor opcional de referencia para cuerpos lénticos establecido en los documentos de orientación técnica sobre el indicador 6.3.2 de ODS (PNUMA, 2020), valor que pretende evitar condiciones eutróficas que generan limitaciones sobre dichos usos. Para el amoníaco se emplearán los mismo criterios y ecuaciones presentadas para cuerpos lóticos.
- Para los usos fines recreativos, consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y uso estético se definió un valor de nitrógeno total para el medio acuático de 1.0 mg/L N, valor empleado como objetivo de concentración de nitrógeno total en lagos en dos países del documento de orientación técnica sobre el indicador 6.3.2 de ODS (PNUMA, 2020).
- Para el uso pesca, acuicultura y maricultura se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros amoníaco, nitratos y nitritos.
- Para el uso de consumo humano y doméstico se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros nitratos y nitritos.
- Para el uso agrícola se establece se establece el mismo criterio de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con el parámetro nitratos.
- Para el uso pecuario se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros nitratos y nitritos.

Se pueden presentar condiciones naturales en cuerpos de agua en donde es posible que se excedan los criterios de calidad establecidos para los parámetros de nitrógeno total, fósforo total y clorofila a en condiciones naturales, lo anterior aun cuando desde el punto de vista técnico se justifica la definición de un criterio de calidad para el parámetro. Por esto, las condiciones particulares deben ser evaluadas por la autoridad ambiental con base en la información, conocimiento y mediciones de que esta disponga con el objetivo de ajustar los criterios de calidad para algunos parámetros. Por ejemplo, en cuerpos de aguas donde hay presencia de aves (garzas, pelícanos etc.), pueden generarse aumentos para estos parámetros bajo condiciones naturales en algunos tramos de los cuerpos de aguas, situación que debe ser evaluada de manera particular por la autoridad como se menciona.

#### 5.2.3.3. Aguas subterráneas

- Nitrógeno

Para el contenido de nitrógeno y compuestos de nitrógeno se establecieron los siguientes valores:

- No se establecen valores en relación con el parámetro nitrógeno total o amoníaco para las aguas subterráneas.
- Para el uso pesca, acuicultura y maricultura se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros amoníaco, nitratos y nitritos.
- Para el uso de consumo humano y doméstico se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros nitratos y nitritos.
- Para el uso agrícola se establece el mismo criterio de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con el parámetro nitratos.
- Para el uso pecuario se establecen los mismos criterios de calidad establecido para los cuerpos lóticos en relación con los parámetros nitratos y nitritos.

#### 5.2.3.4. Aguas Marinas

Los nutrientes son indicadores de la calidad del agua marina y de interés cuando se están analizando las aguas estuarinas y costeras, que pueden indicar procesos de eutrofización, que, al no tomarse los correctivos apropiados, pueden desembocar en fenómenos extremos como “floraciones” o “blooms” indeseables, como las mareas rojas.

La Eutrofización se define como el proceso de sobre-enriquecimiento y acumulación de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) en un cuerpo de agua, lo que estimula el crecimiento de las

microalgas, aumenta la biomasa de macroalgas (verdes filamentosas y algas rojas), lo que ocasiona una baja disponibilidad de oxígeno disuelto, afectando la calidad del agua y pérdida de hábitat de la vegetación acuática sumergida y fauna bentónica (USEPA, 1997; Herrera et al., 2011), convirtiéndose en una de las principales amenazas para la salud de los ecosistemas marinos durante más de 30 años (Bachmann et al., 2006, como se citó en INVEMAR, 2019)

En el Decreto 1076 de 2015, solo se plantea al amoníaco entre los compuestos nitrogenados, como criterio de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna. Sin embargo, entre los compuestos de macronutrientes, el grupo investigador CINARA plantea la necesidad de establecer como criterios de calidad del agua con uso en la preservación de ecosistemas acuáticos al nitrito y al fosfato, debido a su importancia en los procesos de eutrofización de los ecosistemas acuáticos, entendiendo que este proceso es cada vez más frecuente en los cuerpos de agua de Colombia (Convenio 163 -2011).

- **Nitrógeno**

Las principales formas de nitrógeno presentes en el agua de mar son nitrato, nitrito, amoníaco, nitrógeno orgánico y partículas nitrógeno (Franson et al. 1980, como se citó en ASEN 2000). A continuación, se presentan las propuestas de valores para algunos de estos compuestos nitrogenados:

#### **Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )**

Son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno. Los nitratos procedentes de aguas residuales o de fertilizantes contaminan el recurso hídrico provocando la eutrofización.

El nitrógeno puede ser un nutriente esencial limitante para el crecimiento de las algas en las aguas costeras, pero es generalmente el nutriente limitante secundario (después del fósforo) en los ambientes carbonatados. Concentraciones elevadas de  $\text{NH}_4^+$  (amonio),  $\text{NO}_2^-$  (dióxido de nitrógeno) y  $\text{NO}_3^-$  (nitratos) pueden, por tanto, promover el desarrollo, mantenimiento y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas, macrófitos), contribuyendo al fenómeno de eutrofización de los ecosistemas acuáticos, el cual puede producir diversos efectos ecológicos y toxicológicos. La presencia de niveles altos de nitrato en algunos cuerpos de agua indica aportes antropogénicos como la contaminación del agua subterránea, ya que el nitrato es el producto final de la estabilización de los desechos (Vivas-Aguas, 2011, como se citó en Vivas y Navarrete, 2014).

De acuerdo a INVEMAR y MINAMBIENTE (2019), se estima que en Colombia el mar recibe cerca del 50% del total de nutrientes generados y no tratados en términos de nitrógeno y fósforo (IDEAM et al, 2016), lo cual está asociado al acelerado proceso de crecimiento poblacional de los últimos 30 años y al desarrollo de sus actividades; condición que se ve reflejada en altas concentraciones de nitrato inorgánico disuelto encontrado en las aguas costeras del país (Figura 5-7), especialmente en los departamentos del Valle del Cauca (bahía de Buenaventura, frente hotel Bocana; frentes de los ríos Dagua, Potodó, San Juan, Cajambre, Raposo y Anchicayá, Pianguita, Juanchaco, playa la Plata), Antioquia (desembocadura de los ríos León, Atrato y Volcán Arboletes, las playas Totumo, Arboletes

y Necoclí), Bolívar (bahía de Cartagena - frente al antiguo emisario Acuacar, Ácalis, Corelca) y Atlántico (Ciénaga Mallorquín), que presentan recurrentemente los mayores valores especialmente en ciénagas y frentes de los ríos debido a la influencia de aportes de las cuencas tributarias y a zonas cercanas de descargas de aguas residuales domésticas; superando el criterio de calidad de agua marina ( $60 \mu\text{g/L}$ ) para nitratos de la Asociación de Naciones del Sureste Asiático - ASEAN (por sus siglas en inglés) para preservación de la vida acuática (ASEAN, 2008).

Por su parte, de acuerdo con la síntesis histórica (2001-2022) del ICAMPFF a escala nacional realizada por el INVEMAR (2023), se observó que los nutrientes evaluados muestran valores **promedios de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) superiores a  $40 \mu\text{g/L}$**  en el Caribe colombiano (Figura 5-8 C). En tanto que, en el Pacífico, el valor promedio de nitratos fue de  **$750 \mu\text{g/L}$**  aproximadamente. Según la NOAA (1994) la concentración de nitratos en el agua superficial para el Pacífico Ecuatorial puede llegar hasta  **$22 \mu\text{g NO}_3^-/\text{L}$** , valor que es sobrepasado en las estaciones del departamento del Cauca para el periodo evaluado (2010-2019), indicando que estas aguas están contaminadas con este nutriente.

En cuanto a la escala de calidad para  $\text{NO}_3^-$  que usa el ICAM, se encuentra lo siguiente:

**Tabla 5-11 Escala de calidad de Nitratos  $\text{NO}_3^-$  en ICAM**

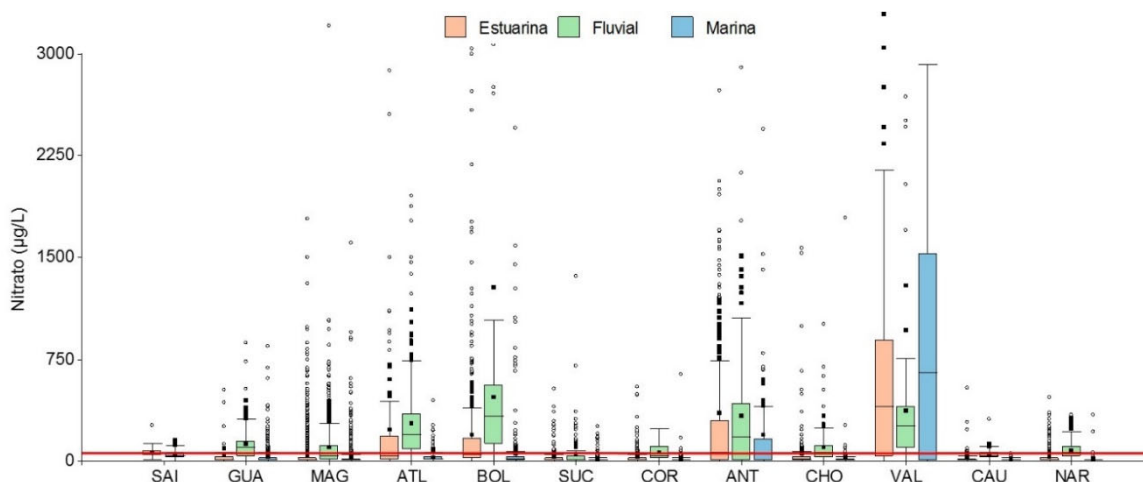
Escala de calidad	Valor ( $\mu\text{g/L}$ )
Óptima	1,5-15
Adecuada	15-25
Aceptable	25-35
Inadecuada	35-70
Pésima	>70

Fuente: INVEMAR 2023 a

Teniendo en cuenta esta problemática, se destaca la necesidad inminente de implementar estrategias para asegurar la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos y por ello se establece como criterio de calidad en aguas marinas con uso para la preservación de preservación de flora y fauna, el valor de  **$35 \mu\text{g/L}$**  como límite máximo para nitratos. Este criterio se establece de acuerdo con el valor de la escala de Nitratos establecida por INVEMAR (2023 a).

En cuanto al uso de pesca, maricultura y acuicultura se establece un valor de  **$50 \text{ mg/L}$  de nitratos** (que equivale a  $11.3 \text{ mg/L NO}_3^-/\text{N}$ ), de acuerdo con la referencia de ANZECC & ARMCANZ (2000) para el uso pesca y acuicultura lo anterior debido a la toxicidad de estos compuestos de nitrógeno.

Para el uso de Fines recreativos mediante contacto primario se establece el valor de  **$60 \mu\text{g/L}$**  como límite máximo para la variable nitratos a partir de lo previsto por ASEAN (2008).



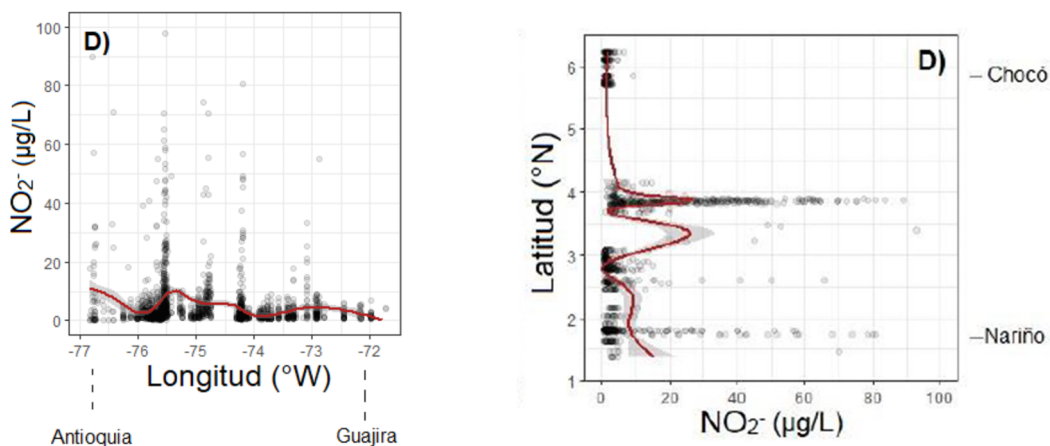
**Figura 5-7 Concentraciones de nitrato medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM en los municipios costeros. La línea sólida color rojo corresponde al criterio de calidad de agua marina de la ASEAN (60 µg/L) para preservación de la vida acuática. Fuente: INVEMAR Y MINAMBIENTE, 2019**

### **Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )**

Según INVEMAR (2019) los resultados del monitoreo de la REDCAM en el periodo 2001 a 2019, mostraron que las concentraciones de nitritos oscilaron entre 1,2 y 3710 µg/L, presentando los mayores valores los departamentos de Magdalena (3711 µg/L; 2017 -Emisario 9, Muelle 7, Playas Bahía Concha, Bahía de Santa Marta, Los Cocos, Costa Verde, río Piedras y Manzanares, Ciénaga El Torno), Atlántico (2409 µg/L; 2017-Ciénaga de Mallorquín y Arroyo León), Antioquia (2320 µg/L; 2017- Desembocadura ríos Arboletes, Guadualito, Currulao, Damaquiel y Hobo) y Valle del Cauca (1710 µg/L; 2018- Bahía de Buenaventura) superando el criterio de calidad de agua marina (55 µg/L) para nitritos de la ASEAN para preservación de la vida acuática (ASEAN, 2008; INVEMAR, 2019). El origen de estos nutrientes proviene principalmente de vertimientos de aguas domésticas de los asentamientos que vierten sus residuos en el litoral o en los ríos tributarios, y por el escurrimiento de residuos de fertilizantes y agroquímicos en áreas con actividades agropecuarias en las cuencas y zonas costeras que presentan un elevado desarrollo agrícola (Garay y Veléz, 2004).

Por su parte, INVEMAR (2023), menciona que los nutrientes inorgánicos disueltos como los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), mostraron tendencias de aumento en aguas costeras de la zona central del pacífico colombiano, entre latitudes 3,0°N y 4,5°N, correspondiente al departamento del Valle del Cauca. En esta zona las concentraciones de nitritos alcanzaron un valor promedio de **25 µg/L** (Figura 5-8). En la misma figura se puede evidenciar que para el Caribe, los valores promedios de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) no fueron superiores a **20 µg/L**.





**Figura 5-8. Comportamiento de la concentración de nutrientes en el agua superficial del Caribe y Pacífico colombiano, en las estaciones REDCAM muestreadas entre los años 2010 y 2019. La línea color rojo representa la tendencia histórica estimada con GAM.**

**Fuente: INVEMAR, 2023**

Teniendo en cuenta lo anterior, y con el objeto de para evitar se generen condiciones de eutrofización en aguas marinas, para el uso para la preservación de fauna y flora de los ecosistemas acuáticos, el criterio de calidad sugerido para nitritos es de **25 µg/L de NO<sub>2</sub>** como límite máximo. Lo cual es concordante con la estimación histórica de la variable en el país y que en todo caso no supera el criterio de calidad de agua marina (55 µg/L) para nitritos de la ASEAN (2008) para preservación de la vida acuática.

Para el uso de pesca, maricultura y acuicultura se establece el mismo valor de **0,10 mg/L de NO<sub>2</sub>** (0.03 mg/L NO<sub>2</sub>-N), como límite máximo **para la variable nitritos** a partir de lo previsto por PHILMINAQ, 2006 y de acuerdo con la referencia de ANZECC & ARMCANZ (2000) debido a la toxicidad de estos compuestos de nitrógeno.

Para los demás usos no se establece un valor como criterio de calidad para esta variable.

### **Nitritos+nitratos**

La mezcla de iones nitritos con iones nitratos disueltos en agua de mar. Cabe aclarar que no es una nueva variable analíticamente hablando, esta variable se encuentra referenciada en la tabla 1060:1 del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater y en diferentes publicaciones científicas de oceanografía cuando se refieren a resultados de nitratos se refieren a la mezcla de nitritos + nitratos.

En aguas marinas por su alto contenido de cloruros y otros iones interferentes para los métodos convencionalmente usados en aguas continentales, se usa el método de referencia que contempla la reducción de nitratos a nitritos en columna de cadmio y posterior lectura de nitritos obtenidos por la reducción de los nitratos y los nitritos propios de la muestra por espectrofotometría. Esto conlleva a que si se requiere hacer el análisis de nitratos en aguas marinas es necesaria la medición de nitritos para que por diferencia se obtenga el valor de nitratos. Sin embargo, el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* en su tabla 1060:1 indica que el máximo tiempo de almacenamiento recomendado para nitritos es “none”, esto nos indica que su medición debe ser inmediata y por información regulatoria obtenida de U.S. EPA, 1992 la tabla presenta un tiempo máximo de 48 horas. Cumplir con estos tiempos en cruceros oceanográficos no es factible por temas logísticos y de costos, por este motivo en INVEMAR se solicita la inclusión de nitritos + nitratos para tener valores confiables y comparables.

De acuerdo con la consulta a INVEMAR (2025), el valor de la variable Nitritos+nitratos que se establece como criterio de calidad será la suma de dos variables y sus unidades son expresadas como composición elemental N, por lo tanto, los valores de referencia son los que se tengan establecidos para nitratos y nitritos. En ese sentido, para el uso de preservación de preservación de flora y fauna el valor será de **15 [µg/l] N**.

Para los demás usos no se establece un valor como criterio de calidad para esta variable.

### ***Nitrógeno amoniacal***

En el Decreto 1076 de 2015, solo se plantea al amoniacal entre los compuestos nitrogenados, como criterio de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna, con valor de 0.1 de la concentración letal para el 50% de los individuos, pasadas 96 horas. Teniendo en cuenta el consenso del grupo investigador CINARA (Convenio 163 -2011), aunque el amoniacal es muy tóxico, es incorporado directamente a la vegetación acuática; además al entrar en el agua se asocia con los hidrogeniones (H<sup>+</sup>), formando amonio (ATSDR, 2002), esto conlleva a que las mediciones pueden verse afectadas por factores en escalas de tiempo muy cortas.

Sin embargo, teniendo en cuenta el taller con IDEAM-INVEMAR (28 de agosto de 2024), se considerará como nueva variable el Nitrógeno amoniacal, puesto que: “A fin de evaluar las distintas formas de nitrógeno en las matrices acuosas se hace necesario revisar no solamente las formas oxidadas tales como nitrato o nitrito, sino también las especies reducidas, esto es: amonio y amoniacal. Ahora bien, debido a la disponibilidad de metodologías de referencia para estas últimas, se propone la inclusión de la variable amoniacal como nitrógeno amoniacal...” (Rad. IDEAM: 20249910098224)

El valor de Nitrógeno amoniacal total que se establece como criterio de calidad en aguas marinas para los usos de preservación de preservación de flora y fauna, pesca, acuicultura y maricultura y fines recreativos mediante contacto primario es de **0,4 mg/L N** como límite máximo. Este criterio se establece de acuerdo con lo encontrado en la referencia internacional de CONAMA- Brasil (2005).

### Amoniaco Total

Para el uso de preservación de preservación de flora y fauna en aguas marinas, se propone el valor **910 µg/L de amoníaco-N** total calculado a pH 8.0 (ANZECC & ARMCANZ, vol 2. 2000), el cual corresponde con una distribución estadística del 95% de protección. La cifra del 95% se considera suficientemente protectora de la mayoría de las perturbaciones leves-moderadas del sistema. Este criterio se establece de acuerdo con lo encontrado en la referencia internacional ANZECC & ARMCANZ (vol 2. 2000).

En la siguiente imagen se indica cómo cambia la cifra orientativa a diferentes valores de pH (Tabla 5-12).

**Tabla 5-12 Valores de Amoniaco Total en aguas marinas a diferentes pH.**

pH	Freshwater Trigger value (µg/L as total ammonia-N)	Marine Trigger value (µg/L as total ammonia-N)
6.0	2570	5960
6.1	2555	5870
6.2	2540	5780
6.3	2520	5630
6.4	2490	5470
6.5	2460	5290
6.6	2430	5070
6.7	2380	4830
6.8	2330	4550
6.9	2280	4240
7.0	2180	3910
7.1	2090	3580
7.2	1990	3200
7.3	1880	2840
7.4	1750	2490
7.5	1610	2150
7.6	1470	1850
7.7	1320	1560
7.8	1180	1320
7.9	1030	1100
8.0	900	910
8.1	780	750
8.2	680	620
8.3	580	510
8.4	480	420
8.5	400	350
8.6	340	290
8.7	290	240
8.8	240	200
8.9	210	170
9.0	180	140

**Fuente: Adaptación de ANZECC & ARMCANZ, 2000 (volumen 2)**

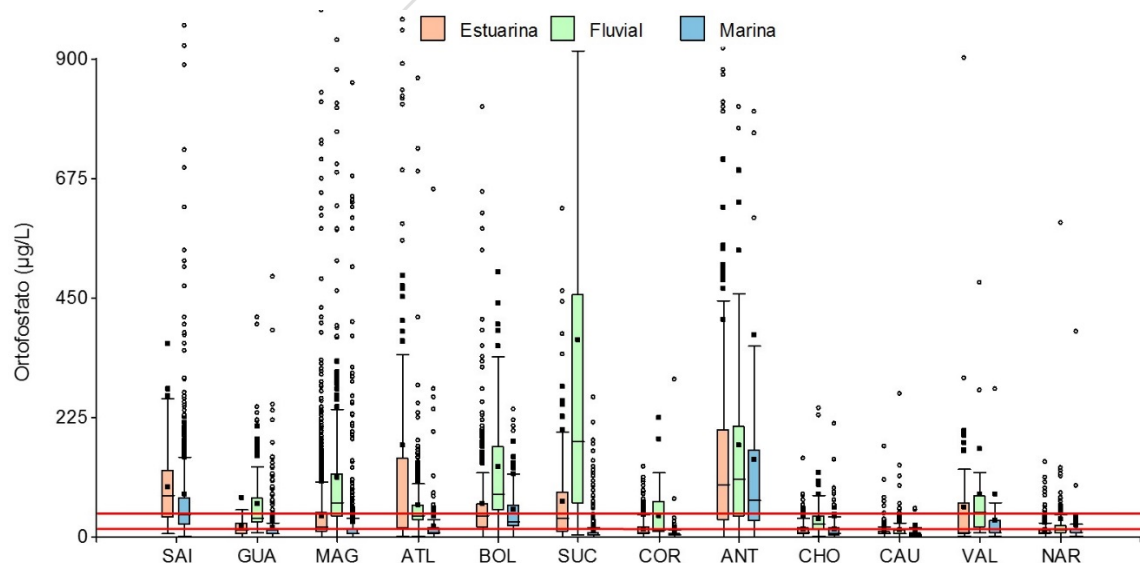
- **Fósforo**

Para el fósforo se establecieron los siguientes valores:

### Ortofosfatos

En el caso del fósforo, el promedio de las aguas estuarinas presenta un contenido de 56  $\mu\text{g/L}$  de  $\text{PO}_4$ , mientras que las marino-costeras es de 28  $\mu\text{g/L}$  de  $\text{PO}_4$  (Base de Datos REDCAM, 2006). En las aguas oceánicas superficiales los contenidos del fósforo son mucho menores (Benites-Nelson, 2000, como se citó en INVEMAR, 2006).

Sin embargo, los valores de ortofosfatos entre 2001 y 2018 oscilaron entre 3,02 y 26.900  $\mu\text{g/L}$ , concentraciones que pueden aumentar en épocas de lluvia por las escorrentías que arrastran el fósforo de los suelos agrícolas de las cuencas a los ríos, ciénagas o llegan al mar, o también por vertimientos directos de aguas residuales domésticas a los cuerpos de agua. En varios sitios se han encontrado concentraciones que superan los valores de referencia de calidad para preservación de la vida acuática en aguas costeras (15  $\mu\text{g/L}$ ) y aguas estuarinas (55  $\mu\text{g/L}$ ) de la ASEAN (2008; Figura 5-9; INVEMAR, 2019), particularmente en los departamentos de Antioquia (rango 60-4650  $\mu\text{g/L}$ ; desembocadura de los ríos Arboletes, Necoclí, Currulao, Turbo, León, Caimán y Damaquiel); Magdalena (rango 56,4-1811  $\mu\text{g/L}$ ; Muelle Cabotaje, Puente Calle 22, Playa Municipal, desembocadura del río Manzanares, Ciénaga El Torno, Ciénaga el Sevillano); Sucre (58,8-619,4  $\mu\text{g/L}$ ; Caño Alegría, playa verrugas, frente a Caño Francés, Caño Alegría, Ciénaga La Caimanera, playa Tolú); Nariño (388  $\mu\text{g/L}$ , Arco El Morro), Atlántico (56,8-2399  $\mu\text{g/L}$ , desembocadura Arroyo León, La Playa centro Ciénaga Mallorquín, Rincón Hondo-Ciénaga Puerto Caimán y Playa Punta Astillero); Bolívar (56,8-1400  $\mu\text{g/L}$ ; playas de Bocagrande y Manzanillo, bahía de Cartagena - boya Verde, boya roja Astillero Naval, Ciénaga Honda, playas de Manzanillo y ciénaga Las Quintas, Punta Canoas-Emisario); Chocó (55,6-57,7  $\mu\text{g/L}$ , frente río Nuquí y playa Tribugá) y en el Valle del Cauca (65-902  $\mu\text{g/L}$ ; Boca río Dagua, playa la Plata, bahía de Buenaventura, desembocadura del río Potedó; (INVEMAR, 2019).



**Figura 5-9 Concentraciones de ortofosfatos medidas en el agua superficial de las estaciones REDCAM en los municipios costeros entre 2001 y 2018. La línea sólida color rojo corresponde al criterio de calidad de agua marina de la ASEAN (15 µg/L costeras y 55 µg/L estuarinas) para preservación de la vida acuática. Fuente: INVEMAR, 2019 (PNMRHCM).**

Por su parte, de acuerdo con la síntesis histórica (2001-2022) del ICAMPFF a escala nacional realizada por el INVEMAR (2023), se observó que el promedio de concentraciones de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) alcanzó los 200 µg/L.

Ante este panorama se destaca la necesidad inminente de implementar estrategias para asegurar la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos, y por ello se propone como criterio de calidad de agua marina para ortofosfatos los valores de ASEAN (2008) correspondientes a **15 µg/L para aguas costeras y 45 µg/L para aguas estuarinas**, con el fin de preservar la vida acuática.

Por su parte, con base en las diferentes fuentes de información se establecieron los siguientes valores para los otros usos, para la variable ortofosfatos, así:

Para el uso pesca, acuicultura y maricultura se establece como criterio de calidad el valor de <50µg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  como límite máximo a partir de lo establecido por ANZEC & ARMCANZ, 2000.

Para el uso de Fines recreativos mediante contacto primario se establece el valor de 15µg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  como límite máximo a partir de lo propuesto por ASEAN, 2008.

#### *5.2.3.5. Resumen de Nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo*

En la Tabla 5 8 y Tabla 5 9 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para los nutrientes en aguas continentales y marinas.

Tabla 5-13 Resumen de nutrientes y compuestos con nitrógeno y fósforo– Aguas Continentales

Parámetro	Nitrógeno												Fósforo					Clorofila a	
	Nitrógeno total					Nitratos		Nitritos		Amoniac total			Fósforo total						
Unidad de medida	[mg/L N]					[mg/L N]		[mg/L N]		[mg NH3-N/l]			[mg/L P]					[mg/L clorofila a]	
Uso/ Fuente	Cuerpos lénticos	Fuente	Cuerpos Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Aguas continentales	Fuente	Aguas continentales	Fuente	Cuerpos lénticos y Cuerpos Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Cuerpos lénticos	Fuente	Cuerpo Lóticos	Fuente	Aguas subterráneas	Cuerpos lénticos	Fuente
Preservación de flora y fauna	0,5	46	1,0	7, 46	(C)	-	-	-	-	CCC para amoniaco (expresado como nitrógeno) es función de la temperatura y el pH	32	(C)	0,035	20	0,1	46, 62	(C)	0,008	20
Pesca, Maricultura y Acuicultura	0,5	46	1,0	7, 46	(C)	11,3	51	0,03	51	0.02 (pH >8.0, agua fría) (A) 0.03 (agua cálida) (B)	51	(C)	0,035	20	0,1	46, 62	(C)	0,008	20
Fines recreativos	1	46	4,0	62	(C)	-	-	-	-	-	-	-	0,1	46	0,4	62	(C)	0,008	20
Consumo humano y doméstico	1	46	4,0	62	-	10	2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 19, 27	1	3, 5, 19, 27	-	27	-	0,1	46	0,4	62	-	0,008	20
Uso agrícola	1	46	4,0	62	-	5	13, 15	-	-	-	-	-	0,1	46	0,4	62	-	0,008	20
Uso pecuario	1	46	4,0	62	-	100 (Suma de nitratos + nitritos)	30, 34, 44	10	30, 34, 44	-	-	-	0,1	46	0,4	62	-	0,008	20
Navegación y transporte acuático Uso estético	1	46	4,0	62	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	46	0,4	62	-	0,008	20
Nota: (-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica. (A) Aguas frías: Aguas cuya temperatura es menor a 20 grados centígrados. (B) Aguas cálida: Aguas cuya temperatura es mayor o igual a 20 grados centígrados. (C) Cuando las aguas subterráneas sean empleadas para el uso preservación de flora y fauna, se emplearán los valores presentados para cuerpos de agua lóticos y lénticos para definir los criterios de calidad para las aguas subterráneas. Lo anterior, de acuerdo con las condiciones de movimiento del agua durante su uso. CCC, es la concentración continua para una exposición promedio de 4 días que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición crónica. Fuente= Fuente Bibliográfica o de información.  La autoridad ambiental podrá ajustar los valores definidos para los criterios de calidad en la presente resolución en los parámetros de nitrógeno total, fósforo total y clorofila a cuando se presenten concentraciones por encima del criterio de calidad en el cuerpo de agua que sean el resultado de factores intrínsecos (naturales).																			

Tabla 5-14 Resumen de nutrientes – Aguas Marinas

Nutrientes Aplicable a: Cuerpos de aguas marino- costero y estuarino				
Uso	Referencia	Valor máximo	Unidad	(Tabla 5-1) /ID
Preservación de flora y fauna	Nitratos	35	[µg/l de NO3]	86
	Nitritos	25	[µg//L de NO2]	87
	Nitritos+Nitratos (A)	15	[µg/l] N	Cálculo (Nitritos +Nitratos)
	Amoniaco Total	910*	[µg -N/L]	51, 76
	Nitrógeno Amoniacal	0,4	[mg/L N]	3
	Fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos)	15 costero 45 estuarino	[µg/L PO4 <sup>3-</sup> ]	38, 77 38, 77, 51
Pesca, Maricultura y Acuicultura	Nitratos	50	[mg/L de NO3]	77
	Nitritos	0,1	[mg/L de NO2]	77
	Nitrógeno amoniacal	0,4	[mg/L N]	3
	Fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos)	<50	[µg/L PO4 <sup>3-</sup> ]	51
Fines recreativos mediante contacto primario	Nitratos	60	[µg/l de NO3]	38
	Amoniaco	70	[µg NH3-N/l]	38
	Fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos)	15	[µg/L PO4 <sup>3-</sup> ]	38
Fines recreativos mediante contacto secundario	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Consumo humano y doméstico	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Uso agrícola	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Uso pecuario	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Navegación y transporte acuático	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Uso estético	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			
Nota: * Valor de amoniaco total a un pH 8. Para otros pH tener en cuenta los valores propuestos en la Tabla 5-9				
(A): Se usará la variable “Nitritos+Nitratos”, teniendo en cuenta que, en el momento de no poder determinar en el laboratorio Nitritos, dentro del tiempo de preservación establecido por el método de referencia, es necesario evaluar el Nitrógeno como nitratos +nitritos. debido a que en aguas marinas el análisis de nitratos se determina a partir de la reducción de Nitratos a Nitritos.				

#### 5.2.4. Microbiológicos

##### 5.2.4.1. Aguas Continentales

Antes de analizar los criterios microbiológicos para los diversos usos, es preciso establecer que existen diversos métodos para cuantificar el número de microorganismos presentes en muestras líquidas, dentro de las técnicas más comunes se encuentran los procedimientos basados en diluciones en serie, haciendo crecer microorganismos en medios de cultivo sintéticos, siendo en Colombia los métodos más empleados el recuento en placa de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) o la estimación por el método del Número Más Probable (NMP).

El recuento en placa de Unidades Formadoras de Colonias (UFC), consiste en contar las colonias que se desarrollan en cierto tiempo en un medio de cultivo a partir de un microorganismo o un grupo de ellos. No obstante, este método asume que cada colonia proviene de un único microorganismo de la muestra.

El método del Número Más Probable (NMP) se basa en la determinación de presencia o ausencia de microorganismos en réplicas de diluciones. El resultado final del NMP se determina a partir de tablas normales, es decir, en métodos estadísticos, lo anterior dado que la evaluación cuantitativa de microorganismos individuales no es factible. En el análisis de aguas potables y no potables, el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater sugiere la estimación de la densidad de Coliformes y E. Coli (u otro microorganismo de interés) por la técnica del Número Más Probable (NMP), ya que provee estimativos estadísticamente válidos y más precisos.

De acuerdo con Blodgett (2020) el método NMP es particularmente útil para concentraciones bajas de organismos en agua y juzgarse como una estimación de unidades formadoras de colonias (UFC) en lugar de bacterias individuales. Es por lo anterior, que organismos reguladores como la FDA de Estados Unidos establece que los resultados obtenidos por estas dos técnicas de análisis son comparables (Blodgett, 2020).

Dada su precisión, para los criterios microbiológicos se propone la estimación por el método del Número Más Probable (NMP).

- Preservación de flora y fauna

El contenido de patógenos en cuerpos de agua se encuentra asociado tanto a factores intrínsecos (naturales) como a factores extrínsecos (antrópicos), por lo anterior la definición de un criterio de calidad microbiológico para este uso se realiza para controlar exclusivamente los factores antrópicos y no aplica cuando obedezca a condiciones naturales del cuerpo de agua. Teniendo en cuenta la anterior, se establece un criterio de 5000 coliformes totales /100 ml y 2000 coliformes fecales/100 ml con base en lo que establece OECD/EAP Task Force Secretariat (2011) como destinación a funcionamiento de ecosistemas. Los valores serán evaluados a partir de la determinación de la media geométrica de un conjunto de datos.

- Pesca, maricultura y acuicultura

Según FAO (2023) que trata sobre la calidad del agua en la agricultura (incluida la acuicultura) y los riesgos asociados y su mitigación, son de especial atención los riesgos asociados a patógenos, especialmente trematodos y esquistosomas que son endémicos en ciertos países. Los primeros se transmiten por el consumo de carne poco cocida o cruda y los segundos por se transmiten a través del contacto con el agua y la piel donde se encuentran los caracoles huéspedes presentes en el agua de estanques acuícolas. Además, aunque las concentraciones de bacterias son altas en el intestino del pescado rara vez están presentes en la carne y su presencia se asocia con contaminación cruzada



asociada con el procesamiento para el consumo del producto. Es por lo anterior, que el contenido bacteriológico para la actividad se encuentra normalmente regulada con respecto al peso (gramo) del producto procesado y basados en el Codex Alimentarius. Se aclara que lo anterior no es parte del objeto de la presente norma.

La guía WHO (2006) en su volumen III para el uso de aguas residuales y excreta en la acuicultura se establecen objetivos de calidad basados en salud para la calidad del agua de estanques para peces de 10.000 E. coli/100 ml para proteger la salud de consumidores y de 1000 E. coli/100 ml para proteger la salud de trabajadores y comunidades locales, valores que se evalúan a partir de la determinación del promedio de un conjunto de datos. Es importante mencionar que en el régimen transitorio vigente no se establecen criterios de calidad en relación con parámetros microbiológicos para uso pesca, maricultura y acuicultura.

En la Tabla 5-15 se presentan algunos valores de referencia generados por USESPA (1986). Lo anterior, teniendo en cuenta que los mariscos tienden a acumular patógenos en sus tractos gastrointestinales, glándulas digestivas y otros tejidos.

**Tabla 5-15 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para producción de mariscos**

Valor para coliformes fecales o termotolerantes (NMP/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
14	La mediana no debe exceder los 14 NMP/100 mL, con no más del 10% de las muestras que excedan los 43 NMP/100 mL	US EPA, 1986	Quality criteria for water.
14	La mediana no debe exceder los 14 NMP/100 mL, con no más del 10% de las muestras que excedan los 43 NMP/100 mL	ANZECC & ARMCANZ (2000)	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality

Con base en lo anterior, se establece un criterio de calidad de 1000 E. coli/100 ml para la pesca y acuicultura y 14 coliformes fecales/100 ml para maricultura, valores que serán evaluados a partir de la media geométrica de un conjunto de datos.

- Uso recreativo

De acuerdo con Salas (2000) se establece que un;

“Un criterio de calidad de agua para uso recreativo, se define como una relación cuantificable de exposición-efecto basada en evidencias científicas entre el nivel de algún indicador de la calidad del agua en cuestión y los riesgos potenciales para la salud asociados con el uso del agua con fines recreativos.”(p. 1).

Salas (2000) afirma que en 1986 la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de los Estados Unidos estableció los enterococos como indicadores de contaminación para uso recreativo, lo anterior dada la correlación entre concentraciones de enterococos y trastornos digestivos. Reemplazando como indicador a los coliformes totales y coliformes fecales que se habían usado hasta el momento.

En relación con los criterios microbiológicos para los usos recreativos vigentes en el régimen transitorio desde el año 1984, es preciso mencionar que se basan en los parámetros coliformes totales y coliformes fecales desconocen los criterios de riesgo empleados para definir los siguientes valores:

- Fines recreativos mediante contacto primario: 200 microorganismos/100 ml para coliformes fecales y 1000 microorganismos/100 ml para coliformes totales.
- Fines recreativos mediante contacto secundario: 1000 microorganismos/100 ml para coliformes totales.

De acuerdo con la Guía OMS sobre la calidad del agua para usos recreativos (WHO, 2021), que es aplicable a actividades que involucren contacto con el agua y actividades cercanas al cuerpo de agua, se recomienda establecer objetivos nacionales basados en la salud para el uso recreativo de cuerpos de agua, asimismo se sugiere expresar los objetivos en relación con estándares de calidad microbiana de agua para fuentes de contaminación fecal con base en los valores de referencia para la calidad microbiana de las aguas recreativas establecidos en la guía que se presentan en la Tabla 5-16. Según WHO (2021) los valores de referencia proporcionan un nivel de protección conservador en agua dulce, debido a que las enfermedades gastrointestinales tienen mayor frecuencia en el agua de mar respecto al agua dulce para un mismo valor de referencia y organismo indicador fecal. El establecimiento de criterios microbiológicos para los usos recreativos estaba definido con base en el parámetro enterococos, dada la mejor correlación entre concentraciones de enterococos y las enfermedades gastrointestinales. Por lo anterior, no se definen criterios de calidad para los coliformes totales y coliformes fecales en aguas continentales como se establece en el régimen transitorio vigente, por cuanto hoy en día con base en nueva evidencia científica los enterococos son un mejor indicador microbiológico para el uso recreativo.

A pesar de lo anterior, WHO (2021) recomienda que el límite superior del valor percentil 95 de la Categoría B sea empleado para la asignación del valor de referencia, es decir, 200 enterococos/100 ml en donde el riesgo de enfermedad gastrointestinal es del 5% y el riesgo de enfermedad respiratoria febril aguda es del 1.9%. Asimismo, el documento establece que en caso de considerarse necesaria la adaptación del valor guía a estándares nacionales esto debe realizarse basado en estudios epidemiológicos locales de alta calidad. Por lo anterior, para el uso fines recreativos mediante contacto primario y fines recreativos mediante contacto secundario se establece un valor de 200 enterococos/100 ml. Lo anterior, teniendo en cuenta que la guía establece que los valores pueden ser empleados para definir objetivos de calidad del agua.

**Tabla 5-16 valores de referencia para la calidad microbiana de las aguas de aguas costeras y dulces para uso recreativo**

Enterococos intestinales (Con arreglo a la evaluación del percentil 95 por 100 ml)	Fundamento de derivación	Riesgo estimado por exposición		
		Descripción	Riesgo de enfermedad gastrointestinal	Riesgo de AFRI
<p>≤40</p> <p>A</p>	<p>Este rango está por debajo del NOAEL en la mayoría de los estudios epidemiológicos.</p> <p>Bajo riesgo o baja probabilidad de efectos adversos.</p>	<p>El valor del percentil 95 superior se relaciona con una probabilidad promedio de menos de 1 caso de gastroenteritis en cada 100 exposiciones.</p> <p>La tasa de enfermedad por AFRI sería insignificante.</p>	<1%.	<0,3%.
<p>41-200</p> <p>B</p>	<p>El valor de 200/100 ml está por encima del umbral de transmisión de enfermedades informado en la mayoría de los estudios epidemiológicos que han intentado definir un NOAEL o LOAEL para enfermedades gastrointestinales y AFRI.</p>	<p>El valor del percentil 95 superior se relaciona con una probabilidad promedio de 1 caso de gastroenteritis en cada 20 exposiciones.</p> <p>La tasa de enfermedad por AFRI en el valor superior sería menos de 19 por 1000 exposiciones, es decir, menos de 1 en 50 exposiciones.</p>	1-5%.	0,3-1,9%.
<p>201-500</p> <p>C</p>	<p>Este rango representa una elevación sustancial en la probabilidad efectos adversos todos los resultados de salud para los cuales se dispone de datos de dosis-respuesta.</p>	<p>Este rango de percentil 95 se relaciona con una probabilidad promedio 1 caso de gastroenteritis en cada 20 exposiciones hasta de 1 caso de gastroenteritis en cada 10 exposiciones.</p> <p>Las exposiciones en esta categoría sugieren un riesgo de AFRI de 19 a 39 por 1000 exposiciones, o aproximadamente de 1 en 50 a 1 en 25 exposiciones.</p>	5-10%	1,9-3,9%.
<p>&gt; 500</p> <p>D</p>	<p>Por encima de este valor, puede haber un riesgo significativo de altos niveles de transmisión de enfermedades menores.</p>	<p>Existe una probabilidad superior al 10 % de sufrir gastroenteritis por cada exposición única.</p> <p>La tasa de enfermedad AFRI para valores de percentil 95 mayores de 500/100 ml es mayor de 39 por 1000 exposiciones, o mayor a 1 en 25 exposiciones.</p>	>10%	>3,9%.
<p>A-D: categorías de evaluación de la calidad microbiana del agua.  AFRI: enfermedad respiratoria febril aguda por sus siglas en inglés.;  GI: gastrointestinal;  LOAEL: nivel más bajo de efectos adversos observados, por sus siglas en inglés.  NOAEL: nivel sin efectos adversos observados, por sus siglas en inglés.</p>				

Fuente: Adaptada de WHO (2021)

- Consumo humano y doméstico

Como en el presente documento existen múltiples factores intrínsecos y extrínsecos que influencia la calidad microbiológica del agua continental. Por lo anterior, en general, las aguas crudas sin tratamiento no aptas para consumo humano por los riesgos asociados en salud.

Es por lo anterior, que el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano (Decreto 1575 de 2007, o el que lo modifique o sustituya) establece en su artículo 2 entre otras las siguientes definiciones

“(…)

**Agua cruda:** Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

(…)

**Agua potable o agua para consumo humano:** Es aquella que por **cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten**, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

“(…)” (Negrita fuera de texto)

De acuerdo con lo anterior, el agua potable o agua apta para consumo humano debe cumplir los valores microbiológicos del artículo 10 de la Resolución 2115 de 2007 que se presentan en la Tabla 5-17 y que establecen valores para *Escherichia coli* y Coliformes Totales de acuerdo con la técnica utilizada de “ausente”, 0 o < 1 en 100 cm<sup>3</sup>. La inspección, control y vigilancia de la calidad microbiológica del agua para consumo humano es responsabilidad de las direcciones territoriales de salud, bajo responsabilidad del sector salud.

**Tabla 5-17 características microbiológicas del agua para consumo humano – artículo 10 de la Resolución 2115 de 2007**

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	<i>Escherichia coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

En línea con lo anterior, se analizan inicialmente los criterios microbiológicos para uso consumo humano y doméstico vigentes en el régimen transitorio desde el año 1984, son los siguientes:

- Consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere tratamiento convencional: 20.000 coliformes totales/100 ml: 5.000 coliformes fecales/100 ml.

- Consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere sólo desinfección: 100 coliformes totales/100 ml.

Con base en lo anterior, es preciso establecer que con la escisión del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las competencias relacionadas con el agua potable y saneamiento básico hacen parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- La misionalidad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible está relacionada con la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables. Teniendo en cuenta que el objeto de la presente norma es definir los criterios de calidad para los usos del agua (artículo 2.2.3.3.2.1. Usos del agua del decreto 1076 de 2015), para el uso consumo humano y doméstico el alcance es controlar los factores antrópicos que influyen la calidad microbiológica del agua para consumo humano en aguas continentales, es decir, en el agua cruda.

En la Tabla 5-20 se presentan algunos valores de referencia empleados en diferentes estándares de calidad de agua en aguas superficiales destinadas al uso de agua para consumo humano.

**Tabla 5-18 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso consumo humano y doméstico**

Valor para coliformes totales (NMP/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
50	Máximo aceptable, para aguas Categoría A1, Tratamiento físico y desinfección.	CCE, 1975	Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los estados miembros.
5000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A2, Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
50000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A3, Tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		
5000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y desinfección.	OECD/EAP Task Force Secretariat, 2011	Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia
10000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
50000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		

**Continuación Tabla 5-18 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso consumo humano y doméstico**

Valor para coliformes fecales o termotolerantes (coliformes/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
2000	Máximo aceptable, Basado en US-EPA, 1972 – Clean Water Act (CWA).	Banco Mundial, 2003	Water Quality: Assessment and Protection. Water Resources and Environment Technical Note D.1.
20	Máximo aceptable, para aguas Categoría A1, Tratamiento físico y desinfección.	CCE, 1975	Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los estados miembros.
2000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A2, Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
20000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A3, Tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		
2000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y desinfección.	OECD/EAP Task Force Secretariat, 2011	Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia
10000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
20000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		
Valor para E. Coli (E. Coli /100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
500	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y desinfección.	OECD/EAP Task Force Secretariat, 2011	Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia
1000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
>1000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		
Valor para estreptococos fecales (estreptococos fecales/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
20	Máximo aceptable, para aguas Categoría A1, Tratamiento físico y desinfección.	CCE, 1975	Directiva 75/440/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los estados miembros.
1000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A2, Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
10000	Máximo aceptable, para aguas Categoría A3, Tratamiento físico y químico intensivo, tratamiento prolongado y desinfección		
1000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y desinfección.	OECD/EAP Task Force Secretariat, 2011	Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia
5000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.		
10000	Estándar de calidad de aguas superficiales, agua apta para consumo humano mediante tratamiento físico y químico intensivo. tratamiento prolongado y desinfección		

Las tecnologías y procesos unitarios de potabilización llevan implícitos unos objetivos de remoción de acuerdo con lo que establece el artículo 109 del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (MVCT, 2017).

Con base las tecnologías y procesos unitarios de potabilización, y empleando como referencia la información más reciente de la Tabla 5-18 (OECD/EAP Task Force Secretariat, 2011) se establecen criterios de calidad para el uso consumo humano y doméstico de acuerdo con lo siguiente:

- consumo humano mediante tratamiento físico (filtración convencional) y desinfección: 5000 coliformes totales /100 ml); 2000 coliformes fecales/100 ml.
  - consumo humano mediante tratamiento físico (filtración convencional) y químico (Coagulación, floculación, sedimentación) y desinfección: 10000 coliformes totales /100 ml); 10000 coliformes fecales/100 ml.
  - consumo humano mediante tratamiento físico (filtración convencional), químico (coagulación, floculación, sedimentación), tratamiento terciario (filtros de lecho profundo de alta tasa, filtración avanzada (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, electrodiálisis, ósmosis inversa), ablandamiento, oxidación química, intercambio iónico, filtración por adsorción) y desinfección: 50000 coliformes totales/100 ml); 20000 coliformes fecales/100 ml.
- Uso agrícola

Frente a los criterios microbiológicos para este uso, es de destacar que el artículo 2.2.3.3.2.5. establece que se “entiende por uso agrícola del agua, su utilización para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias”. Teniendo en cuenta esta definición el criterio establecido en la norma vigente, excluye las actividades conexas o complementarias. Por lo anterior, a partir del análisis de normatividad internacional en este numeral se establecen nuevos criterios de calidad para parámetros microbiológicos y se establecen con ello las actividades conexas o complementarias asociadas con este uso. Lo anterior únicamente para coliformes fecales, dado que estos son más ampliamente empleados, dado que su presencia indica contaminación fecal y la posible presencia de otros patógenos microbianos.

Según FAO (2023) que trata sobre la calidad del agua en la agricultura y los riesgos asociados y su mitigación, los coliformes totales, coliformes fecales (o termotolerantes) y *Escherichia Coli* se emplean como indicadores de contaminación fecal para la protección de la salud y mitigación de riesgos microbianos estándares, directrices y regulaciones para el uso de agua residual (reúso o reutilización).

En línea con lo anterior, los criterios microbiológicos para uso agrícola vigentes en el régimen transitorio desde el año 1984, son los siguientes:

- 5.000 coliformes totales/100 ml para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.
- 1000 coliformes fecales/100 ml para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

En la Tabla 5-19 se presentan valores de referencia empleados a nivel internacional para la calidad microbiana en agua para uso agrícola, para el parámetro coliformes fecales o coliformes termotolerantes.

**Tabla 5-19 valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso agrícola**

Uso agrícola	Valor para coliformes fecales o termotolerantes (coliformes/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
Cultivos de alimentos que se consumen crudos	200	Media geométrica	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Riego general	1000	Media geométrica	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Cultivos de alimentos crudos en contacto directo con el agua de riego	10	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Cultivos de alimentos humanos crudos que no están en contacto directo con el agua de riego (mediante cáscara, uso de riego por goteo) o cultivos vendidos a los consumidores cocidos o procesados.	1000	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Pastos y forrajes para animales lecheros (sin tiempo entre aplicación de agua y cosecha)	100	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Pastos y forrajes para animales lecheros (tiempo entre aplicación de agua y cosecha de 5 días)	1000	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Pastos y forrajes (ganado vacuno, ovino y caprino)	1000	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Silvicultura, césped, algodón. (acceso público restringido)	1000	Mediana	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
uso de agua para regar cultivos de alimentos destinado al consumo humano que se consumen crudos	No detectable	-	US EPA, 2012	Guidelines for Water Reuse
uso de agua para regar cultivos que son procesados antes del consumo humano o	200	Valor promedio de	US EPA, 2012	Guidelines for Water Reuse



Uso agrícola	Valor para coliformes fecales o termotolerantes (coliformes/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
no consumidos por humanos (p. ej forrajes, fibras y cultivos de semillas, riego de zonas de pastoreo, viveros comerciales, césped)		los últimos 7 días.		
Riego de cultivos que serán consumidos crudos, campos deportivos, parques públicos.	1000	Media geométrica	FAO, 1992	Wastewater treatment and use in agriculture
Césped con acceso al público	200	Media geométrica	FAO, 1992	Wastewater treatment and use in agriculture
El riego sin restricciones (riego de árboles, forrajes y cultivos industriales, frutales y pastos)	1000	Máximo	WHO, 1989	WHO Guidelines for Safe Wastewater Use in Agriculture

Con base en lo presentado en la Tabla 5-19 se establece lo siguiente:

- El valor de 1000 coliformes fecales o termotolerantes por cada 100 ml es ampliamente usado para el riego en: cultivos de alimentos que se consumen crudos que no están en contacto directo con el agua de riego; cultivos de pastos y forrajes para consumo animal; cultivos alimenticios sometidos a cocción o procesamiento; cultivos no alimenticios para humanos; áreas verdes con acceso restringido.
- El valor de 200 coliformes fecales o termotolerantes por cada 100 ml es usado para el riego en: cultivos de alimentos que se consumen crudos que están en contacto directo con el agua de riego; áreas verdes con acceso al público.

Los valores presentados se emplearán para definir los criterios de calidad para el uso agrícola, el cual será evaluado a partir de la determinación de la media geométrica de un conjunto de datos. Respecto a la norma vigente se establecen valores para los diferentes tipos de cultivo o áreas de riego, considerando los siguientes aspectos: el contacto del cultivo con el agua de riego; el acceso al público a áreas verdes; el tipo de cultivos (alimenticios, no alimenticios; para consumo animal).

- Uso pecuario

Según FAO (2023) que trata sobre la calidad del agua en la agricultura (incluido el uso pecuario) y los riesgos asociados y su mitigación, no se han establecido valores estrictos asociados a la tolerancia de bacterias patógenas en el agua de consumo de ganado, pero se recomienda que el agua contenga menos de 100 coliformes/100 ml (FAO, 2023) como indicador de la presencia de patógenos en el agua de consumo. Es importante mencionar que en el régimen transitorio vigente no se establecen criterios de calidad en relación con parámetros microbiológicos para uso pecuario.

En la Tabla 5-20 se presentan algunos valores de referencia empleados en diferentes normativas y guías para la calidad microbiana en agua para uso pecuario para los parámetros coliformes fecales o coliformes termotolerantes, *Escherichia Coli* y enterococos.

**Tabla 5-20 Valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso pecuario**

Coliformes fecales o termotolerantes				
Descripción del uso	Valor para coliformes fecales o termotolerantes (coliformes/100 ml)	Descripción del límite	Fuente	
Ganado adulto	1000	límite máximo, menos del 20% de las muestras pueden exceder los 5000 coliformes fecales/100 ml	Department of Water Affairs and Forestry - DWAF, 1996	South African water quality guidelines. 2nd Edn. Vol. 5 Livestock watering
Ganado joven, cerdos y aves de corral.	200	límite máximo, menos del 20% de las muestras pueden exceder los 1 000 coliformes fecales/100 ml	Department of Water Affairs and Forestry - DWAF, 1996	South African water quality guidelines. 2nd Edn. Vol. 5 Livestock watering
Ganado uso general	200	Máximo aceptable	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado	100	La mediana el valor. Valor basado en un número de lecturas generadas en el tiempo a partir de un programa de monitoreo regular. Se deben investigar las causas cuando el 20 % de los resultados superan cuatro veces la mediana.	ANZECC & ARMCANZ, 2000	Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality
Ganado uso estrechamente confinado (solo desinfección)	100	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado uso estrechamente confinado (tratamiento parcial)	100	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Aves de corral	50	Máximo aceptable	(Alabama A&M University and Auburn University, 2019	Evaluating Water Quality for Poultry
Escherichia Coli				
Descripción del uso	Valor para E. Coli/100 ml	Descripción del límite	Fuente	
Ganado uso general	200	Máximo aceptable	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado uso estrechamente confinado (tratamiento parcial)	100	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado uso estrechamente confinado (solo desinfección)	10	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators

**Continuación Tabla 5-20 Valores de referencia para la calidad microbiana en aguas para uso pecuario.**

Enterococos				
Descripción del uso	Valor para enterococos/100 ml	Descripción del límite	Fuente	
Ganado uso general	50	Máximo aceptable	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado uso estrechamente confinado (solo desinfección)	3	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators
Ganado uso estrechamente confinado (tratamiento parcial)	25	percentil 90%	Ministry of Environment British Columbia, 2021	Water Quality Criteria for Microbiological Indicators

Con base en lo presentado en la Tabla 5-20 se establece lo siguiente:

- Lo coliformes fecales son el indicador más empleado con valores desde: 50 coliformes fecales/100 ml para aves de corral (valor límite máximo); 100 coliformes fecales/100 ml para ganado confinado (solo desinfección y tratamiento parcial con valor determinado a partir del percentil 90%) y ganado (valor determinado a partir de media geométrica); 200 coliformes fecales/100 ml para ganado general, ganado joven, cerdos y aves de corral (valor límite máximo); 1000 coliformes fecales/100 ml para ganado adulto (valor límite máximo).
- Para *Eschericia Coli* y enterococos a partir de una única fuente de información, se establecen variaciones del valor que se asocian con el tratamiento, el cual no es el propósito de la presente norma. Se tiene por lo tanto un único valor para ganado uso general de 200 E. Coli/100 ml y 50 enterococos/100 ml.

Con base en lo anterior, se establece un criterio de calidad de 100 coliformes fecales/100 ml el cual será evaluado a partir de la determinación de la media geométrica de un conjunto de datos. Lo anterior dado que de acuerdo con Ministry of Environment British Columbia (2021) debe garantizarse buena calidad para el uso pecuario especialmente cuando se trata de operaciones de alta densidad.

- Otros usos

Para el uso navegación y transporte acuático y uso estético criterios de calidad en relación con parámetros microbiológicos, dado que no existen limitaciones asociados con estos parámetros en relación con estos usos.

#### 5.2.4.2. Aguas Marinas

- **Coliformes Termotolerantes**

Para las aguas marinas, la denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores biológicos de contaminación del agua y los alimentos. Anteriormente, se consideraba a los coliformes totales como indicadores de contaminación de agua, sin embargo, se ha demostrado que solamente algunas especies que conforman este grupo son de origen fecal, mientras que otras pueden estar presentes en forma natural en diferentes ambientes acuáticos. Actualmente los coliformes totales se emplean para evaluar la calidad higiénica<sup>15</sup> del agua y el grupo de bacterias coliformes termotolerantes, para evaluar la calidad sanitaria<sup>16</sup> del agua, la cual está relacionada con la transmisión de patógenos (Aurazo, 2004, como se citó en INVEMAR et al., 2014).

Por lo anteriormente expuesto, se resalta la importancia de esta variable en el análisis de calidad de aguas marinas y se evidencia mediante la inclusión de esta en el cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la Preservación de la Flora y Fauna (ICAM<sub>PFF</sub>), con el fin de facilitar la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico de las actividades humanas sobre el recurso hídrico marino (INVEMAR, 2020); así como, evaluar la presencia de dichas bacterias en determinadas concentraciones asociadas a la ocurrencia de agentes patógenos y a un riesgo de afectación en la salud de las personas. (INVEMAR et al., 2014).

Teniendo en cuenta lo anterior, y aunque el Decreto 1076 de 2015 contempla a los coliformes totales, en este ajuste normativo no se incluirán.

Para el uso por contacto primario en aguas continentales o marinas, el criterio de calidad debe ser exigente dado que el agua para fines recreativos puede no solo ser ingerida, sino aumentar el riesgo de contraer enfermedades dérmicas o virales al incrementarse el tiempo de contacto. Como indicador complementario para aguas destinadas para contacto primario se propone el grupo de los enterococos fecales, cuya detección señalará la presencia de otros grupos bacterianos de origen no entérico como los estafilococos, responsables de muchas infecciones dérmicas y subdérmicas. (DWAF, 1996; WHO, 2006b) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Universidad del Valle, 2011).

---

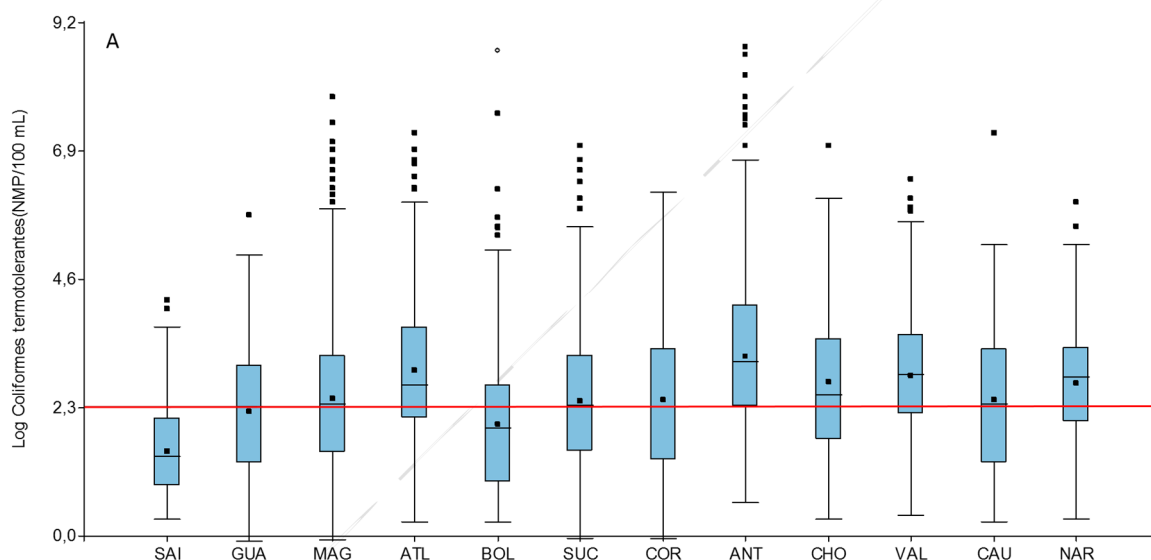
<sup>15</sup> La calidad higiénica se refiere a las condiciones de limpieza y el mantenimiento de la higiene en un determinado ambiente o proceso. Esto incluye la prevención de la contaminación por suciedad, microorganismos o sustancias que puedan ser nocivas. En general, la calidad higiénica se enfoca en la limpieza y el control de factores que pueden favorecer la proliferación de bacterias, virus o mohos.

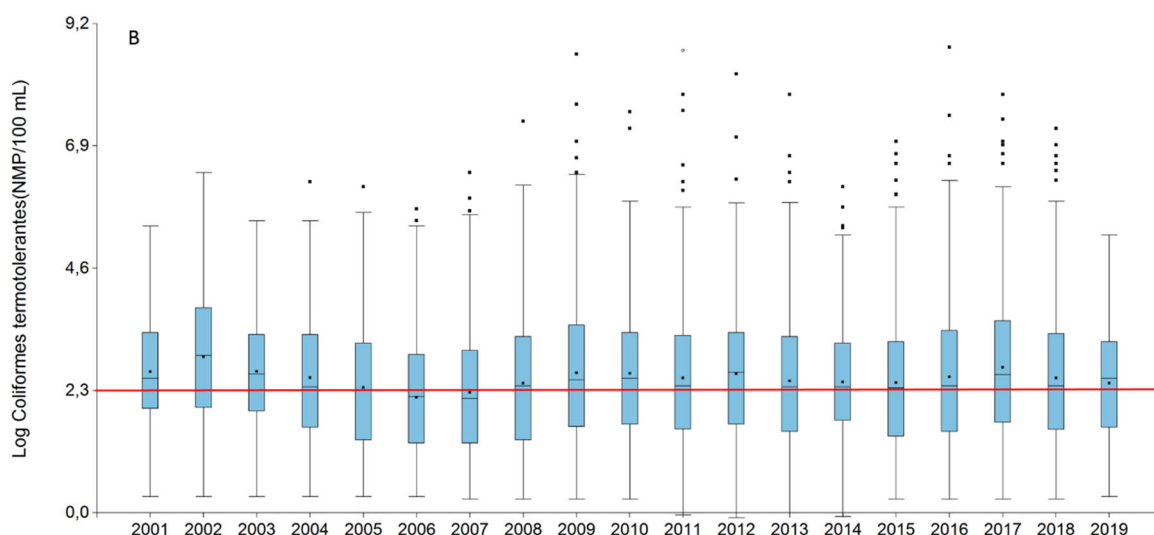
<sup>16</sup> La calidad sanitaria, abarca no solo la higiene, sino también la prevención y control de riesgos para la salud pública, particularmente aquellos que involucran agentes patógenos (como bacterias, virus o parásitos) que puedan afectar la salud humana o animal. La calidad sanitaria se enfoca en asegurar que los productos o servicios, así como los ambientes, no representen un riesgo para la salud de las personas.

Salas (2000), en su reporte señala que los coliformes en concentraciones mayores a 200NMP/100mL (2 NMP/mL) representan un riesgo para el contacto primario o recreativo en aguas costeras y continentales. A nivel nacional, al revisar la Figura 5-10 A, se observa que en algunos departamentos la mediana de sus datos de Coliformes Termotolerantes entre 2001 y 2019 se encuentran debajo de 200 NMP/100 mL.

Teniendo en cuenta lo anterior, el valor propuesto para **Coliformes Termotolerantes** en el uso: **finés recreativos mediante contacto primario** será de máximo **200NMP/100mL**, lo cual corresponde con lo definido por ASEAN, 2008 y US EPA, 1986.

En tanto que, para el **contacto secundario**, teniendo en cuenta que el riesgo es menor, el límite propuesto incrementa y se propone el valor de concentración **1000/100ml (10 NMP/ml)** de acuerdo con Convenio 163-2011 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Universidad del Valle, 2011).





**Figura 5-10 Concentraciones de Coliformes Termotolerantes medidas en aguas marinas, estuarinas y fluviales superficiales en las estaciones de la REDCAM en el periodo 2001 a 2019.**  
**Línea roja: Valor de referencia para uso de aguas recreativas, para CTE (200 NMP/L: MinAmbiente, 2015). A. Análisis departamental y B. Análisis histórico entre 2001 a 2019.**

Por otra parte, se establece como criterio de calidad en aguas marinas para el **uso de preservación de preservación de flora y fauna**, el valor de **100 NMP/100 ml** como límite máximo para la viable Coliformes Termotolerantes. Este criterio se establece de acuerdo con ASEAN, 2008. Además, porque este valor se encuentra considerado en el cálculo del ICAMPFF dentro de la escala de calidad en las categorías óptima y adecuada (Tabla 5-21).

**Tabla 5-21 Escala de calidad de Coliformes Termotolerantes CTE**

Escala de calidad	Valor (NMP/100mL)
Óptima	0 - 50
Adecuada	50 - 100
Aceptable	100 - 200
Inadecuada	200 - 2000
Pésima	>2000

**Fuente: INVEMAR, 2023a**

Para el uso de pesca, maricultura y acuicultura se establece como criterio de calidad el valor de **14NMP/100ml** como límite máximo para la variable Coliformes Termotolerantes a partir de lo establecido por USEPA, 1976 y ANZEC & ARMCANZ, 2000, este último como directriz para proteger

a los seres humanos de contraer alguna infección bacteriana al consumir peces, mariscos y otros productos acuáticos.

Es importante señalar que la normativa colombiana vigente, establecida en el Decreto 1076 de 2015, no considera los niveles de referencia o criterios de calidad microbiológicos para las aguas marinas en relación con los usos para la preservación de flora y fauna, la pesca, la acuicultura, la maricultura. El mencionado Decreto, solo contempla valores de referencia para los coliformes fecales y totales como criterios de calidad para los fines recreativos mediante contacto primario y secundario; sin embargo, estos no están desagregados de acuerdo con los diferentes tipos de recurso hídrico.

- ***Enterococos fecales y E. coli***

(Saingam, 2020) menciona que la determinación de la calidad microbiológica del agua está basada principalmente en bacterias fecales indicadoras, incluyendo *E. coli* y enterococos (USEPA, 2012), estudios previos han mostrado la correlación existente entre los niveles de los indicadores fecales y enfermedades gastrointestinales entre personas expuestas al agua (Cabelli, 1983). *E. coli* es comúnmente usada como indicador para agua dulce (salinidades entre 0-0,5 ppt), en cambio, **enterococos ha sido usado tanto para agua dulce como agua salada** (salinidades de 35 ppt) (USEPA, 2012); además, que la salinidad puede tener impactos significativamente diferentes en la supervivencia de diferentes bacterias fecales (Anderson et al., 2005). Al comparar la abundancia de las distintas bacterias fecales con parámetros ambientales, se encontró para este caso, mediante análisis de correlación, que *E. coli* en el agua indica una asociación negativa significativa con la temperatura y la salinidad, enterococos indicó una correlación significativa sólo para la temperatura.

*E. coli* es generalmente considerada más susceptible que enterococos al estrés osmótico causado por altos niveles de salinidad, por lo que decae más rápido bajo esas condiciones (Evison, 1988), por lo que esto corresponde una razón importante en la selección de **enterococos** como un indicador preferido en aguas marinas (USEPA, 2012).

Tanto *E. coli* como los *Enterococos* son utilizados como indicadores de calidad del agua, pero cada uno tiene sus ventajas dependiendo del contexto, así:

- *E. coli*: Se considera un indicador de contaminación fecal reciente y se asocia principalmente con la presencia de aguas residuales. Sin embargo, *E. coli* puede ser menos resistente en ambientes marinos, lo que puede limitar su utilidad como indicador en ciertas condiciones.
- Enterococos: Se recomienda frecuentemente como un mejor indicador para aguas marinas, especialmente en playas y áreas de recreación. Los enterococos son más resistentes a las condiciones del agua salada y pueden persistir más tiempo que *E. coli*. Además, han mostrado correlaciones más fuertes con la presencia de patógenos en ambientes marinos.

En el estudio "Evaluation of microbial indicators for the assessment of water quality in marine environments." realizado por Haller, L. et al. (2015) compara la eficacia de diferentes indicadores

microbiológicos, incluyendo *E. coli* y *enterococos*, y concluye que los enterococos son más apropiados para aguas marinas.

En resumen, para aguas marinas, los enterococos suelen ser considerados un mejor criterio de calidad debido a su resistencia y relevancia en la evaluación del riesgo para la salud humana. Sin embargo, ambos indicadores pueden complementarse para una evaluación más completa de la calidad del agua.

### **Enterococos fecales:**

Es un subgrupo de los *Streptococcus* fecales y se diferencia por su habilidad de crecer en medios con 6.5% de cloruro de sodio, a pH de hasta 9.6, y en un rango de 10°C a 45°C (APHA et al., 1995). Esta resistencia a los factores mencionados garantiza un mayor tiempo de supervivencia, por lo que se consideran buenos indicadores complementarios (Apella y Araujo, 2005) y de contaminación fecal antigua, en contraste con la presencia de coliformes que indica contaminación fecal reciente (Marchand, 2002). Es por esta razón que los Enterococos son el único indicador para aguas marinas seleccionado por la EPA, en sus criterios de calidad de agua desde 1986.

Los Enterococos fecales son particularmente útiles como indicadores para aguas marinas o continentales destinadas a la acuicultura y al contacto primario (recreación). (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Universidad del Valle, 2011).

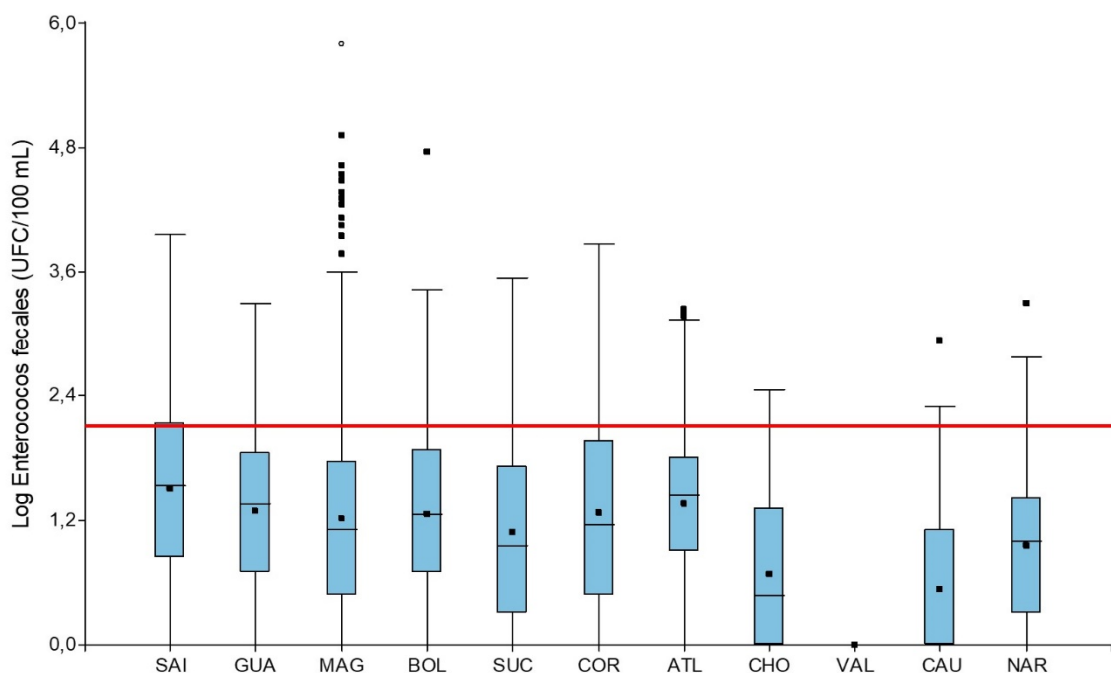
Para definir los criterios de calidad del agua **para uso recreativo de contacto primario** se revisaron diferentes referencias bibliográficas tales como: EPA (Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos), establecen límites para Enterococos en aguas marinas el criterio de EPA es de 35 UFC/100mL y un valor límite 130 UFC/100mL. Mientras que el valor propuesto por la Directiva 2006/7/EC del Parlamento Europeo Enterococos Fecales (EFE) es <100 UFC/100 mL) ambas fuentes de información se generan la medición de unidades formadoras de colonia (CFU, por sus siglas en inglés).

Por tanto, el criterio de calidad propuesto para **Enterococos fecales** en aguas marinas destinadas al **contacto primario** se definió menor a **100 UFC/100 ml**, a partir de la revisión de los valores de referencias internacionales y del comportamiento histórico de los datos de calidad de aguas marinas nacional recabados en el marco de la REDCAM (Figura 5-11), los cuales indican valores de las medianas departamentales costeras por debajo de 130 UFC/ml.

Para el uso de **preservación de preservación de flora y fauna**, se definió el valor máximo de **100 UFC/100 ml** de **Enterococos fecales**.

En tanto que, para el uso **pesca, acuicultura y maricultura** se establece como criterio de calidad el valor de **0 UFC/100 ml** como límite máximo para la variable **Enterococos fecales** a partir de lo establecido por FAO-WHO, 2023 y WHO-GDWQ, 2018.





**Figura 5-11 Concentraciones de Enterococos fecales medidos en aguas marinas y estuarinas superficiales en las estaciones de la REDCAM en el periodo 2006 a 2019. Línea roja: Valor de referencia para uso de aguas recreativas (130 UFC/100 mL; US-EPA. 2012).**  
**Fuente: INVEMAR y MINAMBIENTE, 2019**

#### ***Escherichia coli:***

Para el caso de *Escherichia coli*, se revisaron guidelines y normativas internacionales como referencia para definir el criterio de calidad para fines recreativos de contacto primario y secundarios, así mismo, para los usos pesca, acuicultura y maricultura. En tanto, que para el uso de preservación de la flora y fauna no se encontraron referentes para aguas marinas, a lo mejor por lo anteriormente mencionado sobre que *E. coli* puede ser menos resistente en ambientes marinos debido al estrés osmótico causado por altos niveles de salinidad, por lo que para este uso no se establecerá un valor de referencia.

Con base en las diferentes fuentes de información se establecen los siguientes valores para la variable *E. coli*:

Para el uso pesca, acuicultura y maricultura se establece como criterio de calidad el rango de 0 – 1 NMP/100 ml como límite máximo a partir de lo propuesto por FAO-WHO (2023) y WHO-GDWQ (2018).

Para el uso de Fines recreativos mediante **contacto primario y secundario** se establece el valor de **200 UFC/100mL y 400 UFC/100mL**, respectivamente, como límite máximo a partir de lo previsto por British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy-Recreational Water

Quality, Guidelines, 2019, GCRWQ-Canada, 2012 y ASEAN 2008 para contacto primario y por Canadá (2012) para contacto secundario.

#### 5.2.4.3. *Resumen microbiológicos*

En la Tabla 5-22 y Tabla 5-23 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para microbiológicos en aguas continentales y marinas.



**Tabla 5-22 Resumen de microbiológicos/hidrobiológicos – Aguas Continentales**

Uso/Fuente	Aguas continentales							
Parámetro	Coliformes Totales	Fuente	Coliformes termotolerantes	Fuente	Escherichia Coli	Fuente	Enterococos	Fuente
Unidad de medida	NMP/100 ml		NMP/100 ml		NMP/100 ml		enterococos/100 ml	
Preservación de flora y fauna	5000	62	2000	62	-	-	-	-
Pesca, Maricultura y Acuicultura	-	-	14 (B)	50	1000 (C)	13, 65	-	-
Fines recreativos	-	-	-	-	-	-	200 (D)	61
Consumo humano y doméstico	5000 (E) 10,000 (F) 50,000 (G)	62	2000 (E) 10,000 (F) 20,000 (G)	62	-	-	-	-
Uso agrícola	-	-	200 (H) 1000 (I)	29, 52, 64 29, 51, 52, 65, 66	-	-	-	-
Uso pecuario	-	-	100	51, 52, 60, 65	-	-	-	-
Navegación y transporte acuático/ estético	-	-	-	-	-	-	-	-
<p>Nota:</p> <p>(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.</p> <p>(A) La metodología para la determinación del IPPH se establece en la Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).</p> <p>(B) maricultura.</p> <p>(C) Pesca y acuicultura.</p> <p>(D) El valor será evaluado a partir de la determinación del valor percentil 95 de un conjunto de datos.</p> <p>(E) consumo humano mediante tratamiento físico y desinfección.</p> <p>(F) consumo humano mediante tratamiento físico, químico y desinfección.</p> <p>(G) consumo humano mediante tratamiento físico, químico, tratamiento terciario y desinfección.</p> <p>(H) cultivos de alimentos que se consumen crudos que están en contacto directo con el agua de riego; áreas verdes con acceso al público.</p> <p>(I) cultivos de alimentos que se consumen crudos que no están en contacto directo con el agua de riego; cultivos de pastos y forrajes para consumo animal; cultivos alimenticios sometidos a cocción o procesamiento; cultivos no alimenticios para humanos; áreas verdes con acceso restringido.</p> <p>Fuente= Fuente Bibliográfica o de información.</p> <p>Los valores serán evaluados a partir de la determinación de la media geométrica de un conjunto de datos a menos que se establezca otro criterio específico.</p>								

**Tabla 5-23 Resumen de microbiológicos – Aguas marinas**

Referencias microbiológicas. Aplicables a Cuerpos de aguas marino- costero y estuarino											
Uso	Coliformes Termotolerantes			Enterococos Fecales				Escherichia Coli			
	Valor máximo [NMP/100 ml]	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Criterio definición de límite máximo	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Criterio definición de límite máximo	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Criterio definición de límite máximo
Preservación de flora y fauna	100	38		100	[UFC/100 ml]	(CEC Environment and quality of life, 1988)	A.	-	-	-	
Pesca, Maricultura y Acuicultura	14	51		0	[NMP/100 ml]	(FAO-WHO, 2023) (WHO-GDWQ, 2018)		0 a 1	[NMP/100 ml]	(FAO-WHO, 2023) (WHO-GDWQ, 2018)	
Fines recreativos mediante contacto primario	200	38		100	[UFC/100 ml]	(CCE/2006)		≤ 200	[E.Coli NMP/100 ml]	(British Columbia Ministry of Environment and Climate Change Strategy-Recreational Water Quality Guidelines, 2019)	B.
		50	C.	<100	[NMP/100 ml]	(NTS-T001, 2007)		≤ 200	[E. Coli UFC/100 ml]	(GCRWQ- Camada, 2012)	D.
				100	[UFC/100 ml]	53	E.	200	NMP/100 ml	38	
Fines recreativos mediante contacto secundario	1000	9						≤ 400	[UFC/100 ml]	(Canadá, 2012)	E. Coli
Consumo humano y doméstico	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro				No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro			

Uso agrícola	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
Uso pecuario	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
Navegación y transporte acuático	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
Uso estético	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro	No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro
<p>Nota: (-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.</p> <p><b>Criterio definición de límite máximo</b></p> <p>A. Los valores MAX deben medirse dentro de las 12 h. de ser puesto en recipientes cerrados con el agua de la muestra se mantiene a una constante temperatura durante ese período de 12 h.</p> <p>B. Concentración media geométrica (mín 5 muestras) o, <math>\leq 4\ 00</math> E.coli/100 mL; máximo de una sola muestra concentración (las unidades dependerán de si el método de fermentación en tubos múltiples (MPN/100 mL) o la filtración por membrana</p> <p>C. El valor medio no superior a 200/100 ml. en 20% de muestras en el año y en 3 muestras consecutivas en los meses del monzón.</p> <p>D. Concentración media geométrica (mín cinco muestras)</p> <p>E. Calidad Excelente. Percentil 95</p>			

#### 5.2.5. Hidrobiológicos

Dado que para el uso preservación de flora y fauna es importante que el estado de la calidad hidrobiológica de los cuerpos de agua superficial este en buena condición de acuerdo con la respuesta de las comunidades a las variables fisicoquímicas, se establece según la Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018) el promedio ponderado hidrobiológico (IPPH) que el cuerpo de agua deberá encontrarse en puntajes de calidad ecológica que se interpretan en la categoría “Aguas muy limpias” y “Aguas ligeramente contaminadas”, es decir para este uso el valor de IPPH debe ser >5.0.

#### 5.2.6. Iones y metales

A continuación, se detallan los parámetros y valores establecidos para los iones y metales que fueron analizados en las factores intrínsecos y extrínsecos que influyen la calidad del agua.

##### 5.2.6.1. Aguas Continentales

##### 5.2.6.1.1. Uso consumo humano y doméstico

Se resalta la importancia de controlar la presencia de algunos metales y metaloides en el agua de consumo humano, lo anterior debido a los efectos potenciales sobre la salud humana de algunos estos. De acuerdo con acuerdo la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2007) estos son algunos de los aspectos para tener en cuenta para el análisis de riesgo en metales:

- Los efectos de un metal sobre el organismo y sus funciones biológicas están determinados por la forma del metal o compuesto metálico y la capacidad del organismo para regular o almacenar el metal.
- Algunos metales son esenciales (oligoelementos) para mantener la salud adecuada de humanos, animales, plantas y microorganismos. Dichos metales son beneficiosos y participan en funciones biológicas del organismo en las cantidades adecuadas y por esto muchos organismos han desarrollado mecanismos para regular su acumulación. Por lo anterior, aun cuando algunos de los metales esenciales pueden ser tóxicos a altas concentraciones, son por lo general metales que implican un menor riesgo a la salud humana.
- Otros metales no tienen funciones biológicas conocidas, y por lo tanto debido a su persistencia pueden bioacumularse y generar efectos sobre receptores humano o ecológico.
- Los efectos sobre el receptor están influenciados por la química ambiental que es la que determina la forma del metal (estado de oxidación) o tipo de compuesto metálico.

En la Tabla 5-24 se clasifican los efectos adversos a la salud humana de iones y metales identificando se estos son esenciales y no esenciales desde el punto de vista nutricional y de las funciones

biológicas del ser humano, además se establece cuáles son cancerígenos o probables cancerígenos en seres humanos. Debido a la posibilidad de formación de complejos metálicos o moléculas que generan toxicidad y enfermedades significativas en humanos los principales metales tóxicos (Casarett, Doull, & Klaassen, 2019) son: el arsénico (As), Berilio (Be), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) (aunque sólo la forma Cr (VI) es tóxica), Mercurio (Hg), Níquel (Ni) y Plomo (Pb) y son por lo tanto los principales metales de interés para la salud humana. Por lo mismo, estos metales serán incorporados en los usos pecuario, agrícola y pesca, maricultura y acuicultura por sus posibles repercusiones sobre la salud humana.

**Tabla 5-24 Iones y metales con efectos adversos a la salud humana**

Parámetro	Efectos potenciales sobre la salud por exposición a largo plazo (US EPA, 2019)	Esencial/No esencial		Efectos del metal en base a los efectos a la salud.	
		Nutricionalmente esencial (funciones bioquímicas/fisiológicas) pero tóxico	No tienen funciones biológicas conocidas	Probables cancerígenos en humanos	Carcinogénicos en humanos
Antimonio	Aumento del colesterol en sangre; disminución de azúcar en la sangre		X		
Arsénico	Daño en la piel o problemas con los sistemas circulatorios, Aumento de riesgo de contraer cáncer.		X		X
Bario	Aumento de presión sanguínea		X		
Berilio	Lesiones intestinales		X		X
Boro	afecciones en estómago, intestinos, hígado, riñón y cerebro	X			
Bromato	Aumento de riesgo de cáncer		X		X
Cadmio	Daño renal		X		X
Cianuro	Daño nervioso o problemas de tiroides		X		
Cromo total	dermatitis alérgica	Cr III	X		X
Fluoruro	Enfermedad ósea (dolor y sensibilidad de los huesos); Manchas en dientes	X			
Mercurio	Daño renal		X	X	
Molibdeno	Basado en estudios toxicológicos (OMS, 2011)	X			
Níquel	Dermatitis alérgica (OMS, 2011)	X			X
Plata	Argiria (cambios de coloración de la piel)		X		
Plomo	Retrasos en el desarrollo físico o mental de niños, problemas de capacidad de atención y habilidades de aprendizaje  Adultos: problemas renales; Alta presión sanguínea		X	X	
Selenio	Pérdida de cabello o uñas; problemas circulatorios	X			
Talio	Pérdida de cabello; problemas sangre, renales, intestinales o hepáticos		X		

Parámetro	Efectos potenciales sobre la salud por exposición a largo plazo (US EPA, 2019)	Esencial/No esencial		Efectos del metal en base a los efectos a la salud.	
		Nutricionalmente esencial (funciones bioquímicas/fisiológicas) pero tóxico	No tienen funciones biológicas conocidas	Probables cancerígenos en humanos	Carcinogénicos en humanos
Uranio (Solo tienen en cuenta aspectos químicos)	Mayor riesgo de cáncer, toxicidad renal.		X		

Fuente: Adaptada de (US EPA, 2007)

Teniendo en cuenta los efectos sobre la salud humana y su importancia en el agua de consumo humano, los iones y metales se pueden separar en tres grandes grupos, de acuerdo con lo siguiente:

- Los que con base en evidencia científica y por efectos adversos a la salud humana, tienen establecidos valores de referencia (OMS, 2017) y (US EPA, 2019). Lo anterior es aplicable a los siguientes parámetros: antimonio, arsénico, plata, berilio, boro, bromato, cadmio, cianuro, cromo, fluoruro, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, uranio (solo tienen en cuenta aspectos químicos). El cianuro se incorporará dentro de la siguiente clasificación debido a que el umbral olfativo es menor que el valor de referencia que genera efectos a la salud humana. En la Tabla 5-25 se resumen los valores de referencia (OMS, 2017) y estándares primarios de calidad para agua potable de Estados Unidos (US EPA, 2019), los cuales fueron empleados para establecer los valores para el uso consumo humano y doméstico. En relación con el uranio, se establece que el valor de referencia es un valor provisional dadas la incertidumbre que existe sobre la toxicidad del compuesto, teniendo en cuenta que las exposiciones a uranio son bajas y poco frecuentes en condiciones normales, por esto no se ha determinado con claridad una concentración sin efecto basada en estudios en humanos. Por lo anterior, no se establece criterio de calidad en relación con el uranio.
- Los iones y metales para los cuales no existen valores de referencia basados en efectos a la salud humana (OMS, 2017) sin embargo valores por encima de lo deseable generan problemas de aceptabilidad del agua por aspectos organolépticos (consideraciones como sabor, color y olor) y consecuencias económicas por aspectos operativos en sistemas de tratamiento. Por lo anterior, los valores de estos constituyentes se consideran estándares secundarios de calidad para el consumo de agua potable (US EPA, 2020), dado que sus valores no se basan en efectos a la salud humana. Lo anterior es aplicable a los siguientes parámetros: Aluminio, cianuro, cloruros, cobre, hierro, manganeso, sodio, sulfatos, y zinc. En la Tabla 5-26 se resumen los iones y metales y el valor por encima del cual se genera dicho efecto. Los valores a partir de los cuales se evidencia el efecto secundario fueron empleados en el establecimiento de valores para el uso consumo humano y doméstico. En estos parámetros el valor a partir del cual se generan efectos sobre la salud humana es mayor que el valor a partir del cual se generan los efectos secundarios o no se tiene valor de referencia debido a que prima el criterio de aceptabilidad del agua por parte del ser humano.



- Los iones y metales que en las concentraciones que se encuentran comúnmente, están muy por debajo de los valores que pueden generar efectos sobre la salud humana. Por lo anterior la exposición a lo largo de la vida es poco probable. Por lo anterior no se establecen valores para los siguientes parámetros: bicarbonatos, cobalto, estaño, estroncio, litio, potasio, silicio, vanadio, yodo.

**Tabla 5-25 Iones y metales con valores de referencia por efectos adversos sobre la salud humana**

Parámetro	Valor de referencia (OMS, 2017) [mg/L]	Estándares primarios de calidad para agua potable (US EPA, 2020) [mg/L]
Antimonio	0.02	0.006
Arsénico	0.01	0.01
Bario	1.3	2
Berilio	-	0.004
Boro	2.4	1
Bromato	0.01	0.01
Cadmio	0.003	0.005
Cianuro	0.5 (basado en salud) 0.17 (umbral olfativo)	-
Cromo total	0.05	0.1
Fluoruro	1.5	4
Mercurio	0.006	0.002
Molibdeno	0.07	-
Níquel	0.07	-
Plata	0.1	0.1
Plomo	0.01	0.015
Selenio	0.04	0.05
Talio	-	0.002
Uranio (Solo tienen en cuenta aspectos químicos)	0.03 provisional	0.03

**Tabla 5-26 Iones y metales que generan problemas organolépticos y operativos en sistemas de tratamiento**

Parámetro	Unidades	Valor por encima del cual se evidencia el efecto secundario (mg/L)	Valor de referencia (OMS, 2017) por efectos a la salud humana (mg/L)	Efecto secundario			
				Color	Sabor	Olor	Otro
Aluminio	mg Al/L	0.2	0.9	X			
Cianuro	mg CN-/l	0.2 (como cianuro libre)	0.5			X	
Cloruros	mg Cl-/L	250	No tiene valor de referencia		X	X	Riesgos por inhalación de subproductos de desinfección.
Cobre	mg Cu/L	1	2	X	X		
Hierro	mg Fe/L	0.3	No tiene valor de referencia	X	X		
Manganeso	mg Mn/L	0.1	0.4	X	X		
Sodio	mg Na+/L	200	No tiene valor de referencia		X		

Parámetro	Unidades	Valor por encima del cual se evidencia el efecto secundario (mg/L)	Valor de referencia (OMS, 2017) por efectos a la salud humana (mg/L)	Efecto secundario			
				Color	Sabor	Olor	Otro
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> =/L	250	No tiene valor de referencia		X		
Zinc	mg Zn/L	5	No tiene valor de referencia		X		

Es preciso mencionar que no se cuenta con la información técnica del Decreto 1594 de 1984 mediante el cual se justifique la determinación de los valores establecidos en la norma vigente. Para el presente documento se establecen valores para los parámetros de bario, plata y selenio con base en los valores de referencia propuestos en la más reciente guía para la calidad del agua de consumo humano (OMS, 2017), valores para los cuales no se ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume agua durante toda una vida de acuerdo con lo que establece la guía OMS.

#### 5.2.6.1.2. Uso pesca, maricultura y acuicultura

De acuerdo con ANZECC & ARMICANZ (2000) en relación con los iones y metales para el uso pesca y acuicultura es importante tener en cuenta lo siguiente:

- La toxicidad de los inorgánicos para este uso se encuentra influenciada por otros parámetros de calidad como dureza, materia orgánica disuelta, pH, temperatura que condicionan la especiación de metales y determinan su biodisponibilidad y toxicidad para los organismos acuáticos. A pesar de lo anterior, las directrices de calidad del agua para metales en ecosistemas acuáticos generalmente se han basado en concentraciones totales.
- La presencia de los iones y metales pesados en el agua está condicionada por los factores intrínsecos o extrínsecos analizados en el presente documento.
- Los metales de mayor interés para la pesca y acuicultura son: aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, mercurio, níquel y zinc (Svobodova et al. 1993). No obstante, lo anterior es importante considerar otros tóxicos inorgánicos como: cloro, cianuro, fluoruro y fosfatos.
- El calcio y magnesio son importantes debido a que determinan la dureza del agua, y por lo tanto la toxicidad de los metales. La dureza por lo tanto es un importante parámetro para este uso.

Teniendo en cuenta lo anterior, se establecen los criterios para iones y metales para el uso pesca y acuicultura de la Tabla 5-27.

**Tabla 5-27 Criterios de iones y metales para el uso pesca, maricultura y acuicultura**

Iones y metales		
Parámetro	Unidades	Valor
Aluminio	mg Al/L	0,03 (pH >6.5) 0,01 (pH <6.5)
Arsénico	mg As/L	0,05
Cadmio*	mg Cd/L	0,0002 (Dureza total entre 0 y 60 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0008 (Dureza total entre >60 y 120 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0013 (Dureza total entre >120 y 180 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0018 (Dureza total >180 mg/L CaCO <sub>3</sub> )
Cianuro	mg CN-/L como cianuro libre	0,005
Cloro	mg Cl/L	0,003
Cobre	mg Cu/L	0,005
Cromo	mg Cr/L	0,02
Dureza total	[mg/L CaCO <sub>3</sub> ]	20-100
Fluoruro	mg F/L	0,02
Hierro	mg Fe/L	0,01
Magnesio	mg Mg/L	15
Manganeso	mg Mn/L	0,01
Mercurio	mg Hg/L	0,001
Níquel	mg Ni/L	0,1
Plata	mg Ag/L	0,003
Plomo	mg Pb/L	0,001
Selenio	mg Se/L	0,01
Vanadio	mg V/L	0,1
Zinc	mg Zn/L	0,005

\*Lo valores para cadmio y dureza fueron tomados de (DWAF, 1996)

Fuente: Adaptada de ANZECC & ARMCANZ (2000) y DWAF (1996)

#### 5.2.6.1.3. Uso pecuario

Para establecer los valores y parámetros para uso pecuario, se emplearon los niveles guía (FAO, 2019) y valores recomendados (FAO, 2021) para sustancia tóxicas en agua de consumo de ganado y aves de corral de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO en relación con los siguientes parámetros: Aluminio (5 mg/L), Arsénico (0.025 mg/L), Berilio (0.1 mg/L), Boro (5 mg/L), Cadmio (0.05 mg/L), Cobalto (1 mg/L), Cobre (0.5 mg/L), Cromo total (0.05 mg/L), Fluoruro (2 mg/L), Manganeso (0.05 mg/L), Mercurio (0.01 mg/L), Molibdeno (0.5 mg/L), Níquel (1 mg/L), Plomo (0.1 mg/L), Selenio (0.05 mg/L), Uranio (0.2 mg/L), Vanadio (0.1 mg/L), Zinc (24 mg/L). Valores que fueron establecidos para proporcionar un margen de seguridad adecuado y evitar la aparición de problemas asociados con la variada tolerancia animal a la calidad del agua según su consumo de agua, especie y edad.

En relación con otros iones y metales se establece lo siguiente:

- Teniendo en cuenta que el valor de cloruros puede llegar a 3000 mg/L en regiones áridas (ver Tabla 4-4), es importante tener en cuenta que de acuerdo con el Alabama Cooperative Extension System (Alabama A&M University and Auburn University, 2019) el valor máximo aceptable de cloruros en agua para bebida de aves de corral es 250 mg/L. Pero este valor es alto en caso de que se presenten valores de sodio altos cercanos a los 50 mg/L. Asimismo, según el NSW Department of Primary Industries (2014), los niveles máximos aceptables de cloruro en agua para diferentes tipos de ganado son: 1600 mg/L para el ganado lechero; 4000 mg/L para el ganado de vacuno; 1200 mg/L para el ganado equino; 2400 mg/L para los corderos de ganado ovino; 5600 mg/L para el ganado ovino adulto. Teniendo en cuenta lo anterior se establecen criterios para cloruros de acuerdo con cada tipo de animal y se establece un criterio para sodio en aves de corral.
- Valores de sulfatos por encima de 1.000 mg/L afectan el metabolismo del cobre en la mayoría de los animales. Situación que resulta en la necesidad de modificar la mezcla de minerales para consumo animal, aumentando el cobre, y disminuyendo algunos otros minerales. Aunque este valor no es característico de aguas superficiales continentales, pero puede llegarse a presentar principalmente en aguas subterráneas salinas, salobres, drenajes ácidos de minas o aguas con contaminación antrópica. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece un valor de 1000 mg/L a partir del cual no se esperan efectos adversos en animales (ANZECC & ARMCANZ, 2000).
- Para el hierro, no existe un criterio relacionado a la generación de efectos relacionados con efectos tóxicos al ganado o aves de corral. Los valores guía se asocian a actividades puntuales como la producción de carne y leche, en donde se pueden presentar efectos organolépticos según lo siguiente: El consumo de agua con presencia de hierro a valores de 0.1 mg/L puede generar aumento de la coloración de la carne en terneros; El consumo de agua con presencia de hierro a valores por encima de 0.3 mg/L en ganado lechero puede generar sabor metálico en la leche. Además, según US EPA (US EPA, 1972), se afirma que “el hierro (Fe) es esencial para la vida animal. Además, tiene un bajo orden o toxicidad” (p. 312). Por otra parte, las sales solubles de hierro son oxidadas naturalmente en contacto con el aire precipitándose como óxido férrico, lo que lo hace inofensivo para la salud animal (US EPA, 1972). Por esto, los efectos del hierro no se relacionan con efectos sobre la salud animal o humana y por lo mismo no se recomienda establecer valores para el uso pecuario, debido a los altos costos que puede representar para el sector pecuario el tratamiento de hierro. Además, de acuerdo con ANZECC & ARMCANZ (2000) el hierro no es suficientemente tóxico para definir un criterio de calidad para el uso pecuario.
- El bario a valores por encima de 300 mg/L reduce el aumento de peso en la cría de aves de corral. Por esto, se establece un criterio exclusivamente para aves de corral en este uso.
- En relación al cianuro, las leyes federales y estatales de Estados Unidos tienen dos criterios, según (US EPA, 1988): En algunos estado se establece que el cianuro no debe presentarse en cantidad que impida el uso agrícola, pecuario o industrial, en esta caso no se establece valor para cianuro y su concentración en el agua debe analizarse caso a caso; En otros estados, se establece a partir del hecho que el cianuro es una sustancia toxica para el ser humano, animales, plantas y vida acuática, razón por la cual esta sustancia introducida

directamente o indirectamente por la actividad humana debe presentarse en un valor que proteja la flora y fauna y la salud humana, es por esto que en estados como Alaska, Arizona, Colorado, Columbia, entre otros se establece un valor de 0.2 mg/L de cianuro libre para el uso agrícola y pecuario, mismo valor empleado para el uso consumo humano.

Por otra parte, el exceso de magnesio puede generar efectos laxantes, afectando el desarrollo de especies animales y generando pérdidas económicas, siendo de especial interés este aspecto en las aves, cerdos, caballos, vacas (lactantes) y ovejas con corderos (FAO, 2019). Por lo anterior para este uso se establecen los siguientes valores a partir de (FAO, 2019):

- 250 mg/L de magnesio para aves de corral, porcinos, caballos, terneros y ovejas con corderos.
- 400 mg/L de magnesio para ganado vacuno
- 500 mg/L de magnesio para ovejas adultas

#### 5.2.6.1.4. Uso agrícola

Para el uso agrícola en relación con los efectos de los iones y metales sobre el suelo y las plantas, estos son difíciles de predecir debido a que dependen no solo de la calidad del agua, sino de aspectos como:

- La tasa de riego y método de riego.
- Propiedades físicas y químicas del suelo (contenido de arcilla, capacidad de intercambio catiónico, sodio intercambiable, capacidad de infiltración del suelo, contenido de materia orgánica).
- La tolerancia o sensibilidad del cultivo y prácticas de manejo del cultivo (lixiviación, drenaje, aplicación de enmiendas).
- Condiciones climáticas (precipitación, evaporación)

De acuerdo con el objeto de los criterios de calidad no es posible incorporar todos los elementos dado que involucra aspectos de la producción que no son de resorte de la autoridad ambiental, y que estas condiciones son complejas y difíciles de predecir (FAO, 1992). Teniendo en cuenta lo anterior, se emplea el esquema de clasificación de agua para riego de Ayers y Westcot (FAO, 1985) con el objetivo de minimizar los riesgos por salinidad, sodicidad, toxicidad específica (iones y oligoelementos) y otros riesgos secundarios. Esta clasificación permite identificar posibles problemas de producción de cultivos asociados con el uso de agua. Además, se establecen otros criterios en relación con iones o metales que tienen posibles efectos sobre la salud humana.

Además, teniendo en cuenta los factores intrínsecos en aguas continentales, es importante tener en cuenta que de acuerdo con la evolución hidroquímica se tiene lo siguiente: 1. En aguas superficiales el valor de conductividad eléctrica y iones o metales es variable con valores

típicamente bajos; 2. En las aguas subterráneas el valor de conductividad eléctrica y iones o metales es relativamente constante en valores altos. Por lo anterior, dadas sus condiciones naturales es más probable encontrar restricciones en el agua para riego en las aguas subterráneas.

A continuación, se analiza cada uno de estos aspectos.

- Salinidad

De acuerdo con el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC, 2019) “La salinización es proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas mediante el cual ocurre el aumento, ganancia o acumulación de sales solubles en el suelo, lo cual tiene implicaciones negativas sobre los servicios y las funciones ecosistémicas y ambientales que ofrecen los suelos.”

La salinidad en los suelos se define como “la concentración de sales totales en el suelo (se incluyen las sales en solución, intercambiables y poco solubles).” (...) “La medición de la salinidad se realiza con la conductividad eléctrica (CE) y sus relaciones con el contenido de bases intercambiables (Na, K, Ca, Mg) y de aniones.” (IDEAM, CAR y U.D.C.A, 2017).

El exceso de sales en el suelo o el agua reducen la disponibilidad de agua para el cultivo, afectando su rendimiento. El contenido total de sales del agua se controla a partir de la medición indirecta mediante el parámetro conductividad eléctrica o medición directa de sólidos disueltos totales.

A partir de consideraciones relativas con la salinidad de agua, y de acuerdo con la información y referencias bibliográficas de la Tabla 5-28 y teniendo en cuenta que la tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad es conocida se establece lo siguiente:

- Aguas con valores de conductividad eléctrica menor a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o sólidos disueltos totales menores a 450 mg/L no generan ningún grado de restricción para su uso dada su baja salinidad a media salinidad. Se tiene la posibilidad de generar problemas de salinidad sólo en suelos de muy baja permeabilidad o cultivos altamente sensibles.
- Aguas con valores de conductividad eléctrica mayor a 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y menor a 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o sólidos disueltos totales mayor a 450 mg/L y menor a 2000 mg/L generan restricción leve a moderada dada su alta salinidad. Su uso está restringido a suelos con buen drenaje y prácticas de manejo que permitan una fracción de lixiviación que garantice que la salinidad se mantenga dentro de la tolerancia de cultivos.
- Aguas con valores de conductividad eléctrica mayor a 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o sólidos disueltos totales mayor a 2000 mg/L generan restricción severa dada su muy alta salinidad. Agua que en general no es apta para riego, debido que se requiere de altos volúmenes de agua para

garantizar una adecuada lixiviación que permita controlar la salinidad dentro los niveles de tolerancia de cultivos.

A pesar de lo anterior, no es posible analizar de manera aislada la salinidad del agua para riego, lo anterior debido al efecto combinado de la salinidad y el ion sodio tienen sobre las propiedades y capacidad de infiltración del suelo. Lo anterior se analiza a continuación.

- Sodicidad

La relación de absorción de sodio (RAS) es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta su permeabilidad. Sus efectos no dependen sólo de la concentración en sodio sino de los contenidos de sodio, calcio y magnesio y que expresa la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo.

Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y al contrario, si predomina el calcio y el magnesio, el peligro es menor. El RAS se define de acuerdo con la siguiente:

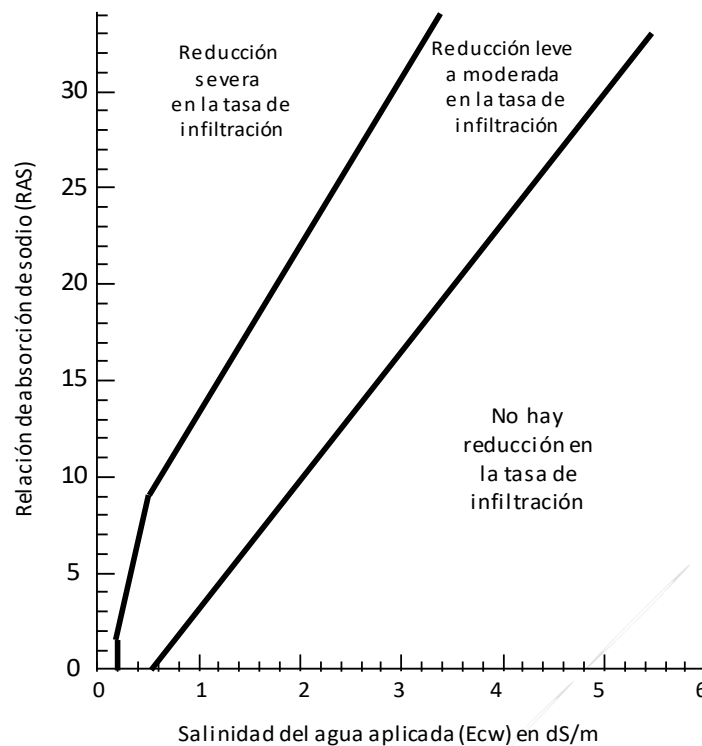
$$RAS = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{([Ca] + [Mg])}{2}}}$$

[Na] = Concentración de sodio en meq/l

[Ca] = Concentración de calcio en meq/l

[Mg] = Concentración de Magnesio en meq/l

Los efectos de la relación de absorción de sodio (RAS) (proporción relativa de sodio respecto al calcio y magnesio) y la conductividad eléctrica (sales disueltas) sobre la capacidad de infiltración del suelo se observan de manera gráfica en la Figura 5-12.



**Figura 5-12 Efectos de la salinidad y la RAS en la tasa de infiltración de agua**

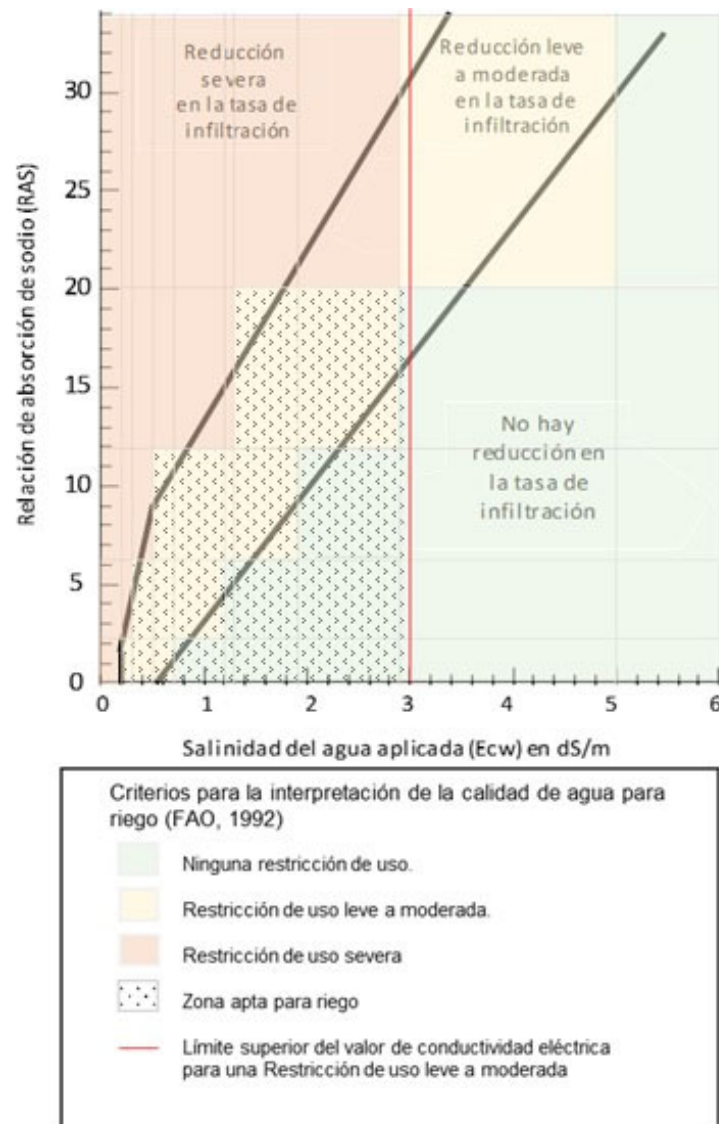
Fuente: Adaptada para traducción de FAO et al. (2023)

Como resultado del análisis de la Figura 5-13 se establece que debe existir un equilibrio entre la salinidad (conductividad eléctrica o sólidos disueltos totales) y relación de adsorción de sodio para evitar efectos sobre la capacidad de infiltración del suelo. Además, se deben considerar las restricciones sobre el uso que genera la salinidad asociada con la tolerancia de los cultivos.

Considerando los criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego de la Tabla 5-28 y la Figura 5-12 (FAO, 2023), se elaboró la Figura 5-13 que permite establecer lo siguiente:

- Las aguas con conductividades eléctricas menores a 0.2 dS/m generan una reducción severa de la tasa de infiltración independiente de la proporción de sodio (RAS). Lo anterior dada sus propiedades corrosivas que impactan los agregados del suelo y su estructura, en donde las partículas finas del suelo se dispersan y llenan espacios vacíos a través de los cuales el agua se infiltra, como resultado de lavado de minerales y sales solubles (especialmente calcio). A pesar de lo anterior, de acuerdo con FAO (1985) se considera que el rango usual para el agua de riego es 0-3 dS/m.
- En general es posible establecer que cuando la proporción de Sodio:Calcio es mayor a 3:1 (FAO, 2023) se promueve la dispersión del suelo y la ruptura estructural, con efectos severos sobre la reducción de la tasa de infiltración del suelo.





**Figura 5-13 Efectos de la salinidad y la RAS en la tasa de infiltración de agua y Criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego**

Fuente: Adaptada para traducción de FAO et al. (2023) e incorporación de Criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego (FAO, 1992)

- Toxicidad específica

Dados los efectos fitotóxicos sodio (Na), cloruro (Cl) y boro (B) es necesario establecer criterios en relación con la toxicidad específica que resulta en problemas de crecimiento, rendimiento e incluso muerte de la planta. Teniendo en cuenta los criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego de la Tabla 5-28 se establece lo siguiente:

- Para evitar problemas de toxicidad por sodio y alteración de la estructura del suelo, se establece un criterio de calidad de acuerdo con lo siguiente: Para riego superficial la Relación de adsorción de sodio (RAS) debe ser menor o igual a 9; Para riego por aspersión el contenido de sodio debe ser menor a 207 mg/L. Lo anterior a partir del límite superior de la restricción de uso leve a moderada, en donde existe cierto peligro de acumulación de sodio en suelos de textura fina, y en condiciones de baja percolación.
- Se establece un valor de 354.6 mg/L de cloruros a partir del límite superior de la restricción de uso leve a moderada, en donde existe posibilidad de generar problemas de salinización dependiendo de la frecuencia de lavado del suelo y sus condiciones drenaje.
- De acuerdo con FAO (1992) y FAO (2006), los valores de boro menores 3 mg/L pueden generar restricciones leves a moderadas en el uso de agua para riego y solo valores menores a 0.7 mg/L no generan ningún grado de restricción para su uso. Se considera por lo anterior, a diferencia del régimen de transición, que es necesario definir un valor único debido a que para su aplicación de acuerdo con la normatividad vigente la autoridad debe tener en cuenta aspectos técnicos de la producción que no son de resorte de la autoridad ambiental. Por esto, se establece un valor de 3 mg/L de boro a partir del límite superior de la restricción de uso leve a moderada.

**Tabla 5-28 Criterios para la interpretación de la calidad de agua para riego**

Parámetro	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	leve a moderado	severo
Salinidad				
Conductividad Eléctrica a 25°C	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
Solidos totales disueltos (SDT)	mg/L	< 450	450 - 2000	> 2000
Efectos de la salinidad		Agua de salinidad baja a media apta para riego. No se generan efectos a corto o mediano plazo.	-Agua de salinidad alta. Puede utilizarse para el riego solo en suelos con buen drenaje, garantizando la fracción de lixiviación que garantice que la salinidad se mantiene dentro de la tolerancia de cultivos sensibles.	Agua con muy alta salinidad que en general no es apta para el riego.
Sodicidad (infiltración)				
Relación de absorción de sodio (RAS) en (meq/l) <sup>1/2</sup>		Conductividad Eléctrica (CE) a 25°C (DS/m)		
0-3		>0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
3-6		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
6-12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
12-20		>2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicidad específica: Sodio				
Riego superficial	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Riego por aspersión	meq/l (mg/L)	<3 (< 69 mg/L)	3-9 (69-207 mg/L)	>9 (207 mg/L)

Parámetro	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	leve a moderado	severo
Efectos del sodio.		Agua con bajo contenido en sodio apta para el riego en casi todos los suelos con muy bajo riesgo de alcanzar niveles perjudiciales de sodio intercambiable.	Agua con contenido medio en sodio que es apta para el riego en la mayoría de los casos.  Debe usarse suelos de textura gruesa o suelos orgánicos con buena permeabilidad.	Agua con contenido alto de sodio que no es aconsejable para el riego. Peligro de alcanzar niveles perjudiciales de sodio intercambiable en casi todos los suelos.
Toxicidad específica: cloruros				
Cloruros (Cl-) - irrigación superficial	meq/l (mg/L)	<4 (<142 mg/L)	4-10 (142-354.6 mg/L)	>10 (>354.6 mg/L)
Efectos de los cloruros		Agua con bajo contenido en cloruros con muy bajo riesgo de generar niveles tóxicos aun en cultivos sensibles. Baja posibilidad de generar problemas de salinización dependiendo de la frecuencia de lavado del suelo y sus condiciones drenaje.	Agua con contenido medio a alto de cloruros, posibilidad de generar niveles tóxicos aun en cultivos moderadamente sensibles a moderadamente tolerantes. Media posibilidad de generar problemas de salinización dependiendo de la frecuencia de lavado del suelo y sus condiciones drenaje.	Agua con contenido muy alto de cloruros, genera niveles tóxicos aun en cultivos tolerantes y problemas de salinización.
Toxicidad específica: Boro				
Boro	mg/L	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Bicarbonato				
Bicarbonato	meq/l (mg/L)	<1.5 (<91.5 mg/L)	1.5-8.5 (91.5-518.5 mg/L)	>8.5 (>518.5 mg/L)

Fuente: Adaptada de FAO et al. (1992) y OMS et al. (2006)

La Figura 5-13 y la Tabla 5-28 permiten interpretar lo siguiente en relación con la aptitud del agua para riego en relación con los potenciales problemas de salinidad, infiltración y toxicidad específica de iones:

- Considerando los problemas potenciales del riego asociados con la salinidad no se debe exceder el límite superior del valor de conductividad eléctrica (3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) o 2000 mg/L de sólidos disueltos totales de la categoría restricción de uso leve a moderada.
- Considerando los problemas potenciales del riego asociados con sodicidad (tasa de infiltración de agua) se debe cumplir con los rangos de valores para RAS y Conductividad Eléctrica los cuales se resaltan en la Tabla 5-28 con color gris.
- Considerando los problemas potenciales de toxicidad específica del sodio, cloruro y boro se debe cumplir con las concentraciones (o RAS) que se resaltan en la Tabla 5-28 con color gris.

Los micronutrientes, trazas u oligoelementos, son los elementos requeridos en pequeñas cantidades por las plantas o animales, necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Los vegetales los requieren solamente en cantidades muy pequeñas y por lo general no requieren se añadidos mediante fertilizantes. La mayor parte de estos microelementos están disponibles para las plantas en un pH entre 6-8 unidades de pH.

Aun cuando los oligoelementos son indispensables para el crecimiento vegetal, altas concentraciones de algunos de estos elementos son tóxicas para las plantas. En la Tabla 5-29 se presentan las concentraciones máximas recomendada de oligoelementos para la producción de cultivos (FAO, 2023) las cuales se basan en una tasa de aplicación de agua que sea compatible con buenas prácticas de riego (10 000 m<sup>3</sup> por hectárea por año). A tasas de aplicación mayores las concentraciones máximas deben ajustarse a la baja.

**Tabla 5-29 Concentración máxima recomendada de oligoelementos para la producción de cultivos**

Parámetro	Concentración máxima recomendada (mg/L)	Observación
Aluminio	5	Puede causar falta de productividad en suelos ácidos (pH < 5,5). En suelos alcalinos a pH > 7,0 se precipita y se elimina la toxicidad.
Arsénico	0.1	La toxicidad en plantas varía ampliamente desde 0,05 mg/L para el arroz hasta 12 mg/L para el pasto Sudán.
Berilio	0.1	La toxicidad en plantas varía ampliamente desde 0,5 mg/L para los frijoles arbustivos hasta 5 mg/L para la col rizada.
Cadmio	0.01	Tóxico para los frijoles, las remolachas y los nabos en concentraciones tan bajas como 0,1 mg/L. Se recomiendan límites conservadores debido a su potencial de acumulación en plantas y suelos hasta concentraciones que pueden ser perjudiciales para los seres humanos.
Cobalto	0.05	Tóxico para las plantas de tomate en concentraciones de 0,1 mg/L . Tiende a ser inactivado en suelos neutros y alcalinos.
Cromo	0.1	Se recomiendan límites conservadores debido a la falta de conocimiento sobre su toxicidad para las plantas. No se reconoce como un elemento esencial para el crecimiento de plantas.
Cobre	0.2	Tóxico para varias plantas en dosis de 0,1 a 1,0 mg/L en soluciones nutritivas.
Fluoruro	1	Inactivado en suelos neutros y alcalinos.
Hierro	5	No es tóxico para las plantas en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y a la pérdida de disponibilidad de fósforo y molibdeno esenciales. La aspersión puede provocar depósitos de hierro en plantas, equipos y edificios.
Litio	2.5	Tóxico para los cítricos en concentraciones bajas (<0,075 mg/L). Tolerado por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg/L, pero es móvil en el suelo.
Manganeso	0.2	Tóxico desde unas pocas décimas hasta unos pocos mg/L, pero normalmente sólo en suelos ácidos.
Molibdeno	0,01	No es tóxico para las plantas en concentraciones normales en el suelo y el agua. Puede ser tóxico para el ganado si el forraje se cultiva en suelos con altas concentraciones de molibdeno disponible.
Níquel	0.2	La toxicidad en plantas varía desde 0,5 mg/L hasta 1 mg/L. La toxicidad disminuye a pH neutro o alcalino.
Plomo	5	En concentraciones altas puede inhibir el crecimiento de las células vegetales.
Selenio	0,02	Tóxico para las plantas en concentraciones tan bajas como 0,025 mg/L y tóxico para el ganado si el forraje se cultiva en suelos con niveles relativamente altos de selenio añadido. Es esencial para los animales en concentraciones muy bajas.
Vanadio	0.1	Tóxico para muchas plantas en concentraciones relativamente bajas.
Zinc	2	Tóxico para muchas plantas en concentraciones muy variables; toxicidad disminuye a pH > 6,0 y en suelos orgánicos o de textura fina.

Fuente: Adaptada de FAO (2023).

- Otros efectos secundarios

El bicarbonato, aunque no es un ion tóxico para las plantas genera depósitos blanquecinos en frutos y hojas que pueden alterar el valor comercial de los productos agrícolas. Por lo anterior, de acuerdo

con lo que se establece en la Tabla 5-28 se establece un valor de 518.5 mg/L de bicarbonatos a partir del límite superior de la restricción de uso leve a moderada.

Con respecto al párrafo 2o. del artículo 2.2.3.3.9.5, es preciso establecer que la norma vigente no establece valores con respecto a estos parámetros sino únicamente su medición. La propuesta establece criterios con relación a conductividad eléctrica, relación de absorción de sodio (RAS) y sodio, valores con los cuales de acuerdo con la clasificación de agua para riego de Ayers y Westcot (FAO, 1985) se tienen el objetivo de minimizar los riesgos por salinidad y sodicidad, lo cual la norma vigente con un mayor número de parámetros no permite. Además, con relación a los radionucleidos, se establece que en mesas desarrolladas a través del Consejo Nacional del Agua y en articulación entre los sectores Energía (Grupo de asuntos nucleares), Vivienda, Salud y Ambiente se soporta la eliminación de lo correspondiente a radionucleidos para el uso agrícola.

- Efectos en la salud humana

Dado que el mercurio puede bioacumularse en los productos agrícolas hasta concentraciones que pueden ser perjudiciales para los seres humanos, se establece un valor de 0.002 mg/L para el mercurio. Valor que esta soportado en los estándares de calidad para agua de consumo humano de Estados Unidos (US EPA, 2019).

Por lo mencionado en el uso pecuario se establece un valor de 0.2 mg/L de cianuro libre para el uso agrícola, es decir, se emplea valor empleado para el uso consumo humano y doméstico.

#### 5.2.6.1.5. Uso recreativo

De acuerdo con la Guía OMS sobre la calidad del agua para usos recreativos (WHO, 2021) aplicable a actividades que involucren contacto con el agua y actividades cercanas al cuerpo de agua, la frecuencia (clima frío, clima templado, clima cálido) y ruta de exposición (contacto con la piel, ojos y membranas mucosas; inhalación; e ingestión), así como la probabilidad de la exposición son aspectos importantes para evaluar los riesgos de las sustancias químicas en las aguas para uso recreativo.

Teniendo en cuenta la dificultad de elaborar evaluaciones cuantitativas de riesgo para determinar valores que tengan en cuenta las diferentes frecuencias y rutas de exposición, la guía establece valores de referencia indicativos para algunos químicos en aguas para uso recreativo a partir de una concentración 20 veces superior al valor de referencia de las Directrices de la OMS para la calidad del agua potable (ver Tabla 5-30). Lo anterior teniendo en cuenta que la exposición en el uso recreativo es baja e intermitente respecto al consumo de agua y que es poco probable que seres humanos estén expuestos a concentraciones suficientemente altas de químicos para causar efectos

adversos después de una sola exposición. Estos valores serán empleados como criterios de calidad para el uso recreativo.

**Tabla 5-30 Valores indicativos para metales en aguas para uso recreativo**

Iones y metales		
Parámetro	Unidad de medida	Valor indicativo para químicos en aguas para uso recreativo (mg/L)
Aluminio	mg Al/L	18
Arsénico	mg As/L	0,2
Cadmio	mg Cd/L	0,06
Cobre	mg Cu/L	40
Cromo	mg Cr/L	1
Manganeso	mg Mn/L	8
Níquel	mg Ni/L	1,4
Plomo	mg Pb/L	0,2

Fuente: Elaborada a partir de WHO (2021).

#### 5.2.6.1.6. Uso navegación y transporte acuático y uso estético

Para los usos navegación y transporte acuático y estético no se establecen valores asociados a iones y metales debido a que no generan restricciones o limitan los mencionados usos.

#### 5.2.6.1.7. Uso preservación de flora y fauna

Para el uso preservación de flora y fauna, se establece criterios de calidad de agua a partir del desarrollo de criterios de protección de la vida acuática empleados en Estados Unidos (US EPA, 2019) y con el objetivo de que las concentraciones de contaminantes no representen un riesgo significativo para la mayoría de las especies. Las Autoridades Ambientales Competentes deberán revisar si los rangos de los parámetros de las ecuaciones presentadas se ajustan a datos medidos en su jurisdicción y deben hacer un adecuado seguimiento a los criterios de calidad que se determinen a partir de esta información.

Todos esos criterios están basados en la Guía US EPA para el establecimiento de valores numéricos en criterios nacionales de calidad del agua para la protección de los organismos acuáticos y sus usos (US EPA, 1985). Dichos criterios han sido desarrollados igualmente a partir de múltiples ensayos de toxicidad agudos o crónicos para la vida acuática y estableciéndose a partir de ello criterios diferenciados para la toxicidad aguda y crónica de acuerdo con lo siguiente:

- La CMC, es la concentración máxima para una exposición promedio de 1 hora que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición aguda
- La CCC, es la concentración continua para una exposición promedio de 4 días que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición crónica. Esta última, es la equivalente a los umbrales subletales sobre comunidades acuáticas determinados a partir de bioensayos.

La definición de los criterios de calidad para el uso preservación de flora y fauna dependerá de la exposición, se recomienda emplear la concentración continua asociada a la exposición crónica, debido a que representa valores que garantizan la protección de las comunidades acuáticas.

Por lo anterior, se recopila ese conocimiento científico para ser empleado en los criterios de calidad para el uso preservación de flora y fauna.

Los criterios para la mayoría de los metales se expresan como estándares para muestras filtradas a través de un filtro de 0,45 micras, por lo que el valor corresponde a concentración disuelta del metal. Para convertir las concentraciones sin filtrar en filtradas, es posible emplear el factor de conversión (CF) para cada metal.

- Cadmio, Cromo III, Níquel, Plata, Plomo y Zinc

En algunos metales, la toxicidad y biodisponibilidad de este, depende de la dureza total del agua, por lo anterior US EPA (US EPA, 2019) establece ecuaciones que permiten determinar el valor de CMC y CCC para diferentes parámetros a partir de la dureza total del agua y de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

Para determinar la concentración máxima CMC y la concentración continua CCC para agua dulce no filtrada (nf) las ecuaciones son las siguientes:

$$CMC_{nf} = e^{a \cdot [\ln(DT)] + b}$$

$$CCC_{nf} = e^{c \cdot [\ln(DT)] + d}$$

Donde,

a, b, c, d son parámetros asociados a cada metal, ver Tabla 5-31.

DT= dureza total expresada en mg/L de carbonato de calcio, con valores de hasta 400 mg/L de carbonato de calcio. Para una dureza superior a debe emplearse el valor de 400 mg/L de carbonato de calcio como el valor máximo permitido.

CMC y CCC expresados en µg/L.

Para determinar la concentración máxima CMC y la concentración continua CCC para agua dulce filtrada o metal disuelto las ecuaciones son las siguientes:

$$CMC_d = CMC_{nf} \cdot CF_{CMC}$$

$$CCC_d = CCC_{nf} \cdot CF_{CCC}$$

Donde,

CF: es el factor de conversión (CF) de concentraciones sin filtrar en filtradas (disuelta), ver Tabla 5-31. Para el cadmio y el plomo, el factor de conversión en sí mismo depende de la dureza total.



En la Tabla 5-31 se resumen los parámetros para la estimación de los valores para el criterio de calidad en metales a partir de ecuaciones dependientes de la dureza total.

**Tabla 5-31 Parámetros para estimación de valores de criterios de calidad en metales – Dependientes de la dureza total. Fuente: (US EPA, 2019)**

Parámetro	a	b	C	d	CF <sub>CMC</sub>	CF <sub>CCC</sub>
Cadmio	0.9789	-3.866	0.7977	-3.909	$1.136672 - [\ln(DT) * (0.041838)]$	$1.101672 - [\ln(DT) * (0.041838)]$
Cromo III	0.819	3.7256	0.819	0.6848	0.316	0.86
Níquel	0.846	2.255	0.846	0.0584	0.998	0.997
Plata	1.72	-6.59	—	—	0.85	—
Plomo	1.273	-1.46	1.273	-4.705	$1.46203 - [\ln(DT) * (0.145712)]$	$1.46203 - [\ln(DT) * (0.145712)]$
Zinc	0.8473	0.884	0.8473	0.884	0.978	0.986

Para la plata no se identifica una relación entre la dureza total y la toxicidad crónica (CCC).

En la Tabla 5-32 se presentan valores de CCCd y CMCd para agua dulce expresados como metal disuelto en la columna, los cuales fueron estimados a partir de las ecuaciones presentadas anteriormente.

**Tabla 5-32 Valores estimados de CCCd y CMCd para diferentes valores de dureza total, expresado como metal disuelto en la columna de agua**

Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Cadmio		Cromo III		Níquel		Plata		Plomo		Zinc	
	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
5	0.11	0.07	48.99	6.37	37.14	4.12	0.02	-	2.21	0.09	9.26	9.33
10	0.21	0.13	86.44	11.24	66.75	7.41	0.06	-	4.91	0.19	16.66	16.79
20	0.40	0.21	152.49	19.84	119.99	13.33	0.20	-	10.79	0.42	29.97	30.21
30	0.58	0.29	212.55	27.65	169.09	18.78	0.41	-	17.04	0.66	42.25	42.59
40	0.76	0.36	269.02	34.99	215.68	23.96	0.67	-	23.51	0.92	53.91	54.35
50	0.94	0.43	322.96	42.01	260.49	28.93	0.98	-	30.14	1.17	65.13	65.66
60	1.11	0.49	374.97	48.78	303.93	33.76	1.34	-	36.88	1.44	76.01	76.63
70	1.29	0.55	425.43	55.34	346.27	38.46	1.74	-	43.71	1.70	86.62	87.33
80	1.46	0.61	474.60	61.74	387.68	43.06	2.19	-	50.61	1.97	96.99	97.79
90	1.63	0.66	522.66	67.99	428.31	47.57	2.68	-	57.57	2.24	107.17	108.05
100	1.79	0.72	569.76	74.11	468.24	52.01	3.22	-	64.58	2.52	117.18	118.14
110	1.96	0.77	616.02	80.13	507.55	56.37	3.79	-	71.63	2.79	127.04	128.08
120	2.13	0.82	661.52	86.05	546.33	60.68	4.40	-	78.72	3.07	136.76	137.87
130	2.29	0.87	706.34	91.88	584.60	64.93	5.05	-	85.83	3.34	146.35	147.55
140	2.46	0.92	750.54	97.63	622.43	69.13	5.74	-	92.97	3.62	155.84	157.11
150	2.62	0.97	794.17	103.31	659.84	73.29	6.46	-	100.13	3.90	165.22	166.57
160	2.78	1.02	837.28	108.91	696.87	77.40	7.22	-	107.31	4.18	174.50	175.93
170	2.94	1.07	879.90	114.46	733.54	81.47	8.01	-	114.50	4.46	183.70	185.20
180	3.11	1.12	922.07	119.94	769.88	85.51	8.84	-	121.70	4.74	192.82	194.40
190	3.27	1.16	963.82	125.37	805.92	89.51	9.70	-	128.92	5.02	201.86	203.51
200	3.43	1.21	1005.17	130.75	841.66	93.48	10.60	-	136.14	5.31	210.82	212.55
210	3.59	1.25	1046.15	136.08	877.13	97.42	11.52	-	143.37	5.59	219.72	221.52

Dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Cadmio		Cromo III		Níquel		Plata		Plomo		Zinc	
	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd	CMCd	CCCd
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
220	3.75	1.30	1086.77	141.37	912.33	101.33	12.48	-	150.61	5.87	228.55	230.42
230	3.90	1.34	1127.07	146.61	947.30	105.22	13.48	-	157.85	6.15	237.33	239.27
240	4.06	1.39	1167.05	151.81	982.03	109.07	14.50	-	165.10	6.43	246.04	248.05
250	4.22	1.43	1206.72	156.97	1016.53	112.91	15.56	-	172.34	6.72	254.70	256.78
260	4.38	1.47	1246.11	162.09	1050.83	116.71	16.64	-	179.59	7.00	263.31	265.46
270	4.53	1.51	1285.23	167.18	1084.92	120.50	17.76	-	186.84	7.28	271.86	274.09
280	4.69	1.56	1324.09	172.24	1118.82	124.27	18.90	-	194.09	7.56	280.37	282.66
290	4.85	1.60	1362.69	177.26	1152.53	128.01	20.08	-	201.34	7.85	288.83	291.19
300	5.00	1.64	1401.06	182.25	1186.07	131.74	21.28	-	208.58	8.13	297.25	299.68
310	5.16	1.68	1439.20	187.21	1219.43	135.44	22.52	-	215.83	8.41	305.62	308.12
320	5.31	1.72	1477.11	192.14	1252.63	139.13	23.78	-	223.07	8.69	313.96	316.52
330	5.47	1.76	1514.81	197.05	1285.66	142.80	25.08	-	230.31	8.97	322.25	324.89
340	5.62	1.80	1552.30	201.92	1318.55	146.45	26.40	-	237.54	9.26	330.50	333.21
350	5.78	1.84	1589.59	206.77	1351.28	150.09	27.75	-	244.77	9.54	338.72	341.49
360	5.93	1.88	1626.70	211.60	1383.87	153.71	29.12	-	252.00	9.82	346.90	349.74
370	6.08	1.92	1663.61	216.40	1416.33	157.31	30.53	-	259.22	10.10	355.05	357.96
380	6.24	1.96	1700.35	221.18	1448.64	160.90	31.96	-	266.43	10.38	363.17	366.14
390	6.39	1.99	1736.91	225.94	1480.83	164.47	33.42	-	273.64	10.66	371.25	374.28
400	6.54	2.03	1773.30	230.67	1512.89	168.04	34.91	-	280.85	10.94	379.30	382.40

La CMCd, es la concentración máxima del metal disuelto para una exposición promedio de 1 hora que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición aguda;

La CCCd, es la concentración continua del metal disuelto para una exposición promedio de 4 días que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición crónica.

- Aluminio

Para el parámetro aluminio, US EPA propone emplear una hoja de cálculo en Excel con datos de entrada de química del agua (pH, dureza y carbono orgánico disuelto) para establecer el valor de la concentración máxima CMC y la concentración continua CCC de aluminio total. Lo anterior debido a los siguientes aspectos (US EPA, 2018):

- Niveles elevados de aluminio pueden afectar la capacidad de algunas especies para regular los iones, como las sales, e inhibir las funciones respiratorias. Además, se puede acumular en la superficie de las branquias de un pez, lo que provoca disfunción respiratoria y posible muerte.
- En relación con el pH, se establece que: a bajos valores de pH aumenta la solubilidad del aluminio y su biodisponibilidad; a altos valores de pH cambia la especiación del aluminio haciéndolo más biodisponible.
- En relación con la dureza, se establece que valores más altos de dureza, existe un mayor número de iones presentes que compiten con el aluminio y hacen que este sea menos biodisponible.
- En relación con el carbono orgánico disuelto, se establece que a valores más altos del parámetro se reduce la biodisponibilidad dureza, debido a que el aluminio se encuentra unido al carbono orgánico disuelto.

La hoja de Excel funciona para los siguientes rangos de los parámetros: pH (5.0-10.5), dureza total (0.01-430 mg/L CaCO<sub>3</sub>); carbono orgánico disuelto (0.08-12 mg/L), no obstante cuando los valores se salgan de estos rangos se recomienda emplear los valores mínimos y máximos establecidos en el rango de funcionamiento. En la Tabla 5-33 se presentan los valores estimados de CMC y CCC para el aluminio total, que permiten observar el comportamiento de los valores del parámetro para diferentes valores de pH, dureza total y carbono orgánico disuelto.

**Tabla 5-33 valores estimados de CMC y CCC para aluminio total**

carbono orgánico disuelto (0.08 mg/L)														
dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH													
	5		6		7		8		9		10		10.5	
	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)
0.01	0.0014	0.00085	0.12	0.073	3.8	2.4	46	29	210	130	360	220	320	200
100	7.7	5.1	66	31	290	160	460	280	250	160	51	32	16	10
200	15	9.5	98	40	380	190	540	340	250	160	44	28	13	8
300	21	13	120	47	440	200	600	370	250	160	40	25	11	7
400	27	16	140	53	480	210	640	400	260	160	38	24	10	6.3
430	29	17	150	54	500	220	650	410	260	160	37	23	9.9	6.2
carbono orgánico disuelto (3 mg/L)														
dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH													
	5		6		7		8		9		10		10.5	
	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)
0.01	0.012	0.0074	1	0.64	33	21	400	240	1800	1100	3100	1900	2800	1700
100	67	42	620	320	1600	520	2900	1200	2200	1400	440	280	140	87
200	130	80	940	440	2100	590	3000	1100	2200	1400	380	240	110	69
300	190	120	1200	510	2400	640	3200	1100	2200	1400	350	220	97	61
400	250	150	1400	570	2600	670	3300	1000	2200	1500	330	210	88	55
430	260	160	1500	590	2600	670	3300	1000	2200	1500	330	200	86	54
carbono orgánico disuelto (6 mg/L)														
dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH													
	5		6		7		8		9		10		10.5	
	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)
0.01	0.018	0.011	1.5	0.96	50	31	600	380	2700	1700	4700	2900	4200	2600
100	100	63	950	510	2300	660	3600	1100	3200	2100	670	420	210	130
200	190	120	1400	690	2800	740	3800	1100	3200	1900	580	360	170	100
300	280	180	1800	810	3200	790	4000	1100	3100	1800	530	330	150	92
400	370	230	2200	910	3500	830	4100	1000	3100	1700	500	310	130	84
430	400	250	2200	930	3600	840	4100	1000	3100	1700	490	310	130	82

carbono orgánico disuelto (9 mg/L)														
dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH													
	5		6		7		8		9		10		10.5	
	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)
0.01	0.023	0.014	2	1.2	63	40	770	480	3500	2200	6000	3700	5400	3400
100	130	81	1200	660	2700	750	4100	1100	3900	2200	850	530	270	170
200	250	150	1900	890	3400	840	4300	1100	3700	1800	740	460	210	130
300	360	230	2400	1100	3800	900	4400	1000	3500	1700	680	420	190	120
400	470	300	2800	1200	4200	930	4500	1000	3400	1500	640	400	170	110
430	510	320	2900	1200	4200	940	4500	1000	3400	1500	630	390	170	100
carbono orgánico disuelto (12 mg/L)														
dureza total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	pH													
	5		6		7		8		9		10		10.5	
	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)	CMC (µg/l)	CCC (µg/l)
0.01	0.027	0.017	2.3	1.5	75	47	910	570	4200	2600	7100	4400	6400	4000
100	150	96	1500	790	3100	820	4400	1100	4200	2100	1000	630	320	200
200	290	180	2200	1100	3900	920	4600	1100	3900	1700	880	550	250	160
300	430	270	2800	1300	4300	980	4700	1000	3700	1500	800	500	220	140
400	560	350	3300	1400	4700	1000	4700	1000	3500	1400	760	470	200	130
430	600	380	3500	1500	4800	1000	4700	1000	3500	1300	750	470	200	120

La CMC, es la concentración máxima para una exposición promedio de 1 hora que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición aguda; La CCC, es la concentración continua para una exposición promedio de 4 días que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición crónica.

Para convertir de µg/l a mg/L dividir por 1000.

- Otros metales y iones

Para el establecimiento de criterios de calidad para otros metales y iones, se emplearon los valores definidos para la protección de ecosistemas acuáticos en ANZECC & ARM CANZ (2000). Estos valores fueron determinados empleando los lineamientos del informe de la OCDE para la extrapolación de datos de toxicidad acuática de laboratorio al medio ambiente real, que se basa la determinación del nivel de protección en el que no se espera un efecto adverso en un porcentaje predeterminado de las especies (usualmente 95%) con base en el uso de la distribución estadística modificada de Aldenberg y Slob (1993) y valores finales de toxicidad.

En la Tabla 5-34 se presentan los valores para diferentes niveles de protección y se resalta el valor de porcentaje de protección del 95% o 99% que será empleado para definir los valores para estos metales. Para algunos metales se emplea un nivel de protección del 99% debido a que un nivel de

protección del 95% puede no proteger a las especies clave de prueba de la toxicidad crónica o pueden producir efectos de bioacumulación o envenenamiento secundario.

**Tabla 5-34 Valores diferentes niveles de protección - metales**

Parámetro	Unidad de medida	Valores para agua dulce (mg/L)			
		Nivel de protección (% de las especies)			
		99%	95%	90%	80%
Arsénico III	mg As(III)/L	0,001	0,024	0,094	0,36
Arsénico V	mg As(V)/L	0,0008	0,013	0,042	0,14
Boro	mg B/L	0,09	0,37	0,68	1,3
Cianuro	mg CN-/L como cianuro libre	0,0004	0,003	0,006	0,013
Cloro total	mg Cl/L	0,0040	0,007	0,011	0,018
Cromo VI	mg Cr(VI)/L	0,00001	0,001	0,003	0,04
Cobre	mg Cu/L	0,0010	0,0014	0,0018	0,0025
Manganeso	mg Mn/L	1,2	1,9	2,5	3,6
Mercurio	mg Hg/L	0,00006	0,0006	0,0019	0,0054
Selenio	mg Se/L	0,005	0,011	0,018	0,034

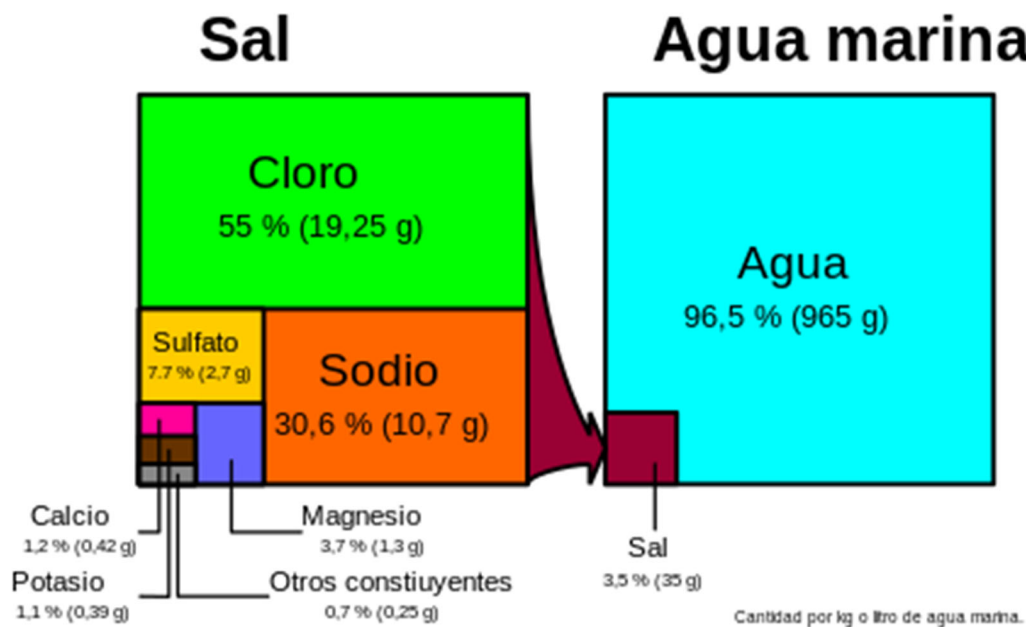
Fuente: Elaborada a partir de ANZECC & ARMICANZ (2000).

De acuerdo con ANZECC & ARMICANZ (2000) para otros metales o iones los datos insuficientes para derivar un valor para determinar un nivel de protección en agua dulce.

#### 5.2.6.2. Aguas Marinas

##### 5.2.6.2.1. Uso preservación de flora y fauna

El agua del mar es el resultado de la unión del agua con 95 elementos en forma iónica como diferentes compuestos, y de todos los seres vivos contenidas en este sistema dinámico. Los principales iones contenidos en el agua de mar son el Na, Mg, Ca, K, Cl, SO<sub>4</sub>. Estos compuestos conforman el 99,8% de la masa de sólidos disueltos en el agua de mar (Figura 5-14). Los iones y metales son elementos claves debido a que cumplen funciones biológicas y su cantidad determina directamente la cantidad de actividad biológica presente.



**Figura 5-14 Composición química del agua marina.**

Las aguas marinas en su forma natural rara vez tienen variaciones significativas de sus constituyentes, por lo que las concentraciones de ciertos elementos pueden ser aproximadas a un valor (sin considerar los cambios químicos por efectos geológicos, que producen el equilibrio constante no se alcance), excepto de los iones de  $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$ , debido a las variaciones de la actividad biológica. No obstante, las actividades antrópicas aportan sustancias químicas que alteran las concentraciones naturales del agua marina, lo que pueden generar efectos tóxicos sobre los ecosistemas acuáticos, organismos acuáticos de interés comercial y por los efectos que la exposición a los mismos puede tener sobre la salud humana.

La concentración de iones de carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), se ven afectadas por la acidificación de los océanos un compuesto que algunos organismos, como las ostras, los cangrejos, los erizos de mar, las langostas y los corales, necesitan para conformar y regenerar sus conchas y esqueletos, que además se desgastan más fácilmente a medida que el pH disminuye (OIEA, 2023).

### Metales pesados

Las actividades antrópicas genera problemas de contaminación por metales pesados se ha constituido en una de las formas más peligrosas para los ecosistemas acuáticos, dado que son elementos poco o nada biodegradables, tienden a acumularse en los tejidos de animales y vegetales acuáticos, y permanecen en ellos por largos períodos, desencadenando procesos de biomagnificación y acciones toxicodinámicas, las cuales generan alteraciones metabólicas, mutaciones y transformaciones anatómicas en las especies animales, incluido el hombre



(Panebianco, 2011). El ejemplo clásico es el mercurio, cuyo compuesto el tri-metil-mercurio, pasa a transitar por la red alimentaria de forma asombrosamente rápida y con efectos acumulativos bastante deletéreos (Marín *et al.*, 2001).

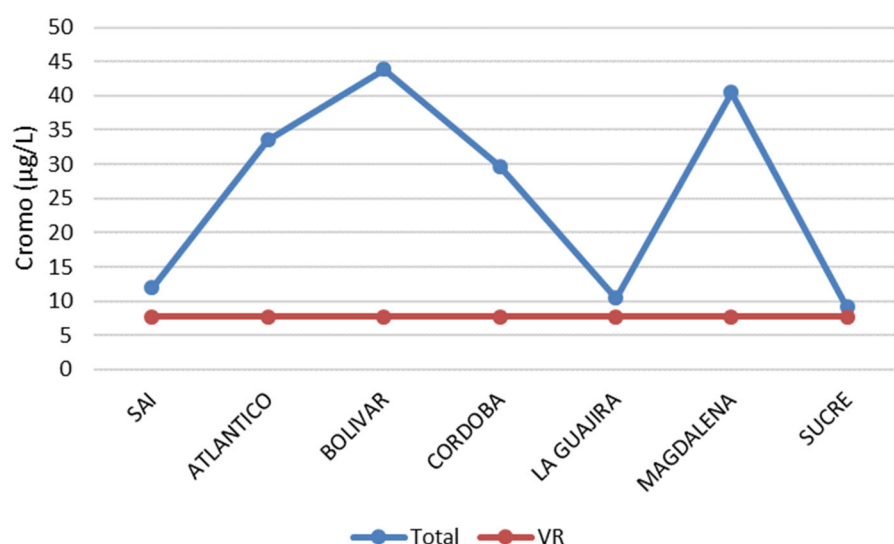
En Colombia, las concentraciones de algunos metales se han registrado en las aguas marinas, como se podrá observar en las siguientes gráficas de las Figura 5-15; Figura 5-16; Figura 5-17; Figura 5-18; Figura 5-19 y Figura 5-20

## **Cromo**

El cromo es un elemento natural en las rocas, los animales, las plantas, el suelo y en polvo y gases volcánicos. Las formas más comunes son el cromo metálico (0), el cromo trivalente (III) y el cromo hexavalente (VI). El cromo (III) se encuentra de forma natural en el ambiente, es un elemento esencial para el funcionamiento del cuerpo humano para estimular la acción de la insulina; mientras que, el cromo (VI) y el cromo (0) generalmente se producen a partir de diferentes procesos industriales.

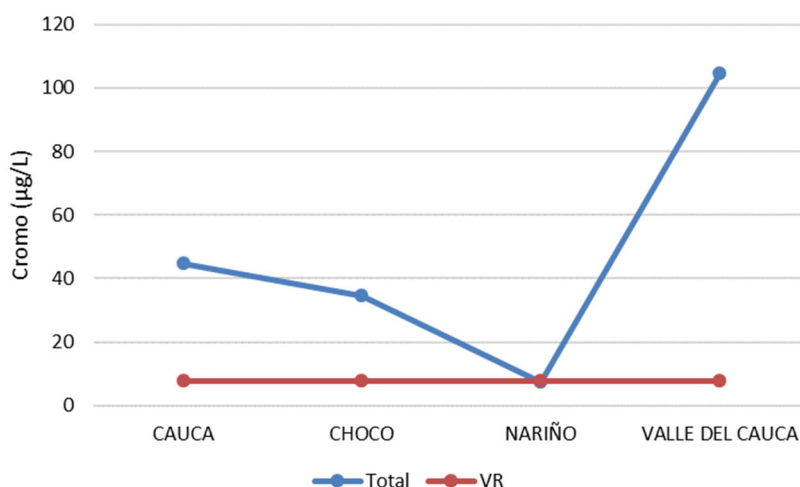
Los compuestos de cromo se utilizan en el cromado de metales, fabricación de colorantes y pigmentos, curtido de cuero y para la preservación de madera. La exposición al cromo puede causar efectos en la salud tales como irritación, hemorragias nasales, úlceras.

A partir de la revisión de los valores históricos entre 1996 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Caribe Colombiano para Cromo en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 0,03 µg de Cr/L y 2413 µg de Cr/L (Figura 5-15), lo que evidencia que la mayoría de los departamentos costeros del Caribe se encuentran por encima del valor de referencia para Cromo correspondiente a 7.7 µg de Cr/L según ANZEC (2000).



**Figura 5-15 Comportamiento del Cromo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2001 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (7.7 µg de Cr/L según ANZEC, 2000).**

En cuanto a los valores históricos entre 2001 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Pacífico colombiano para Cromo en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 0,30 µg de Cr/L y 4,39 µg de Cr/L (Figura 5-16), lo que evidencia que los departamentos costeros del Pacífico analizados se encuentran por encima del valor de referencia para Cromo correspondiente a 7.7 µg de Cr/L según ANZEC (2000). Por lo tanto, se sugiere que el valor límite para las concentraciones del Cromo en aguas marinas, sea de a **7.7 µg de Cr/L** (0,0077 mg/L), el cual es intermedio entre las normas internacionales.



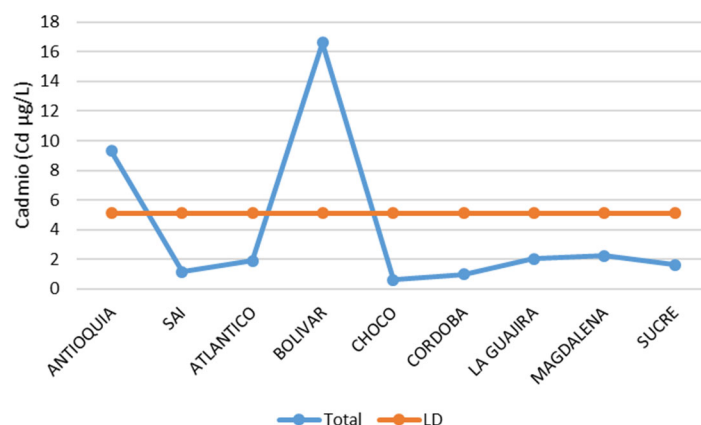
**Figura 5-16 Comportamiento del Cromo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 2001 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (7.7 µg de Cr/L según ANZEC, 2000).**

## Cadmio

El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre, por lo general, el cadmio se encuentra como un mineral combinado con elementos como el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio). Todos los suelos, rocas, incluso el carbón y abonos minerales contienen algunas concentraciones de cadmio.

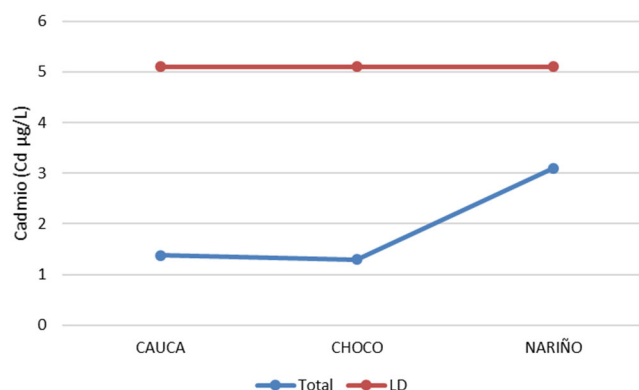
El cadmio no se degrada en el ambiente, pero sí cambia de forma, algunas de sus formas se disuelven en el agua, o pueden adherirse fuertemente a partículas de sedimentos, plantas peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente. La exposición prolongada a niveles bajos de cadmio puede producir enfermedades renales, afectación del pulmón y fragilidad en el sistema óseo.

A partir de la revisión de los valores históricos entre 1995 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Caribe Colombiano para Cadmio en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 0,62 µg de Cd/L y 16,69 µg de Cd/L (Figura 5-17), lo que evidencia que la mayoría de los departamentos costeros del Caribe se encuentran por debajo del valor de referencia para cadmio correspondiente a 5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001, exceptuando del departamento de Antioquia (9,29 µg/L) y Bolívar (16,62 µg/L) que sobrepasan el valor de referencia alcanzando concentraciones tienen descargas de los ríos Atrato y Magdalena respectivamente.



**Figura 5-17 Comportamiento del Cadmio promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001).**

En cuanto a los valores históricos entre 1995 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Pacífico Colombiano para Cadmio en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 1,29 µg de Cd/L y 3,09 µg de Cd/L (Figura 5-18), lo que evidencia que los departamentos costeros del Pacífico analizados se encuentran por debajo del valor de referencia para cadmio correspondiente a 5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001. Por lo tanto, se sugiere que el valor límite para las concentraciones del cadmio en aguas marinas, **sea de 5.1 µg de Cd/L** (0,0051 mg/L), el cual es intermedio entre las normas internacionales.



**Figura 5-18 Comportamiento del Cadmio promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (5.1 µg de Cd/L según US EPA, 2001).**

## Cobre, Mercurio, Niquel y Zinc

La información que se presenta a continuación para los iones Cobre, Mercurio, Niquel y Zinc corresponde a los análisis estadísticos realizado por el INVEMAR (2025), a partir de los datos históricos generados en el marco del monitoreo de la REDCAM. En particular, se utilizaron los datos obtenidos por el LABCAM del INVEMAR a través del monitoreo continuo que ha llevado a cabo sobre la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia.

### Cobre

REGION	variable	unidad	n	Años	media	min	q1	mediana	q3	max	sd
CARIBE	Cobre	µg/L	461	2001-2024	14,844	0,000	1,460	2,510	9,240	1320,000	68,598
PACIFICO	Cobre	µg/L	85	2001-2019	2,259	0,006	1,310	1,890	2,600	9,200	1,507

Con base en el anterior análisis estadístico se observa que el valor de la mediana de la concentración de Cobre en la región Caribe es de 2,510 µg/L de los datos registrados para las 461 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2024 en el marco de la REDCAM. En tanto que, para la región Pacífico, la mediana es de 1,890 µg/L de los datos registrados para 85 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2019. Por lo anterior, se establece coherencia del valor propuesto para esta variable y las condiciones de calidad del agua marinas y costeras del país. Sin embargo, se destaca la necesidad de implementar estrategias para asegurar la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos y por ello se establece como criterio de calidad en aguas marinas con uso para la preservación de preservación de flora y fauna, el valor de **<2 µg/L** como límite máximo para las concentraciones de **Cobre**.

### Mercurio

REGION	Variable	unidad	n	Años	media	min	q1	mediana	q3	max	sd
CARIBE	Mercurio	µg/L	126	2001-2010	28,587	0,028	1,250	2,825	5,146	3170,000	282,111
PACIFICO	Mercurio	µg/L	9	2001-2021	1,043	0,390	1,000	1,000	1,000	2,000	0,412

Con base en el anterior análisis estadístico se observa que el valor de la mediana de la concentración de mercurio en la región Caribe es de 2,825 µg/L de los datos registrados para las 126 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2010 en el marco de la REDCAM. En tanto que, para la región Pacífico, la mediana es de 1,000 µg/L de los datos registrados para 9 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2021. Por lo anterior, se establece la necesidad de implementar estrategias para asegurar la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos y por ello se establece como criterio de calidad en aguas marinas con uso para la preservación de preservación de flora y fauna, el valor de **0,94 µg/L** como límite máximo para la variable **Mercurio**. Este criterio se establece de acuerdo con lo establecido en la referencia internacional, Buchman, 2008.

## Níquel

REGION	Variable	unidad	n	Años	media	min	q1	mediana	q3	max	sd
CARIBE	Níquel	µg/L	168	2006-2020	37,357	0,000	1,493	2,615	8,795	583,000	110,872
PACIFICO	Níquel	µg/L	34	2012-2017	1,966	0,610	1,125	1,500	2,283	6,040	1,319

Con base en el anterior análisis estadístico se observa que el valor de la mediana de la concentración de Níquel en la región Caribe es de 2,615 µg/L de los datos registrados para las 168 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2006-2020 en el marco de la REDCAM. En tanto que, para la región Pacífico, la mediana es de 1,500 µg/L de los datos registrados para 34 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2012-2017. Por lo anterior, se establece coherencia entre el valor propuesto para esta variable y las condiciones de calidad del agua marinas y costeras del país, y se establece la viabilidad de adoptar el valor de **7 µg/L** como límite máximo para las concentraciones del **Níquel** en aguas marinas para el uso de preservación de flora y fauna, de acuerdo con lo establecido en la referencia internacional, ANZZEC, 2000.

## Zinc

REGION	Variable	unidad	n	Años	media	min	q1	mediana	q3	max	sd
CARIBE	Zinc	µg/L	798	2001-2024	53,729	0,050	6,310	11,600	24,000	10755,000	543,456
PACIFICO	Zinc	µg/L	93	2001-2019	253,919	0,157	5,730	9,300	17,240	22225,000	2303,125

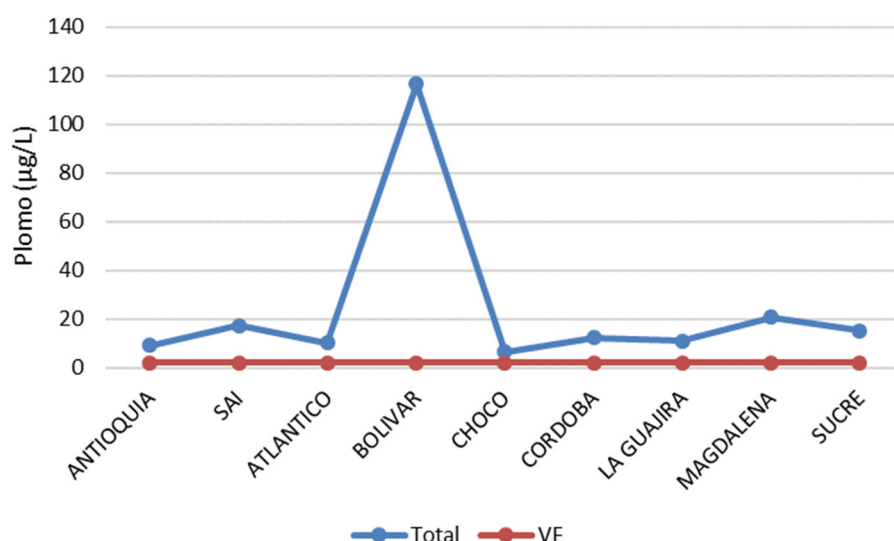
Con base en el anterior análisis estadístico se observa que el valor de la mediana de la concentración de Zinc en la región Caribe es de 11,600 µg/L, con valores promedio (media) de 53,729 µg/L de los datos registrados para las 798 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2024 en el marco de la REDCAM. En tanto que, para la región Pacífico, la mediana de la concentración es de 9,300 µg/L, con valores promedio (media) de 253,919µg/L de los datos registrados para 93 observaciones disponibles para la variable en el periodo 2001-2019. Teniendo en cuenta lo anterior, se establece que como valor propuesto para esta variable **81µg/L** como límite máximo para las concentraciones del **Zinc** en aguas marinas para el uso de preservación de flora y fauna, de acuerdo con lo establecido en la referencia internacional, Buchman, 2008.

## Plomo

El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, sus mayores concentraciones provienen de actividades como la minería, actividades industriales y quema de combustibles fósiles. El plomo no se degrada, sin embargo, compuestos de plomo son transformados por la luz natural, el aire y el agua. La exposición al plomo puede estar dada por la ingesta de alimentos contaminados,

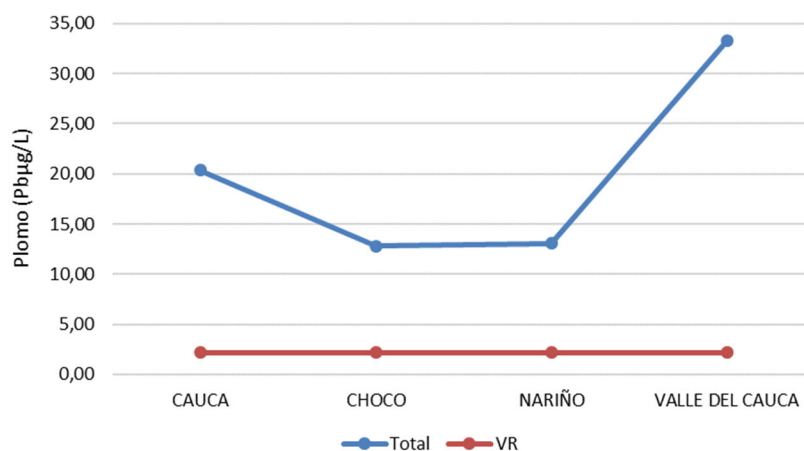
consumiendo agua con plomo, exposición constante en áreas donde se utilizó pinturas con plomo y que están en deterioro, entre otros. A nivel de salud puede afectar casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo, en general, el sistema nervioso es el más sensible, puede causar anemia y afectar las capacidades reproductivas.

A partir de la revisión de los valores históricos entre 1995 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Caribe Colombiano para Plomo en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 0,02 µg de Pb/L y 981 µg de Pb/L (Figura 5-19), lo que evidencia que la mayoría de los departamentos costeros del Caribe se encuentran por **encima del valor de referencia para Plomo correspondiente a 2.2 µg de Pb/L según ASEAN (2008).**



**Figura 5-19 Comportamiento del Plomo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Caribe colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (2.2 µg de Pb/L según ASEAN, 2008).**

En cuanto a los valores históricos entre 1995 y 2023 de las estaciones REDCAM en el Pacífico colombiano para Plomo en aguas marinas, se detectaron valores promedio entre 0,10 µg de Pb/L y 317 µg de Pb/L (Figura 5-20), lo que evidencia que los departamentos costeros del Pacífico analizados se encuentran por encima del valor de referencia para Plomo correspondiente a 2.2 µg de Pb/L según ASEAN (2008). Por lo tanto, se sugiere que el valor límite para las concentraciones del Plomo en aguas marinas, sea de **2.2 µg de Pb/L** (0.0022 mg/L) ASEAN (2008), el cual es intermedio entre las normas internacionales.



**Figura 5-20 Comportamiento del Plomo promedio (matriz agua) en las estaciones REDCAM del Pacífico colombiano, muestreadas entre los años 1995 y 2023. La línea naranja representa el valor de referencia (2.2 µg de Pb/L según ASEAN, 2008).**

En la propuesta normativa se incluirán los siguientes iones y metales para el uso de preservación de flora y fauna (Tabla 5-35).

**Tabla 5-35 Iones y metales incluidos en la propuesta normativa de criterios de calidad para preservación de flora y fauna en aguas marinas.**

Variables: Iones y metales	Variables encontradas en el Decreto 1076 de 2015	Variables incluidas en la actual propuesta normativa
<i>Antimonio</i>		X
<i>Arsénico III</i>	X	X
<i>Arsénico V</i>	X	X
<i>Bario</i>	X	X
<i>Berilio</i>	X	X
<i>Cadmio</i>	X	X
<i>Cianuro</i>	X	X
<i>Cloro total residual</i>	X	X
<i>Cobalto</i>		X
<i>Cobre</i>	X	X
<i>Cromo III</i>		X
<i>Cromo VI</i>	X	X
<i>Hierro</i>	X	X
<i>Manganeso</i>	X	X
<i>Mercurio</i>	X	X
<i>Molibdeno</i>		X
<i>Níquel</i>	X	X



Variables: lones y metales	Variables encontradas en el Decreto 1076 de 2015	Variables incluidas en la actual propuesta normativa
<i>Plata</i>	x	x
<i>Plomo</i>	x	x
<i>Selenio</i>	x	x
<i>Vanadio</i>		x
<i>Zinc</i>	x	x

Vale la pena recordar que el Decreto 1076 de 2015 no establece valores numéricos para los parámetros presentados allí, sino que contempla que, la autoridad ambiental competente debe realizar bioensayos que permitan establecer los valores de la CL9650. Una vez se determine dicha concentración (CL9650) en la norma vigente (Decreto 1076 de 2015) es multiplicada por un factor de extrapolación para determinar el criterio de calidad (ejemplo: 0,01 CL9650 de Cadmio para Preservación de Flora y Fauna).

En ese sentido, lo que intenta el proyecto de Resolución, al no contar con la determinación de la CL9650 para los diferentes parámetros, es **suplir ese vacío de información** con referencias internacionales que tienen un enfoque de protección de los ecosistemas acuáticos. Además, la Autoridad Ambiental Competente en el marco del rigor subsidiario podría establecer para su jurisdicción otros valores de considerarlo pertinente.

De acuerdo con esto, se establecen algunos valores para el uso preservación de flora y fauna en agua marina, a partir de los valores definidos para la protección de ecosistemas acuáticos en ANZECC & ARMCANZ (2000) que tienen un enfoque de protección de los ecosistemas acuáticos y otras fuentes normativas y referencias internacionales como la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) que contienen los criterios de calidad del agua recomendados para la vida acuática, en donde se pueden observar algunos productos químicos tóxicos mostrando la concentración más alta de contaminantes específicos o parámetros en el agua que no se espera que representen un riesgo significativo para la mayoría de las especies en un entorno determinado, o una descripción narrativa de las condiciones deseadas de un cuerpo de agua que esté "libre de" ciertas condiciones negativas. En ese sentido, los valores que fueron acogidos como criterios de calidad en aguas marinas para el uso de preservación de flora y fauna se muestran en la Tabla 5-39.

#### 5.2.6.2.2. Uso pesca, maricultura y acuicultura

De acuerdo con Anzecc (2000), una amplia gama de tóxicos inorgánicos, particularmente metales pesados, puede ser un problema en acuicultura de agua dulce, agua salobre y acuicultura marina costera, especialmente en áreas de habitación humana que puede estar contaminada. Pequeñas cantidades de metales están presentes en aguas naturales; Sin embargo, sus concentraciones son generalmente mayores en las proximidades de Procesos industriales (extracción y procesamiento

de minerales, plantas de fundición, laminación de chapas, fábricas de metales, industrias textiles y del cuero) y gases de escape de vehículos de motor y quema de otros combustibles fósiles.

Los tóxicos inorgánicos que más preocupan a la pesca (incluida la acuicultura) incluyen: aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo, mercurio, níquel y zinc (Svobodova et al. 1993).

Las directrices de acuicultura para Australia y Nueva Zelanda para acuicultura, tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Los efectos de la calidad del agua en las formas adultas de especies cultivadas, reconociendo que las etapas larvaria y juvenil pueden tener niveles de tolerancia más bajos que las etapas adultas;
- La protección de los consumidores humanos de especies de alimentos acuáticos cultivados de los efectos tóxicos de contaminantes químicos y biológicos

**Tabla 5-36 Iones y metales incluidos en la propuesta normativa de criterios de calidad para Pesca, Maricultura y acuicultura.**

<b>IONES Y METALES</b>	<b>Pesca, Maricultura y acuicultura</b>	Aluminio, Arsénico, Cadmio, Cianuro, Cobre, Cromo, Hierro, Manganese, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Vanadio, Zinc	Estos parámetros generan riesgos sobre los organismos acuáticos de interés comercial y para la pesca.
------------------------	---	--	---

Los valores que fueron acogidos como criterios de calidad en aguas marinas para el uso de Pesca, Maricultura y acuicultura, se muestran en la Tabla 5-39.

#### 5.2.6.3. Resumen iones y metales

En la Tabla 5-37 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para iones y metales en aguas superficiales continentales (cuerpos lóticos, cuerpos lénticos y aguas subterráneas) y aguas marinas.

Tabla 5-37 Resumen de iones y metales – Aguas Continentales

Parámetro	Unidad de medida	Preservación de flora y fauna		Pesca, Maricultura y Acuicultura		Fines recreativos		Consumo humano y doméstico		Uso agrícola		Uso pecuario		Navegación y transporte acuático, Uso estético
		Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio
Aluminio	mg Al/L	CCC como función de la dureza total, pH y COD	32	0,03 (pH >6.5) 0,01 (pH >6.5)	51	18	61	0.2	12,19, 27	5	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	5	10, 30, 34, 44	-
Antimonio	mg Sb/L	-	-	-	-	-	-	0.02	12, 27	-	-	-	-	-
Arsénico III	mg As(III)/L	0.024	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico V	mg As(V)/L	0.013	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsénico	mg As/L	-	-	0,05	51	0,2	61	0.01	19, 27	0,1	9, 10, 29, 30, 35, 44	0,025	34	-
Bario	mg Cd/L	-	-	-	-	-	-	1.3	27	-	-	300 (Aves de corral)	41	-
Berilio	mg Be/L	-	-	-	-	-	-	0.004	19	0,1	9, 10, 29, 30, 35, 44	0,1	34	-
Bicarbonatos	mg HCO <sub>3</sub> /L	-	-	-	-	-	-	-	-	518,5	13, 29	-	-	-
Boro	mg B/L	0.09	51	-	-	-	-	2.4	27	3	13, 29	5	34, 44	-
Bromato	mg/L BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	-	-	0,01	18, 19, 27	-	-	-	-	-
Cadmio	mg Cd/L	*CCC como función de la dureza total del agua	32	0,0002 (Dureza total entre 0 y 60 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0008 (Dureza total entre >60 y 120 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0013 (Dureza total entre >120 y 180 mg/L CaCO <sub>3</sub> ) 0,0018 (Dureza total >180 mg/L CaCO <sub>3</sub> )	51	0,06	61	0.003	12, 27, 33	0,01	9, 10, 29, 30, 35, 44	0,05	10, 30, 34, 44	-

Parámetro	Unidad de medida	Preservación de flora y fauna		Pesca, Maricultura y Acuicultura		Fines recreativos		Consumo humano y doméstico		Uso agrícola		Uso pecuario		Navegación y transporte acuático, Uso estético
		Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio
Calcio	mg Ca <sup>+2</sup> /L	-	-	-	-	-	-	-	27	De acuerdo con los criterios de calidad para evitar problemas asociados al sodio.	13, 29	-	-	-
Cianuro	mg CN-/l como cianuro libre	0.007	51	0,005	51	-	-	0.2	19, 30	0,2	42	0,2	42	-
Cloro Total	mg Cl/L	0.003	51	0,003	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloruros	mg Cl-/L	-	-	-	-	-	-	250	3, 6, 9, 10, 11, 18, 27	354,6	13, 29	250 (aves de corral) 1200 (ganado equino) 1600 (ganado lechero) 2400 (corderos, ganado ovino) 4000 (ganado de vacuno) 5600 (ganado ovino adulto)	58, 59	-
Cobalto	mg Co/L	-	-	-	-	-	-	-	12, 19, 27, 30	0.05	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	1	10, 34, 44	-
Cobre	mg Cu/L	0.0014	51	0,005	51	40	61	1	19	0.2	9, 10, 13, 29, 30, 44	0.5	9, 10, 34, 44	-
Cromo VI	mg Cr(VI)/L	0,00001	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo III	mg Cr(III)/L	*CCC para Cromo (III) Función de la dureza total del agua	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo total	mg/L	-	-	0,02	51	1	61	0.05	12, 27, 33	0,1	9, 10, 29, 35, 44	0,05	34	-
Dureza total	[mg/L CaCO3]	-	-	20-100	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estaño	mg Sn/L	-	-	-	-	-	-	-	27	-	44	-	-	-
Estroncio	mg Sr/L	-	-	-	-	-	-	-	12, 19, 27, 30	-	-	-	-	-
Fluoruro	mg F/L	-	-	0,02	51	-	-	1.5	27	1	29, 44	2	34, 44	-
Hierro	mg Fe/L	-	-	0,01	51	-	-	0.3	12, 27	5	13, 29, 30, 35, 44	-	41, 44	-

Parámetro	Unidad de medida	Preservación de flora y fauna		Pesca, Maricultura y Acuicultura		Fines recreativos		Consumo humano y doméstico		Uso agrícola		Uso pecuario		Navegación y transporte acuático, Uso estético
		Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio
Litio	mg Li/L	-	-	-	-	-	-	-	12, 19, 27, 30	2.5	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	-	-	-
Magnesio	mg Mg <sup>2+</sup> /L	-	-	15	51	-	-	-	27	De acuerdo con los criterios de calidad para evitar problemas asociados al sodio.	13, 29	250 (aves de corral, porcinos, caballos, terneros, ovejas con corderos) 400 (ganado vacuno) 500 (ovejas adultas)	15, 34	-
Manganeso	mg Mn/L	1,2	51	0,01	51	8	61	0.1	27	0.2	13, 29, 30, 35, 44	0.05	10, 34	-
Mercurio	mg Hg/L	0,0006	51	0,001	51	-	-	0.002	19	0,002	35	0,01	10, 30, 34, 44	-
Molibdeno	mg Mo/L	-	-	-	-	-	-	0.07	12, 27	0.01	9, 10, 13, 29, 30, 44	0,5	40	-
Níquel	mg Ni/L	*CCC como función de la dureza total del agua	32	0,1	51	1,4	61	0.07	27	0,2	9, 10, 29, 30, 35, 44	1	39, 40	-
Plata	mg Ag/L	*CCC como función de la dureza total del agua	32	0,003	51	-	-	0.1	19, 27	-	-	-	-	-
Plomo	mg Pb/L	*CCC como función de la dureza total del agua	32	0,001	51	0,2	61	0.01	12, 27, 33	5	9, 10, 29, 30, 35, 44	0,1	10, 30, 34, 44	-
Potasio	mg K/L	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-
Selenio	mg Se/L	0,005	51	0,01	51	-	-	0.04	27	0.02	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	0.05	10, 34, 40, 44	-
Silicio	mg Si/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodio	mg Na <sup>+</sup> /L	-	-	-	-	-	-	200	15, 18, 27	RAS < 9 para riego superficial 207 mg/L para riego por aspersión	13, 29	50 (aves de corral)	59	-
Sulfatos	mg SO4 <sup>=</sup> /L	-	-	-	-	-	-	250	3, 5, 17, 18, 27	-	-	1000	41	-

Parámetro	Unidad de medida	Preservación de flora y fauna		Pesca, Maricultura y Acuicultura		Fines recreativos		Consumo humano y doméstico		Uso agrícola		Uso pecuario		Navegación y transporte acuático, Uso estético
		Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio	Fuente	Criterio
Talio	mg TI/L	-	-	-	-	-	-	0.002	19	-	-	-	-	-
Vanadio	mg V/L	-	-	0,1	51	-	-	-	12, 19, 27, 30	0.1	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	0.1	10, 34, 40, 44	-
Yodo	mg I/l	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-
Zinc	mg Zn/L	*CCC como función de la dureza total del agua	32	0,005	51	-	-	5	19	2	9, 10, 13, 29, 30, 35, 44	24	9, 10, 34, 40	-
<p>Nota:</p> <p>(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.</p> <p>CCC, es la concentración continua para una exposición promedio de 4 días que no debe excederse más de una vez cada tres años, y es sinónimo de exposición crónica.</p> <p>COD: carbono orgánico disuelto</p> <p>* Se refiere al metal disuelto.</p> <p>Fuente= Fuente Bibliográfica o de información.</p> <p>Cuando las aguas subterráneas sean empleadas para el uso preservación de flora y fauna, se emplearán los valores presentados para cuerpos de agua lóticos y lénticos para definir los criterios de calidad para las aguas subterráneas. Lo anterior, de acuerdo con las condiciones de movimiento del agua durante su uso.</p>														

**Tabla 5-38 Resumen de criterios para evitar problemas asociados al sodio para el uso agrícola.**

Criterios de calidad para evitar problemas asociados al sodio	
Relación de absorción de sodio (RAS) en (meq/l) <sup>1/2</sup>	Rango aceptable de Conductividad Eléctrica (CE) a 25°C (μS/cm)
0-3	0-3000
3-6	300-3000
6-12	500-3000
12-20	1300-3000
>20	*
* Agua no apta para riego en ningún rango de Conductividad Eléctrica (CE)	

**Tabla 5-39 Resumen de iones – Aguas Marinas**

Iones. Aplicable a: Cuerpos de aguas marino- costero y estuarino						
Uso	Preservación de flora y Fauna			Pesca, Maricultura y Acuicultura		
Referencia	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Valor máximo	Unidad	Fuente (Tabla 5-1) /ID
Aluminio (Al)	-	-	-	<10	[µg/L]	51
Antimonio (Sb)	500	[µg /L]	31	-	-	-
Arsénico Total (As)	-	-	-	<30	[µg/L]	51
Arsénico (As) III	2,3	[µg/L]	51	-	-	-
Arsénico (As) V	4,5	[µg/L]	51	-	-	-
Bario (Ba)	1	[mg/L]	3, 6	-	-	-
Berilio (Be)	0,13	[µg/L]	51	-	-	-
Cadmio (Cd)	5,1	[µg/L]	18	<0.5-5	[µg/L]	51
Cianuro (Cn)	4	[µg/L]	51	0,02	[mg/L]	6
Cloro Total Residual (Cl-)	0,01	[mg/L]	3	<3	[µg/L]	51
Cobalto (Co)	1	[µg/L]	51	-	-	-
Cobre (Cu)	<2	(µg/L total Cu)	74	<5	[µg/L]	51
Cromo III (Cr)	7,7	[µg/L]	51	<20	[µg/L]	51
Cromo VI (Cr)	50	[µg/L]	50, 31	-	-	-
Hierro (Fe)	50	[µg/L]	31	<10	[µg/L]	51
Manganeso (Mn)	100	[µg/L]	31	<10	[µg/L]	51
Mercurio (Hg)	0,94	[µg/L]	31	<1	[µg/L]	51, 77
Molibdeno (Mo)	23	[µg/L]	31	-	-	-
Níquel (Ni)	7	[µg/L]	51	<100	[µg/L]	51
Plata (Ag)	1,4	[µg/L]	51	<3	[µg/L]	51
Plomo (Pb)	2,2	[µg/L]	51	<1-7	[µg/L]	51
Selenio (Se)	71	[µg/L]	81	<10	[µg/L]	51
Vanadio (v)	100	[µg/L]	51	<100	[µg/L]	51
Zinc (Zn)	81	[µg/L]	31	<5	[µg/L]	51
<p>Nota:</p> <p>(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica</p>						



## 5.2.7. Otros compuestos químicos

### 5.2.7.1. Aguas Continentales

#### 5.2.7.1.1. Uso consumo humano y doméstico

En el Anexo 1 se hace un análisis para la identificación de peligros a la salud humana y al ambiente para los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia, los parámetros representativos para los principales hidrocarburos y solventes que presentan eventos de emergencia en Colombia y los principales clorofenoles.

Con base en dicho análisis, y teniendo en cuenta la variabilidad de los peligros identificados a la salud humana y debido al elevado número de plaguicidas empleados en la industria agrícola, se propone emplear para estos compuestos las mismas categorías toxicológicas establecidas en la Resolución 2115 de 2007, que están basadas en la clasificación de pesticidas según su peligro - Organización Mundial de la Salud (WHO, 2009). En la Tabla 5-40 se presentan las categorías toxicológicas, dosis letal oral y valor límite permisible (Resolución 2115 de 2007).

**Tabla 5-40 Criterios de calidad para uso consumo humano y doméstico en relación con plaguicidas. Fuente: (República de Colombia, 2007).**

Numeral	Dosis Letal Oral mínimo (DL50 oral)	Concentración máxima aceptable en el agua (mg/L) de sustancias individuales	Parágrafo: Valor máximo de la suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas (mg/L).	Descripción
1	<=20	0.0001	0.001	Descripción características químicas reconocidas por el Ministerio de la Protección Social - Cancerígenas, mutagénicos y teratogénicos - Extremada o altamente peligrosas - Características químicas sobre las que se considere necesario aplicar normas de precaución
2	21 - <=200	0.001	0.01	Sustancias químicas no consideradas en el numeral 1
3	201- <=2000	0.01	0.1	Sustancias químicas no consideradas en los numerales 1 y 2

\* La suma total de las concentraciones de plaguicidas no podrá ser superior a 0.1 mg/L.

Por lo anterior, cuando se presenten eventos puntuales de contaminación con plaguicidas se deberá analizar el caso específico e identificar la necesidad de establecer un criterio para el plaguicida de acuerdo con lo que establece la Resolución 2115 de 2007 o la que lo modifique, sustituya o adicione. En la Tabla 5-41 se consolidan algunos criterios de calidad para consumo humano de fuentes como OMS (OMS, 2017), US EPA (US EPA, 2019) y Canadá (Health Canada, 2020) para los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia.

**Tabla 5-41 Estándares de calidad para plaguicidas de mayor uso en Colombia – Consumo humano**

Parámetro	Unidad de medida	Valor de referencia o motivo de exclusión (OMS, 2017)	Estándares primarios de calidad para agua potable (US EPA, 2019)	Estándares calidad para agua potable (Canadá, 2020)
Acido 2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacético)	mg/L	0.03	0.07	0.1
Azinphos methyl (metilthiazotion)	mg/L	-	-	0.02
Azufre (en forma de mono y polisulfuro)	mg/L	-	-	-
Carbaril	mg/L	Se presenta en el agua de consumo humano en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos perjudiciales sobre la salud	No tiene criterio establecido. 0.4 (DWEL)	0.09
Carbofuran	mg/L	0.007	0.04	0.09
Clorotalonilo	mg/L	No es probable su presencia en agua de consumo humano	No tiene criterio establecido. 0.5 (DWEL)	-
Clorpirifos	mg/L	0.03	No tiene criterio. 0.002 (LT)	0.09
Dimetoato	mg/L	0.006	-	0.02
Diuron (diclorfenidim)	mg/L	-	No tiene criterio establecido. 0.1 (DWEL)	0.15
Fentin Hidróxido	mg/L	-	-	-
Glifosato	mg/L	Se presenta en el agua de consumo humano en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos perjudiciales sobre la salud	0.7	0.28
Linuron	mg/L	-	-	-
Mancozeb (manzeb)	mg/L	-	No se espera que el mancozeb permanezca en el agua el tiempo suficiente para llegar a un lugar que suministre agua para el consumo humano, ya sea de aguas superficiales o subterráneas ( <a href="https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-014504_1-Sep-05.pdf">https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-014504_1-Sep-05.pdf</a> )	-
Metomil	-	No es probable su presencia en agua de consumo humano	-	-
Oxicloruro de cobre	mg/L	-	-	-
Paraquat (orthoparaquat)	mg/L	-	0.03 (LT)	0.01 dicloruro de paraquat 0.007 ion paraquat
Phoxim	mg/L	-	-	-
Propineb (metil metiram)	mg/L	-	-	-
Tetradifon (tedion, sulfona)	mg/L	-	-	-

Parámetro	Unidad de medida	Valor de referencia o motivo de exclusión (OMS, 2017)	Estándares primarios de calidad para agua potable (US EPA, 2019)	Estándares calidad para agua potable (Canadá, 2020)
Triclorfon	-	No es probable su presencia en agua de consumo humano	-	-
Trifluralina	mg/L	0.02	0.01 (LT)	0.045
<p>Recomendaciones sobre la salud</p> <p>LT: Concentración en el agua potable que no se espera cause efectos no cancerígenos durante toda una vida de exposición.</p> <p>DWEL: Nivel de exposición de por vida al agua potable, asumiendo una exposición del 100% de ese medio -DWEL, donde se espera no se generen efectos no carcinogénicos adversos)</p>				

- Hidrocarburos del petróleo

En relación con los parámetros representativos para los principales hidrocarburos y solventes que presentan eventos de emergencia en Colombia es posible establecer lo siguiente:

- En relación con la toxicidad aguda se establece: el naftaleno es nocivo en caso de ingestión; el xileno es nocivo en contacto con la piel; el n-nonano y el xileno (incluidos sus isómeros) son nocivo si se inhalan; el tolueno puede ser nocivo si se inhala.
- En relación con la mutagenicidad en células germinales se establece que el benzo(a) pireno y el benceno pueden provocar defectos genéticos.
- En relación con la carcinogenicidad se establece que el benzo(a) pireno y el benceno pueden provocar cáncer y el naftaleno es susceptible de provocar cáncer.
- En relación con la toxicidad para la reproducción se establece: que el tolueno, xileno y benzo(a) pireno pueden perjudicar la fertilidad o dañar al feto; El n-hexano y el p-xileno son susceptibles de perjudicar la fertilidad o dañar al feto.
- En relación con la toxicidad específica de órganos diana se establece que: el tolueno, xileno (y sus isómeros) y naftaleno provocan daños en los órganos ante exposición única; el n-hexano, benceno, tolueno, xileno, m-xileno y naftaleno provocan daños en los órganos ante exposiciones repetidas ; el benzo(a) pireno puede provocar daños en los órganos ante exposiciones repetidas.

En la Guías para la calidad del agua de consumo humano de la OMS (2017) se afirma lo siguiente:

(...)

La exposición a componentes de los productos derivados del petróleo a través del agua de consumo humano suele ser de corto plazo, como consecuencia de un derrame accidental o un incidente de corta duración. Estos incidentes pueden generar concentraciones altas de hidrocarburos totales de petróleo. No obstante, algunos de los hidrocarburos aromáticos más solubles se pueden detectar por el sabor y el olor en concentraciones menores que las que suponen un riesgo para la salud, especialmente en la exposición de corto plazo. Las sustancias como los alquilbencenos y los alquilnaftalenos tienen umbrales gustativos y olfativos de unos pocos microgramos por litro. Teniendo esto en cuenta, no se considera pertinente establecer un valor de referencia basado en la salud para los productos derivados del petróleo en el agua de consumo humano. (p. 484)(...)

Teniendo en cuenta los parámetros que son empleados comúnmente como representativos de las diferentes fracciones de hidrocarburos (ver Anexo 1) y considerando los siete HAP considerados como posibles cancerígenos en seres humanos, en la Tabla 5-42 se presentan los valores de

referencia (OMS, 2017) o límite máximo concentración establecidos por la US EPA (ATDSR, 2009) que se emplearan para establecer los criterios de calidad para el uso consumo humano y doméstico.

**Tabla 5-42 Valores de referencia y umbrales olfativos y gustativos para derivados del petróleo –  
Uso Consumo Humano**

Parámetro		unidad de medida	Valor de referencia / Límite máximo concentración (MCL)	Descripción
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Benzo(a)pireno -	[mg/L]	0.0007 (OMS, 2017) 0.0002 (US EPA, 2009)	<p>Estos Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se clasifican en el Grupo B, es decir, probablemente cancerígenos para los seres humanos: Agentes con evidencia suficiente (es decir, indicativa de una relación causal) a partir de datos de bioensayos en animales, pero evidencia humana limitada (es decir, indicativa de una posible relación causal, pero no excluyente de explicaciones alternativas; con pocos o ningún dato humano (Grupo B2).</p> <p>De los 17 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) principales (ATSDR, 2017), y lo 7 HAP clasificados como probables cancerígenos para los seres humano, el Benzo(a)pireno es el único que tiene establecido un valor de referencia (OMS, 2017), basados en estudios de carcinogenicidad en ratones. Es el HAP que cuenta con mayor disponibilidad de información y es el más ampliamente empleado como indicador de efectos cancerígenos.</p>
	benzo(a)antraceno	[mg/L]	0.0001 (US EPA, 2009)	
	indeno( 1,2,3-cd)pireno	[mg/L]	0.0004(US EPA, 2009)	
	benzo(k)fluoranteno	[mg/L]	0.0002(US EPA, 2009)	
	benzo(b)fluoranteno	[mg/L]	0.0002(US EPA, 2009)	
	criseno	[mg/L]	0.0002(US EPA, 2009)	
	dibenzo(a,h)antraceno	[mg/L]	0.0003(US EPA, 2009)	
	pireno	[mg/L]	-	
Benceno		[mg/L]	0.01 (OMS, 2017)	Este compuesto se clasifica en el Grupo D - No clasificable en cuanto a carcinogenicidad humana: Agentes sin datos adecuados para apoyar o refutar la carcinogenicidad humana.  No existe valor de referencia (OMS, 2017) o límite máximo concentración (EPA, 2009) para consumo humano en relación con este compuesto.
Tolueno		[mg/L]	0.7 (OMS, 2017)	El benceno es cancerígeno en humanos tanto por inhalación como por ingestión.  Para este compuesto no existe información adecuada para evaluar el potencial carcinogénico.
Etilbenceno		[mg/L]	0.3 (OMS, 2017)	El valor de referencia supera ampliamente el umbral olfativo (0.024-0.17) y gustativo (0.04-0.12) en el agua de consumo humano  Este compuesto se clasifica en el Grupo D - No clasificable en cuanto a carcinogenicidad humana: Agentes sin datos adecuados para apoyar o refutar la carcinogenicidad humana.
Xileno total		[mg/L]	0.5 (OMS, 2017)	El valor de referencia supera ampliamente el umbral olfativo (0.002-0.13) y gustativo (0.072-0.2) en el agua de consumo humano  Para este compuesto no existe información adecuada para evaluar el potencial carcinogénico.
n-hexano		[mg/L]	-	El valor de referencia supera el umbral olfativo (0.3) y gustativo (0.3) en el agua de consumo humano  Para este compuesto no existe información adecuada para evaluar el potencial carcinogénico. De acuerdo con ATDSR (1999) en n-hexano es poco soluble en agua y se evapora rápidamente.  Es por lo anterior, que no existe valor de referencia (OMS, 2017) o límite máximo concentración (EPA, 2009) para consumo humano en relación con este compuesto.

Parámetro	unidad de medida	Valor de referencia / Límite máximo concentración (MCL)	Descripción
n-nonano	[mg/L]	-	De acuerdo con el resumen PubChem CID 8141 para el compuesto n-nonano, este compuesto es insoluble en agua y el mecanismo de decaimiento en el medio ambiente es la evaporación.  Es por lo anterior, que no existe valor de referencia (OMS, 2017) o límite máximo concentración (EPA, 2009) para consumo humano en relación con este compuesto.
naftaleno	[mg/L]	-	Para este compuesto no existe información adecuada para evaluar el potencial carcinogénico. De acuerdo con el resumen PubChem for CID 931 para el naftaleno, este es un compuesto solido cristalino blanquecino insoluble en agua y volátil.  Es por lo anterior, que no existe valor de referencia (OMS, 2017) para consumo humano en relación con este compuesto.
aceite mineral blanco	[mg/L]	-	De acuerdo con los expedientes de registros de la Agencia Europea de Sustancias Químicas los efectos en animales se asocian a la ingestión prolongada de grandes cantidades de aceite mineral blanco. Por lo anterior, este compuesto no de interés para el establecimiento de un criterio de calidad para consumo humano.

- Fenoles

Los fenoles totales no representan peligros para la salud humana debido a que no se clasifican por toxicidad aguda, mutagenicidad, carcinogenicidad, toxicidad para la reproducción y toxicidad específica de órganos diana.

En la Tabla 5-43 se presentan los valores de referencia (OMS, 2017), y el umbral gustativo y olfativo para fenoles y clorofenoles con valor de referencia, a partir de lo cual se establece lo siguiente:

- El valor de referencia para fenoles totales y 2,4,6-triclorofenol supera ampliamente el umbral olfativo o gustativo, razón por la cual en general estos compuestos no representan un riesgo para la salud humana. No obstante lo anterior, tanto la EPA como (OMS, 2017) ha determinado que la exposición de por vida a 2 mg/L de fenol en el agua potable no causará efectos adversos a la salud humana, valor que será empleado como criterio de calidad para consumo humano.
- El pentaclorofenol, que es posible cancerígeno en seres humanos, tiene un valor de referencia de 0.009 mg/L. Teniendo en cuenta que el uso principal de este clorofenol es su uso como plaguicida, se emplearan los criterios presentados anteriormente en plaguicidas, y el valor de referencia podrá ser empleado en caso puntuales de contaminación.

**Tabla 5-43 Valores de referencia y umbrales olfativos y gustativos para fenoles – Uso Consumo**

**Humano**

Parámetro	unidad de medida	Valor de referencia	Umbral olfativo	Umbral gustativo	Descripción
Fenoles totales	[mg/L]	2 (ATSDR)	0.3 (US EPA)	0.3 (US EPA)	La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el fenol no es clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos. El criterio primario para consumo humano supera el umbral olfativo y gustativo en el agua de consumo humano.
Pentaclorofenol	[mg/L]	0.009 (OMS, 2017)	0.03 (US EPA)	0.03 (US EPA)	Posiblemente cancerígeno para el ser humano
Clorofenoles (2-clorofenol, el 2,4-diclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol)	[mg/L]	No Disponible No Disponible 0.2 (OMS, 2017)	0.01 0.04 0.3 (OMS, 2017)	0.0001 0.0003 0.002 (OMS, 2017)	El valor de referencia para el 2,4,6-triclorofenol supera el umbral gustativo en el agua de consumo humano

- sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno es producto de la reducción del sulfato por la actividad bacteriana. La presencia de este compuesto en el agua genera problemas de aceptabilidad del agua por aspectos organolépticos (sabor y olor). Por esto, y teniendo en cuenta el umbral gustativo (0.05 mg/L) y olfativo (0.1 mg/L) del sulfuro de hidrógeno en el agua (OMS, 2017), se establece un criterio de calidad para el uso consumo humano y domestico con base en el umbral gustativo, es decir, 0.05 mg/L.

Finalmente, ante la imposibilidad de incorporar en la presente norma todos los compuestos químicos sintéticos empleados en las actividades humanas, se establece que en cuerpos de agua en donde la autoridad ambiental determine la presencia de otras sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, esta deberá emplear la normatividad del sector salud, es decir, las concentraciones máximas aceptables de la Resolución 2115 de 2007 o la que la modifique, sustituya o adicione para establecer un criterio de calidad para el uso consumo humano y doméstico.

En la Tabla 5-44 se sustenta técnicamente la eliminación de parámetros que se tienen en la norma actual.

**Tabla 5-44 Parámetros eliminados de la norma vigente**

Parámetro	Sustento técnico	Fuente
Amoniaco	No se establece un valor de referencia debido a que se presenta en el agua de consumo humano en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos perjudiciales sobre la salud	(OMS, 2017)
Difenil Policlorados	<p>La Ley 1196 de 2008, aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), dicha Ley establece que el país tiene la obligación de eliminar el uso de los equipos contaminados con PCB antes de finalizar el año 2025 y realizar esfuerzos destinados a lograr una gestión ambientalmente adecuada de los desechos y equipos contaminados con PCB a más tardar en el 2028.</p> <p>Los Bifenilos policlorados – PCB son sustancias cuya principal aplicación identificada en Colombia hasta el momento, ha sido como fluidos dieléctricos.</p> <p>Por lo anterior, en el país se tiene una normatividad específica que establece requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB) (Resolución 222 de 2011 y resolución 1741 de 2016).</p> <p>Además, la resolución 2115 de 2007 “Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.” no establece parámetros o valores en relación con Bifenilos policlorados en agua para consumo humano.</p>	-
Radioisótopos	En mesas desarrolladas a través del Consejo Nacional del Agua y en articulación entre los sectores Energía (Grupo de asuntos nucleares), Vivienda, Salud y Ambiente se soporta la eliminación de lo correspondiente a radionucleidos que está vigente en el régimen transitorio de la norma de criterios de calidad en los usos consumo humano y uso agrícola, lo anterior desde la expedición del Decreto 1594 de 1984.	-
-Compuestos Fenólicos	<p>Los compuestos fenólicos o fenoles son sinónimos, los cuales corresponden a una familia de compuestos orgánicos (alcoholes) que se caracterizan por tener un anillo aromático en el cual uno o más de los átomos de hidrógeno asociados con los átomos de carbono del anillo es reemplazado por uno o más grupos hidroxilo (-OH).</p> <p>No obstante lo anterior, y considerando la aplicación del término fenoles en otros instrumentos normativos (P. ej. Resolución 631 de 2015, resolución 883 de 2018) y la acreditación de la variable fenoles por parte del IDEAM a laboratorios en Matriz Agua Continental, se estableció para el proyecto normativo que se empleará la terminología fenoles para denominar a esta familia de compuestos.</p> <p>Es preciso mencionar que no se cuenta con la información técnica del Decreto 1594 de 1984 mediante el cual se justifique la determinación de los valores establecidos en la norma vigente. Para el presente documento para el parámetro fenoles, se emplea el valor determinado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos (USEPA, 2008) en el agua potable que no causa ningún efecto adverso para una exposición de por vida.</p>	-

#### 5.2.7.1.2. Uso recreativo

Teniendo en cuenta la misma fuente y tipo de información presentada en el numeral 5.2.6.1.5, en la Tabla 5-45 se presentan valores indicativos para algunos químicos de interés por su baja solubilidad. Estos valores serán empleados como criterios de calidad para el uso recreativo.



**Tabla 5-45 Valores indicativos para otros químicos en aguas para uso recreativo**

Otros compuestos químicos		
Parámetro	Unidad de medida	Valor indicativo para químicos en aguas para uso recreativo (mg/L)
Benceno	[mg/L]	0,2
Tolueno	[mg/L]	14
Etilbenceno	[mg/L]	6
Xileno total	[mg/L]	10

Fuente: Elaborada a partir de WHO (2021).

Adicionalmente se estableció un criterio de calidad de 0.1 mg/L para el sulfuro de hidrógeno para evitar problemas por olores asociados con la presencia de este compuesto. El valor establecido corresponde con el umbral olfativo en seres humanos para este compuesto.

#### 5.2.7.1.3. Uso preservación de flora y fauna

Teniendo en cuenta los criterios de selección de los parámetros presentados en el numeral 5.2.7.1.1, empleando la misma fuente y tipo de información presentada en el numeral 5.2.6.1.2, en la Tabla 5-46 se presentan los criterios para otros compuestos químicos para el uso preservación de flora y fauna.

**Tabla 5-46 Criterios para otros compuestos químicos para el uso preservación de flora y fauna**

Parámetro	Unidad de medida	Valores para agua dulce (mg/L)			
		Nivel de protección (% de las especies)			
		99%	95%	90%	80%
Sulfuro de hidrógeno total	mg H <sub>2</sub> S/L	0,0005	0,0010	0,0015	0,0026
Benceno	[mg/L]	0,6	1,0	1,3	2,0
Benzo(a)pireno	[mg/L]	ID	ID	ID	ID
benzo(a)antraceno	[mg/L]	-	-	-	-
indeno(1,2,3-cd)pireno	[mg/L]	-	-	-	-
benzo(k)fluoranteno	[mg/L]	-	-	-	-
benzo(b)fluoranteno	[mg/L]	-	-	-	-
criseno	[mg/L]	-	-	-	-
dibenzo(a,h)antraceno	[mg/L]	-	-	-	-
Tolueno	[mg/L]	ID	ID	ID	ID
Etilbenceno	[mg/L]	ID	ID	ID	ID
o-xileno	[mg/L]	0,20	0,35	0,47	0,64
m-xileno	[mg/L]	ID	ID	ID	ID
p-xileno	[mg/L]	0,14	0,20	0,25	0,34
Xileno total	[mg/L]	-	-	-	-
Fenol	[mg/L]	0,09	0,32	0,6	1,2
Pentaclorofenol	[mg/L]	0,0036	0,01	0,017	0,027
ID:= Los datos son insuficientes para establecer valores de protección confiables . - No se tiene información sobre el compuesto en ANZECC & ARMCANZ (2000).					

Fuente: Adaptada a partir de información de ANZECC & ARMCANZ (2000).

Del régimen transitorio se eliminan las sustancias que imparten olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, estos son aspectos organolépticos que son aspectos percibidos por los sentidos los cuales hoy no son aplicables desde el punto de vista técnico. En su lugar, se incorpora el sulfuro de hidrógeno total que representa riesgo para la mayoría de organismos debido a su toxicidad y es un compuesto cuya presencia representan problemas por olores.

#### 5.2.7.1.4. Otros usos

El Manual de estándares de calidad del agua de Estados Unidos (US EPA, 2012), establece los estándares para uso agropecuario con base en la información contenida en el Documento de Criterios de calidad del agua (US EPA, 1972). En US EPA (1972), se establecen las siguientes consideraciones a partir recomendaciones elaboradas por de paneles de expertos para uso pecuario y agrícola.

- Para el uso pecuario se afirma que, aunque los estudios de alimentación no indican efectos nocivos sobre la salud de animales por residuos de plaguicidas en agua de consumo. Se recomienda emplear los criterios establecidos para suministros públicos de agua en el suministro de agua de animales. Lo anterior, para prevenir la presencia inaceptable de residuos de pesticidas en productos animales para consumo humano.
- Para el uso agrícola, se afirma que aun cuando los residuos de plaguicidas (insecticidas y herbicidas) en las aguas de riego varían según las prácticas de manejo de la tierra y los cultivos, se establece que no se han documentado efectos tóxicos en cultivos regados con aguas que contienen residuos de insecticidas, razón por la cual no se dan recomendaciones para los residuos de insecticidas en las aguas de riego. Por otra parte, los herbicidas representan un peligro para el crecimiento de los cultivos, peligro que depende de la tolerancia a los efectos fitotóxicos de cada cultivo, razón por la cual no se establecen criterios en relación con estos parámetros para este uso. En relación con los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012) y los principales clorofenoles se establece que son empleados como herbicidas los siguientes compuestos: paraquat, ácido 2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacético), diuron, glifosato, linuron, propineb, trifluralina y 2,4-diclorofenol.
- Para el uso pesca, maricultura y acuicultura, los niveles de protección para el ser humano deben estar basados en concentraciones de plaguicidas en la porción comestible de peces o mariscos.

En Colombia existe normatividad específica del sector salud y agropecuario, que regula la presencia de compuestos químicos en alimentos (peces, carne y productos agrícolas, otros) con el objetivo de proteger la vida, la salud y la seguridad humana, no se considera necesario establecer criterios de calidad para los usos pecuario, agrícola y pesca, maricultura y acuicultura en relación con compuestos químicos. A continuación, se relaciona normatividad relacionada:

- La Resolución 2906 DE 2007 “Por la cual se establecen los Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas – LMR en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes” de los entonces ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Protección Social regulan el contenido de plaguicidas en carnes y productos agrícolas con base al Codex Alimentarius CAC/MRL 3 actualizado a 2007. Posteriormente, mediante resolución conjunta número 005897 DE 2018 se ratifica la permanencia del reglamento técnico expedido a través de la Resolución número 2906 de 2007.
- La Resolución 776 de 2008, modificado por la Resolución 122 de 2012, establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano.
- La Resolución 5865 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social determina la permanencia de los reglamentos técnicos que regulan la producción, procesamiento de alimentos y bebidas, en el marco del proceso de la cadena productiva.
- El Decreto Nº 539 de 2014 expidió el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y fitosanitarios de alimentos para el consumo humano aplicables a exportadores e importadores. En este decreto Colombia hace referencia a sus obligaciones bajo el Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) y Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) como miembro de la Organización Mundial de Comercio (OMC).
- En referencia al Límite Máximo de Residuos (LMR) de medicamentos veterinarios y otras sustancias químicas usadas en la acuicultura, Colombia se adhiere a las recomendaciones del Codex Alimentarius para pesca y productos pesqueros y el reglamento CEE 2377/90 por medio del cual se establece un “procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal”.

Para los usos agrícola, pecuario, navegación y transporte acuático y estético se estableció un criterio de calidad de 0.1 mg/L para el sulfuro de hidrógeno para evitar problemas por olores asociados con la presencia de este compuesto. El valor establecido corresponde con el umbral olfativo en seres humanos para este compuesto.

Para el uso pesca y acuicultura se establece un valor de 0.001 mg/L para el sulfuro de hidrógeno (ANZECC & ARMCANZ, 2000) el cual corresponde con el valor para crecimiento óptimo para el crecimiento de peces en la acuicultura.

### **Hidrocarburos**

Los aceites y grasas pueden ser considerados como subproductos de los hidrocarburos. A los efectos de los estudios, conviene diferenciar alcanos y demás hidrocarburos pesados (que tienden a precipitarse y a formar “aglomerados” o “pelotas” inertes) de los aceites y grasas; y éstos, a su vez, de los hidrocarburos aromáticos que son mucho más solubles en el agua, y por lo tanto más tóxicos, aunque de más rápida degradación in natura (Marín et al., 2001).

Los Hidrocarburos Poliaromáticos Policíclicos (HAPs) son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras. Los HAPs se encuentran por lo general como una mezcla de dos o más compuestos como es el caso del hollín, alquitrán, petróleo crudo, fabricación de tinturas y pesticidas.

Los HAPs pasan al agua a través de desechos de plantas industriales y de plantas de tratamiento de aguas residuales, no se disuelven fácilmente en el agua y su degradación por microorganismos puede tomar varios meses. Aunque los efectos en salud no están del todo definidos, estudios de toxicología en animales presentan efectos a nivel de reproducción, peso y talla en las crías y efectos a nivel de la piel.

Los Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) son una combinación de varios compuestos químicos originados de petróleo crudo. Algunas de las sustancias que pueden encontrarse en los TPH incluyen el hexano, benceno, tolueno, fluoreno, xileno entre otros.

En el Decreto 1076 de 2015, no se considera a los compuestos BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno), como un criterio de calidad de agua para la preservación de flora y fauna. Estas variables deben ser consideradas como nuevos criterios de calidad para la preservación de ecosistemas acuáticos, debido a las implicaciones que estas sustancias tienen en los procesos metabólicos y en el desarrollo reproductivo de la biota acuática en general. Los BTEX, son tóxicos y altamente persistentes en los ecosistemas acuáticos, estas características representan un alto riesgo para la biota; debido a que se ha probado su efecto cancerígeno en humanos, puede representar un riesgo para vertebrados acuáticos, e incluso para las poblaciones humanas que se alimenten de ellas. Los BTEX modifican las funciones y servicios ecosistémicos a largo plazo (Convenio 163 de 2011 MADS-CINARA. Producto 5)

Los TPH pueden entrar al ambiente a causa de derrames accidentales, liberaciones industriales o como subproductos, pueden entrar directamente al agua y forman una capa superficial afectando la entrada de luz, oxígeno y procesos de fotosíntesis.

### Hidrocarburos del petróleo Disueltos o Dispersos – HPDD

El trabajo de CARIPOL (Atwood *et al.*, 1988), estableció el valor de 10 µg/l de HPDD como valor límite permisible en aguas marinas.

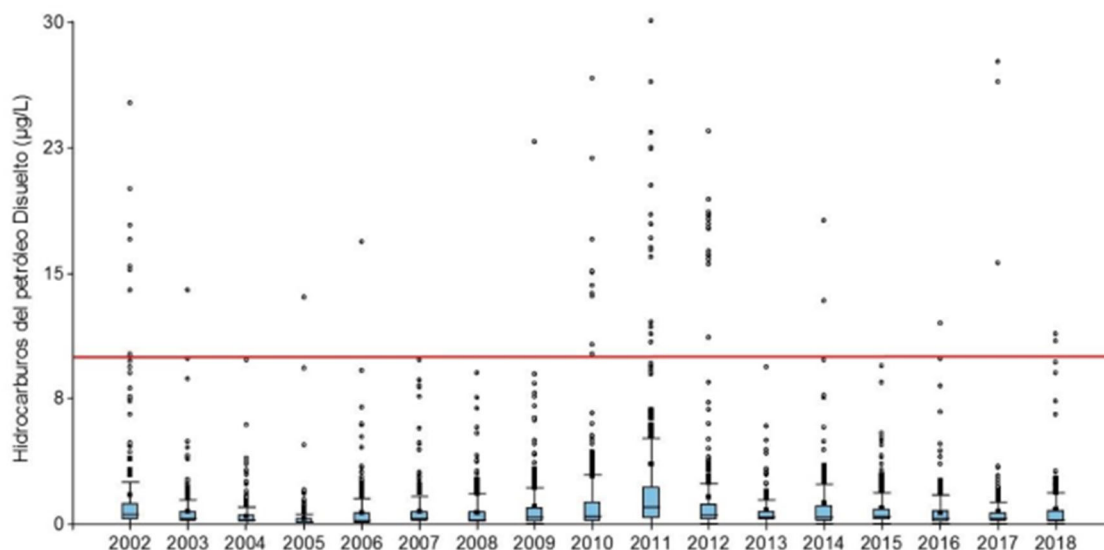
Se considera que en el océano las concentraciones de HPDD superiores a 10 µg·L<sup>-1</sup> referidas a equivalentes de criseno, son típicas de aguas definitivamente contaminadas por petróleo, mientras que 5.0 µg·L<sup>-1</sup> se estima es una magnitud baja para aguas costeras y hasta 1.0 µg·L<sup>-1</sup> corresponde a aguas marinas sin una contaminación por petróleo significativa (Levy *et al.* 1980, Kornilios *et al.* 1998, Zanardi *et al.* 1999). Lo anterior, es concordante con INVEMAR (2023 a) que establece la siguiente escala de calidad para HPDD:

**Tabla 5-47 Escala de calidad de HPDD**

Escala de calidad	Valor (µg/L)
Óptima	0-1
Adecuada	1-2,5
Aceptable	2,5-5
Inadecuada	5,0-10
Pésima	> 10

Fuente: INVEMAR 2023 a

Por su parte, los registros históricos de hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos- HPDD medidos en aguas marinas y costeras del monitoreo de la REDCAM (Figura 5-21), mostraron que la mayoría de datos (97 %) no han superado el valor de referencia (10 µg/L) para aguas contaminadas propuesto por la UNESCO (1984), indicando que en general son bajas las concentraciones de hidrocarburos que están llegando al mar; aunque en algunos departamentos se han presentado valores altos, particularmente en los años 2010 (392,41 µg/L), 2011 (193 µg/L), 2013 (49,64 µg/L) y 2014 (49.33 µg/L).



**Figura 5-21 Concentraciones de hidrocarburos del petróleo disueltos dispersos -HPDD medidas en agua superficial de las estaciones REDCAM en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos. La línea roja corresponde al valor de referencia de 10 µg/L para aguas contaminadas propuesto por la UNESCO (1984).**

**Fuente: INVEMAR, 2019 (PNMRHCM)**

Los resultados de HPDD que se encuentran por debajo de 1,0 µg/L (0,001 mg/L) equivalente de criseno, niveles que corresponde a aguas sin una contaminación significativa por hidrocarburos del petróleo de acuerdo con los valores de referencia citados por Acuña-González *et al.* (2004).

Para el uso de preservación de flora y fauna se establece como criterio de calidad el valor máximo de **5 µg/L equivalentes de criseno** como límite máximo para la variable HPDD a partir de lo establecido por Levy *et al.* (1980), Kornilios *et al.* (1998), Zanardi *et al.* (1999) y la escala de calidad aceptable dada por INVEMAR (2023 a).

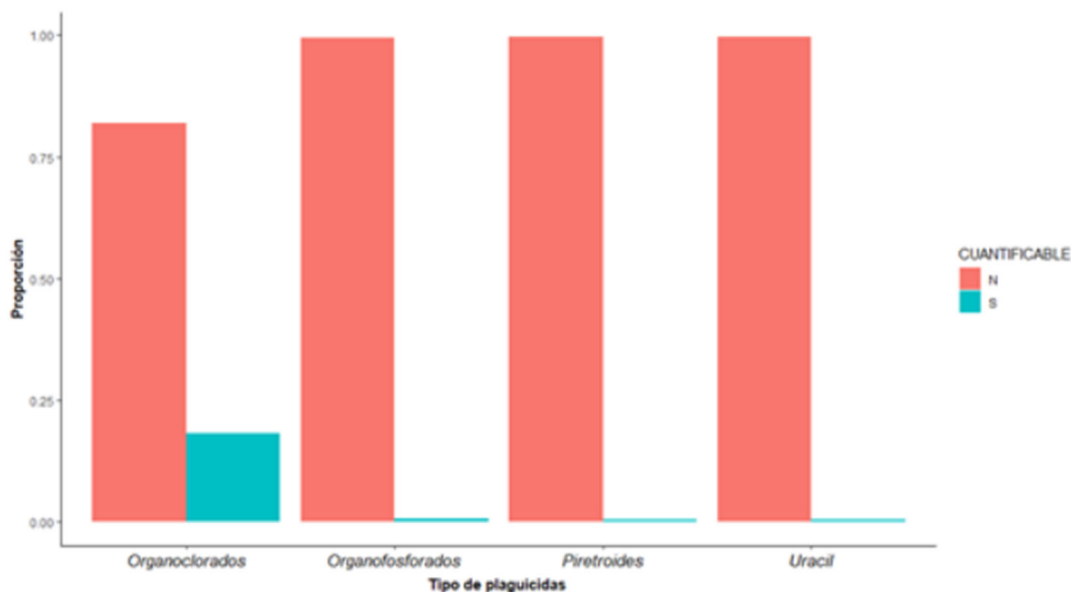
### Herbicidas y Plaguicidas

Pueden agruparse bajo el nombre genérico de “Biocidas”, junto con los fungicidas y los anti-incrustantes. De particular importancia en ambientes marinos es el Tri-Butil-Estaño, y otros productos a base de cobre que son utilizados en las pinturas anti-incrustantes (“antifouling”). También debe prestarse atención a los sub-productos (que algunos llaman erróneamente “residuos”) de los biocidas. Cuando estos biocidas son lanzados al medio ambiente, sufren transformaciones moleculares (generalmente mediadas por bacterias) que derivan en sustancias mucho más nocivas que el propio biocida original (Marín *et al.*, 2001).

### Plaguicidas (Organoclorados, Organofosforados, Piretroides y Uracil)

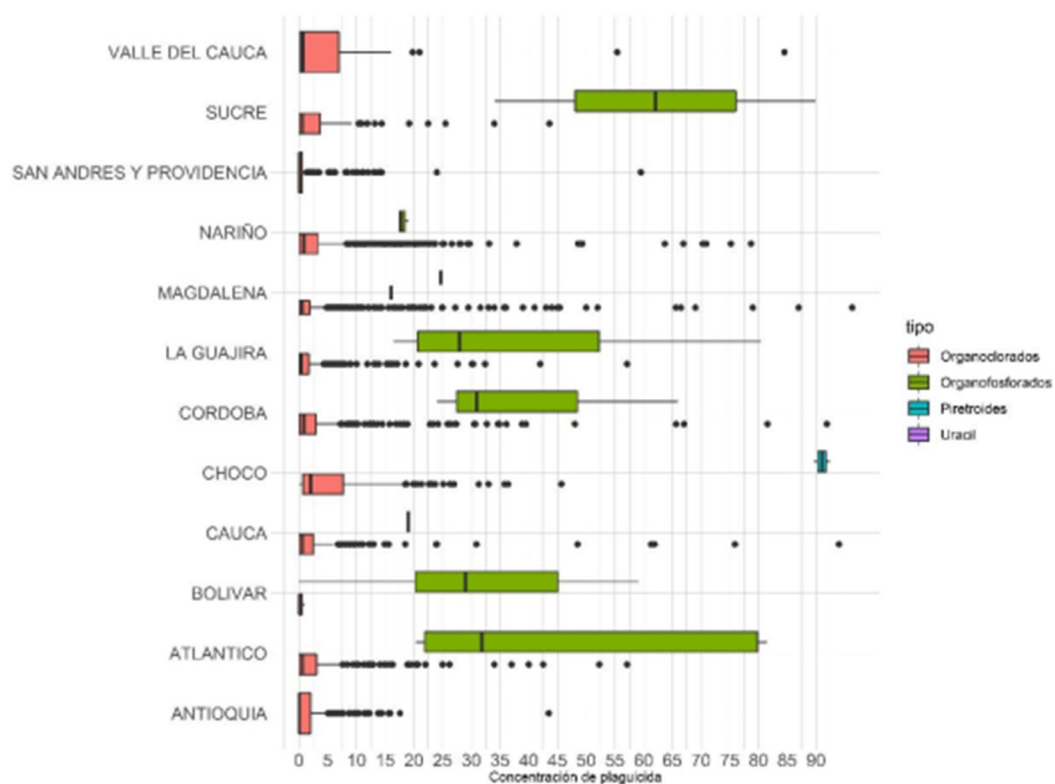
Los plaguicidas son compuestos que se utilizan para prevenir, mitigar o controlar alguna plaga de origen animal o vegetal en la agroindustria, y se aplican durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución la elaboración de productos agrícolas y sus derivados. Algunos plaguicidas han sido identificados como un peligro a largo plazo para el medio ambiente y están prohibidos o rigurosamente restringidos en los países y por convenios internacionales, como el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (Del Puerto Rodríguez *et al.*, 2014); por ello, la importancia de que estén incluidos en el monitoreo de la REDCAM en la matriz agua y sedimento.

Los resultados históricos (1995 a 2019) han mostrado que la mayoría de los residuos de plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y Uracil fueron no cuantificables, estando por debajo de los límites de cuantificación de las técnicas analíticas del laboratorio en el 83 % de las mediciones en aguas y en el 99 % en sedimentos superficiales (Figura 5-22; INVEMAR, 2019). Vale resaltar, que estas mediciones se comportaron de manera diferencial entre los años 2001 a 2009 y entre 2010 a 2018, ya que desde el 2009 se empezaron analizar nuevas moléculas de organofosforados, piretroides y uracil y, se realizaron ajustes a los métodos de análisis en aguas y sedimentos, lo cual incrementó significativamente el número de registros en la base de datos de la REDCAM alcanzando a la fecha cerca de 61.000 datos en total de los cuatro tipos de plaguicidas (Figura 5-23).



**Figura 5-22** Proporción de residuos de plaguicidas cuantificados (S: color azul) y no cuantificados (N: color rosa) en aguas superficiales en el periodo 1995 a 2019. Fuente: base de datos REDCAM. INVEMAR, 2020.

Fuente: INVEMAR, 2019 (PNMRHCM)



**Figura 5-23 Concentraciones de residuos de plaguicidas organoclorados, organofosforados, piretroides y uracil ( $\mu\text{g/L}$ ) detectados en aguas superficiales en los departamentos costeros del Caribe y Pacífico colombianos, en el periodo 2001 a 2019. Fuente: base de datos REDCAM. (INVEMAR, 2020)**

De los registros cuantificables, se detectaron residuos de **Uracil** en el departamento del Magdalena (frente a La Barra de 24.70  $\mu\text{g/L}$  en 2015) y La Guajira (río Cañas de 430  $\mu\text{g/L}$  en 2017), los cuales se pueden atribuir a la actividad agroindustrial de cultivos de banano, palma africana, arroz, maíz, tomate, plátano y sorgo (INVEMAR, 2019).

Entre los plaguicidas **organofosforados** detectados, se ha encontrado el Metil Paration, el cual está prohibido en todas sus formulaciones y usos por ser dañino para la salud humana y el ambiente. Este compuesto, es el más recurrente en las estaciones de los departamentos de **Sucre, Córdoba, Atlántico y Nariño** entre 2010 y 2016 en sitios cercanos a las desembocaduras de ríos y caños que reciben residuos de áreas de cultivos con fincas agroindustriales, principalmente de cultivos de banano y palma, que llegan por escorrentía a los cuerpos de agua (INVEMAR, 2019).



## **Herbicidas**

Los ácidos 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 4-(2,4- diclorofenoxi) butanoíco (2,4-DB) o 2,4 D ácido, se encuentran entre los herbicidas más utilizados para el control de maleza en los campos de cereales y en las presas. En la agricultura el 2,4-D se emplea, principalmente, en cultivos de arroz, avena, caña de azúcar, centeno, espárrago, maíz, trigo y sorgo; mientras que el 2,4- DB se usa en los de alfalfa, cacahuete y soya. Estos herbicidas, por ser moderadamente hidrosolubles, se introducen en las aguas superficiales y subterráneas por el drenado natural de los suelos debido a las lluvias o por infiltración (CPPS, 1993).

## **Otras Variables**

A continuación, se describen otras variables que intervienen en la calidad de aguas marinas y que son susceptibles de incluir en la propuesta normativa según el uso de las aguas marinas. La información destaca los fundamentos de publicaciones científicas y de la descripción de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades para los contaminantes.

- **Benceno**

El Benceno se evapora rápidamente, poco soluble en el agua, es altamente inflamable y se forma tanto de procesos naturales como de actividades humanas. Se utiliza para manufactura de otras sustancias químicas usadas para fabricar plásticos, resinas, nylon y otras fibras cinéticas, y es un componente natural del petróleo, la gasolina y el humo de cigarrillo. A nivel del agua su degradación es más lenta y aunque no se acumula en plantas o animales es de riesgo para la salud. La inhalación de niveles altos de benceno es fatal, produce somnolencia, mareo, alteración del ritmo cardiaco, pérdida del conocimiento.

- **Tolueno**

Es un líquido incoloro que ocurre en forma natural en el petróleo, se utiliza en la fabricación de pinturas, como diluyente de otras sustancias, en el esmalte para uñas, lacas, adhesivos y pegantes, curtido de cuero. Puede entrar al ambiente por disposición inadecuada de elementos que contengan la sustancia, así como por derrames del solvente y productos del petróleo.

El tolueno puede afectar el sistema nervioso, presentando cansancio, confusión, debilidad, pérdida de memoria, náuseas, pérdida de audición y la vista.

- **Xileno**

Es un líquido incoloro que se inflama fácilmente, se encuentra naturalmente en el petróleo y en el alquitrán, es utilizado como disolvente en la imprenta industrias de caucho y cuero, como agente de limpieza, diluyente de pinturas y barniz, al igual que se puede encontrar en bajas concentraciones en combustibles.

La exposición a xileno puede producir dolores de cabeza, falta de coordinación muscular, mareo, confusión y alteraciones del equilibrio, al igual que, puede producir irritaciones a nivel de la piel, los ojos, la nariz y la garganta combinados con dificultad para respirar.

- Fenol

El fenol es un sólido incoloro a blanco cuando se presenta en forma pura, que en forma líquida se evapora más lentamente que el agua, puede encontrarse tanto en forma natural como producido de forma industrial. Se utiliza en la fabricación de plásticos, al igual que, en desinfectantes como en productos antisépticos usados como aerosol para controlar infecciones a nivel de garganta. La ingestión de productos líquidos con contenidos de fenol puede ocasionar daños intestinales graves y hasta la muerte.

Fenoles monohíbridos: El Decreto 1076 de 2015 plantea que los fenoles monohídricos tengan como límite: 1.0 de la concentración letal para el 50% de los individuos, después de 96 horas de exposición (CL50, 96 h) y los Clorofenoles: 0.5 mg/L, para la preservación de flora y fauna. Sin embargo, teniendo en cuenta el consenso del grupo investigador de CINARA (Convenio 163 -2011) las variables anteriores pueden no representar todas las formas químicas tóxicas de los fenoles en los cuerpos hídricos (particularmente los pentaclorofenoles y triclorofenoles que representan una fuerte amenaza para la biota), por lo cual se plantea modificar las variables hacia la evaluación de los fenoles totales.

En aguas marinas con uso para la preservación de los ecosistemas acuáticos, el criterio de calidad sugerido para **Fenoles totales es 400 µg/L** como límite máximo, correspondiente al nivel de protección del 95% de las especies en agua marina, según ANZECC y ARMCANZ (2000).

Todos los valores de otros compuestos químicos que fueron acogidos como criterios de calidad en aguas marinas para el uso de Preservación de flora y fauna, se muestran en la Tabla 5-49.

#### *5.2.7.3. Resumen de otros compuestos químicos*

En la Tabla 5-48 se presenta un resumen de los criterios de calidad para el uso de las aguas para compuestos químicos en aguas superficiales continentales (cuerpos lóticos, cuerpos lénticos y aguas subterráneas).

**Tabla 5-48 Resumen de otros compuestos químicos – Aguas Continentales**

Parámetro	Unidad de medida	Preservación de flora y fauna (A)		Fines recreativos		Consumo humano y doméstico		Pesca, Maricultura y Acuicultura		Uso agrícola Uso pecuario Navegación y transporte acuático Uso estético	
		Valor	Fuente	Valor	Fuente	Valor	Fuente	Valor	Fuente	Valor	Fuente
Sulfuro de hidrógeno total	mg H <sub>2</sub> S/L	0,001	51	0,1	27	0,05	27	0,001	51	0,1	27
Benzo(a)pireno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0002	49	-	-	-	-
benzo(a)antraceno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0001	49	-	-	-	-
indeno(1,2,3-cd)pireno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0004	49	-	-	-	-
benzo(k)fluoranteno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0002	49	-	-	-	-
benzo(b)fluoranteno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0002	49	-	-	-	-
criseno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0002	49	-	-	-	-
dibenzo(a,h)antraceno	[mg/L]	-	-	-	-	0,0003	49	-	-	-	-
Benceno	[mg/L]	1	51	0,2	61	0,01	27	-	-	-	-
Tolueno	[mg/L]	-	-	14	61	0,7	27	-	-	-	-
Etilbenceno	[mg/L]	-	-	6	61	0,3	27	-	-	-	-
o-xileno	[mg/L]	0,35	51	-	-	-	-	-	-	-	-
p-xileno	[mg/L]	0,2	51	-	-	-	-	-	-	-	-
Xileno total	[mg/L]	-	-	10	61	0,5	27	-	-	-	-
Fenol total	[mg/L]	0,32	51	-	-	2	48	-	-	-	-
Pentaclorofenol	[mg/L]	0,01	51	-	-	0,009	27	-	-	-	-
Plaguicidas	[mg/L]	-	-	-	-	Según Resolución 2115 de 2007	12	-	-	-	-
<p>Nota:</p> <p>(-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.</p> <p>(A) En aquellos casos en donde no se estableció un criterio en relación con el parámetro (u otros) la autoridad ambiental competente es responsable de la realización de bioensayos que permitan establecerlos.</p> <p>Fuente= Fuente Bibliográfica o de información.</p>											

**Tabla 5-49 Resumen de otros químicos – Aguas Marinas**

**Uso preservación de flora y fauna**

Químicos Aplicable a: Cuerpos de aguas marino- costero y estuarino				
Referencia		Unidad de medida	Fuente (Tabla 5-1) /ID	Valor Máximo
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	acenafteno	[µg/L]	38	1 a 50
	acenaftileno	-	-	-
	antraceno	[µg/L]	74	6
	Benzo(a)pireno -	[µg/L]	74	0,01
	benzo(a)antraceno	[µg/L]	31	10
	benzo[a]pireno	[µg/L]	51, 74	0,01
	benzo[j]fluoranteno	[µg/L]		16
	Benzo(ghi)perylene	[µg/L]	51	0,2
	indeno( 1,2,3-cd)pireno	[µg/L]	84	0,0012
	benzo(k)fluoranteno	[µg/L]		<b>0,2</b>
	fluoranteno	[µg/L]	31	40
	fluoreno	[µg/L]	74	12
	fenantreno	[µg/L]	31	7,7
	benzo(b)fluoranteno	[µg/L]		0,2
	criseno	[µg/L]		0,01
	dibenzo(a,h)antraceno	[µg/L]		1,17
	pireno	[µg/L]		42
Hidrocarburo Aromático	Benceno	[µg/L]	71	2,2
	Tolueno	[µg/L]	71	1,3
Sustancia Química	Etilbenceno	mg/L	74	0,25
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	naftaleno	[µg/L]	74	<b>1</b>
HPDD (Hidrocarburos del petróleo Disueltos o Dispersos)		[µg/L]	75	10
Fenol		[µg/L]	51, 76	400
Pentaclorofenol		µg/L	81	7,9
Plaguicida	2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid	[µg/L]	76	1,4
Sulfuro de hidrógeno (H2S)		[µg/L]	81	2
Nota: (-): No se establece criterio de calidad en relación con el parámetro. No aplica.				

**5.2.8. Uso preservación de flora y fauna (Bioensayos)**

Para este uso, es de precisar que la norma vigente establece los criterios de calidad con base en la competencia establecida en el artículo 2.2.3.3.9.11. del Decreto 1076 de 2015 bajo la cual la autoridad ambiental competente debe realizar los bioensayos que permitan establecer los valores

de la CL9650. Es decir, esta no establece valores numéricos para los parámetros presentados en la norma.

La CL9650 es una propiedad de una sustancia, elemento o compuesto que mide los efectos letales de una concentración para el 50% de los individuos, después de 96 horas de exposición (CL50, 96 h) sobre los organismos usados en un bioensayo. Como resultado de ello se determina una concentración que en la norma vigente es multiplicada por un factor de extrapolación para determinar el criterio de calidad (ejemplo: 0,1 CL9650 de amoníaco para Preservación de Flora y Fauna).

En el presente documento, se establecen algunos valores para el uso preservación de flora y fauna en agua dulce y marina, a partir de los valores definidos para la protección de ecosistemas acuáticos en ANZECC & ARMICANZ (2000). Estos valores fueron determinados de acuerdo con la fuente bibliográfica empleando los lineamientos del informe de la OCDE para la extrapolación de datos de toxicidad acuática de laboratorio al medio ambiente real (al igual que el anexo del proyecto de resolución), que se basa la determinación del nivel de protección en el que no se espera un efecto adverso en un porcentaje predeterminado de las especies (usualmente 95%) con base en el uso de la distribución estadística modificada de Aldenberg y Slob (1993) y valores finales de toxicidad. Estos valores fueron acogidos para aguas continentales entre ellos el Arsénico III, Arsénico V, Boro, Cianuro, Cloro total, Cobre, Cromo VI, Manganeseo, Mercurio y Selenio. En tanto que, para aguas marinas, se acogieron los valores para los siguientes parámetros: Cromo III, Cromo VI, Níquel, Plata, Plomo, Talio y Vanadio. Lo anterior, no permite comparar y establecer si estos son o no más restrictivos que la norma vigente, pero es importante mencionar que los nuevos valores propuestos a los parámetros fueron generados por instancias internacionales a partir de la realización de bioensayos y por lo anterior tienen un enfoque de protección de los ecosistemas acuáticos.

Debido a que en el agua dulce la toxicidad y biodisponibilidad varía ampliamente, en función de las condiciones ambientales del medio que se analizan en el documento técnico de soporte (numeral 4.1. Factores que Influyen la Calidad del Agua), no han sido determinados niveles de protección por esto para algunos metales (Aluminio, Cadmio, Cromo III, Níquel, Plata, Plomo y Zinc) y por esto se han desarrollado regresiones a partir de múltiples ensayos de toxicidad, que permiten el establecimiento de un criterio de calidad de acuerdo con las condiciones de estos parámetros en el cuerpo de agua. Lo anterior, sin que esto implique que sean o no más restrictivos que la norma vigente, pero estos fueron generados a partir de la realización de bioensayos a nivel internacional y por lo anterior tienen un enfoque de protección de los ecosistemas acuáticos.

En el anexo del proyecto de Resolución se establece un procedimiento para derivar los criterios de calidad a partir del uso de bioensayos. Para este procedimiento se requiere que se avance a nivel de cada jurisdicción de autoridades ambientales en ejecución de bioensayos que permitan: medir las respuestas suborgánicas por la exposición de una población de organismos a una condición ambiental de interés a evaluar (elemento químico o físico o la mezcla de varios de estos); establecer niveles tolerables de exposición, en donde se considera la inexistencia de efectos adversos significativos sobre la “abundancia, producción y persistencia de las poblaciones y los ecosistemas” (Castillo, 2004) a través de la metodología propuesta. Este método es aplicable a sustancias, elementos, compuestos, solos o en combinación puedan alterar los ecosistemas acuáticos, y por lo anterior es aplicable a parámetros como arsénico, bario, berilio, hierro, plaguicidas, clorofenoles,

tensoactivos, difenil y grasas y aceites que tienen un criterio de calidad diferente en el régimen de transición. Lo anterior, cuando se considere necesario el determinar un criterio de calidad para este uso con base en bioensayos como un complemento a los análisis fisicoquímicos.

Además, es de menciona en relación al difenil, que se considera la eliminación de este parámetro porque la Ley 1196 de 2008, que aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) establece que el país tiene la obligación de eliminar el uso de los equipos contaminados con PCB antes de finalizar el año 2025 y realizar esfuerzos destinados a lograr una gestión ambientalmente adecuada de los desechos y equipos contaminados con PCB a más tardar en el 2028.

Es de precisar, que los criterios de calidad establecidos en el artículo transitorio 2.2.3.3.9.10 y los que se están proponiendo en el proyecto de Resolución no son comparables. Debido a que lo que intenta el proyecto de Resolución, al no contar con la determinación de la CL9650 para los diferentes parámetros, es suplir ese vacío de información con referencias internacionales que han avanzado en la determinación de criterios de calidad con un enfoque de protección de los ecosistemas acuáticos. Además, la Autoridad Ambiental Competente en el rigor subsidiario podría establecer para su jurisdicción otros valores de considerarlo pertinente.

#### 5.2.9. Uso industrial

Los requisitos de calidad del agua para uso industrial varían ampliamente para las diferentes actividades establecidas en el artículo 2.2.3.3.2.8. del Decreto 1076 de 2015, desde actividades con bajos requerimientos de calidad como la generación de energía hasta usos con altos requerimientos de calidad como la elaboración de alimentos o medicamentos y drogas. Requerimientos de calidad que en muchos casos están reguladas por otras carteras ministeriales.

Asimismo, para las actividades relacionadas con explotación de cauces, playas y lechos del régimen transitorio hoy vigente (artículo 2.2.3.3.9.13. del Decreto 1076 de 2015), no se justifica la definición de criterios de calidad para contacto directo, lo anterior debido a hoy en día debido a normas de salud y seguridad en el trabajo no se permite que estas actividades se desarrollen manualmente y de forma que se genere contacto directo con el agua.

No obstante, lo anterior, y aunque la calidad del agua en el punto de uso es fundamental para muchos procesos industriales, se establece que con los criterios de calidad establecidos en el presente documento para otros usos, es suficiente para garantizar unas condiciones de calidad que permita a la industria el uso de sistemas de tratamiento para garantizar su uso. Lo anterior, aunado al hecho de que la mayoría de los procesos industriales los requisitos de calidad son menos restrictivos que los requisitos de calidad para los usos preservación de flora y fauna, consumo humano, recreativo y agropecuario.

Por lo anterior, no se establecen criterios de calidad para el uso industrial.

#### 5.2.10. Uso transporte, dilución y asimilación

Cuanto se establecieron los criterios de calidad vigentes de manera transitoria (Decreto 1594 de 1984) se estableció que se denominará dilución y asimilación “el empleo del agua para la recepción de vertimientos, siempre y cuando ello no impida la utilización posterior del recurso de acuerdo con el ordenamiento previo del mismo”.

No obstante lo anterior, el uso transporte, dilución y asimilación no hace parte de los usos del agua establecidos en el artículo 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015. Esto debido a que en el marco del permiso de vertimiento para las aguas superficiales continentales se dispone un marco legal y técnico que busca proteger el cuerpo de agua. Es por esto que como parte de los requisitos de este permiso (artículo 2.2.3.3.5.2. del Decreto 1076 de 2015) se debe presentar la evaluación ambiental del vertimiento en donde entre otros aspectos se deben predecir y valorar los impactos asociados al vertimiento sobre el cuerpo de agua y presentar los estudios técnicos y diseños de la estructura de descarga con el objetivo de minimizar la extensión de la zona de mezcla. De acuerdo con la definición del artículo 2.2.3.3.1.3. del Decreto 1076 de 2015, la importancia de esta zona radica en que en ella se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado debido a que no hay mezcla completa y por esto no está sujeta al control de los criterios de calidad (artículo 2.2.3.3.3.5. del Decreto 1076 de 2015) y el establecimiento de objetivos de calidad. Por todo lo anterior, se debe eliminar en relación con los criterios de calidad para este uso de la normatividad ambiental.

## 6. Espacios de participación

Es preciso mencionar que en la vigencia 2022 – 2024 se han desarrollado actividades correspondientes a las etapas de “Planeación y formulación” del procedimiento para “Elaborar Instrumentos Normativos” (P-M-INA-09\_V12) del Sistema Integrado de Gestión del Ministerio, en donde se destacan las siguientes acciones:

1. El día 14 de octubre de 2022 se realizó la socialización de la iniciativa a las autoridades ambientales y la retroalimentación de las observaciones y comentarios recibidos. El espacio de trabajo contó con la asistencia de 184 personas de 29 autoridades ambientales.
2. En la vigencia 2022 se consolidaron y se dio respuesta a ciento dos (102) observaciones y comentarios remitidos por autoridades ambientales frente a los enunciados del documento técnico y proyecto de resolución.
3. En la vigencia 2023 se realizaron espacios socialización de la iniciativa normativa con la participación de los siguientes actores:

**Tabla 6-1 Relación de espacios de participación de la vigencia 2023**

Espacio de participación	Tipo de actor	Fecha	Actores clave
Socialización, respuesta a inquietudes y solicitud de observaciones y comentarios	Instituciones Académicas	25/05/2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma de Occidente</li> <li>• Universidad de los Llanos, Universidad del Magdalena</li> <li>• Universidad del Valle-Instituto Cinara</li> <li>• Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira</li> <li>• Universidad Simón Bolívar de Barranquilla</li> <li>• Universidad Autónoma de Occidente</li> </ul>
Socialización, respuesta a inquietudes y solicitud de observaciones y comentarios	Ministerios	5/07/2023	Sesión del comité técnico de calidad del Consejo Nacional del Agua con la participación de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH-DAMCRA</li> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT</li> <li>• Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM</li> <li>• Ministerio de Minas y Energía - MME</li> <li>• Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Mincit</li> <li>• Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS</li> <li>• Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR</li> </ul>
Socialización, respuesta a inquietudes y solicitud de observaciones y comentarios	Institutos	12/07/2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH-DAMCRA</li> <li>• Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.</li> <li>• Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés – INVEMAR.</li> <li>• Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH)- DIMAR.</li> <li>• Instituto Nacional de Salud - INS</li> <li>• Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt</li> </ul>
Socialización y respuesta a inquietudes	Asociaciones comunitarias de acueductos	31/08/2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confederación Nacional de Organizaciones Comunitarias de Servicio de Agua y Saneamiento de Colombia, COCSASCOL.</li> <li>• Red Nacional de Acueductos Comunitarios</li> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio -MVCT (Dirección de Política y Regulación).</li> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (SEP-DGIRH, DAMCRA).</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerios	26/09/2023	Ministerio de Salud y Protección Social
Mesa de trabajo	Autoridad ambiental	18/10/2023	CAM - Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
Mesa de trabajo	Ministerios	19/10/2023	Ministerio de Salud y Protección Social



4. Las direcciones técnicas encargadas de la iniciativa normativa con el apoyo del Grupo de Comunicaciones y la Subdirección de Educación y participación, elaboraron cartilla informativa de la iniciativa normativa, cuyo objeto principal en el marco de la convocatoria de actores de la comunidad es cerrar la brecha de información que tienen las comunidades respecto a la interpretación de instrumentos normativos expedidos por la entidad.

5. Se invitó al Organismo Nacional de Acreditación de Colombia – ONAC, al Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC y a la academia colombiana de ciencias exactas, físico y naturales – ACCEFYN. a participar en las observaciones y comentarios con relación al documento técnico y proyecto de resolución.

6. En la vigencia 2023 se consolidaron y a su vez fueron objeto de respuesta ciento quince (115) observaciones y comentarios remitidos por los actores antes mencionados.

7. Asimismo, para asuntos relacionados de manera específica con el uso consumo humano se realizaron mesas de trabajo con profesionales de la Subdirección de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y Protección Social, mesas desarrolladas los días 26 de septiembre y 19 de octubre de 2023. Los soportes de la realización de dichos espacios fueron suministrados al despacho del Viceministerio de Políticas y Normalización Ambiental junto con toda la información de la iniciativa normativa.

8. En relación con el Parágrafo 1 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, se han realizado reuniones en el marco del Consejo Nacional del Agua, invitando mediante oficio radicado 23022023E2018236 del 9 de junio de 2023 al Ministerio de Salud y Protección Social y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. No obstante, se realizarán otras mesas de trabajo que sean pertinentes.

9. En la vigencia 2024 se realizaron espacios socialización de la iniciativa normativa con la participación de los siguientes actores:

**Tabla 6-2 Relación de espacios de participación de la vigencia 2024**

Espacio de participación	Tipo de actor	Fecha	Actores clave
Comités técnicos aguas subterráneas y calidad del Consejo Nacional de Agua	Ministerios	29/05/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH-DAMCRA</li> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT</li> <li>• Ministerio de Minas y Energía - MME - Grupo de Asuntos Nucleares</li> <li>• Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerios	14/06/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH-DAMCRA</li> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT</li> <li>• Ministerio de Minas y Energía - MME - Grupo de Asuntos Nucleares</li> <li>• Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerios	9/07/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH</li> <li>• Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerios	10/07/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH-DAMCRA</li> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT</li> <li>• Ministerio de Minas y Energía - MME - Grupo de Asuntos Nucleares</li> <li>• Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS</li> </ul>
Mesa de trabajo	Institutos	16/07/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IDEAM</li> <li>• INVEMAR</li> </ul>
Mesa de trabajo	Institutos	28/08/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IDEAM</li> <li>• INVEMAR</li> </ul>
Mesa de trabajo	Academia	4/09/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Cartagena</li> <li>• Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano</li> <li>• Universidad Javeriana</li> <li>• Universidad Nacional de Colombia. Sede Caribe</li> <li>• Universidad de Córdoba</li> </ul>
Mesa de trabajo	Instituto	4/09/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INVEMAR (Programa de Calidad Ambiental Marina - CAM y Programa de Valoración y Aprovechamiento de los Recursos Marinos y Costeros - VAR)</li> </ul>
Mesa de trabajo	Autoridad ambiental	12/09/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerios	18/11/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / DGIRH</li> <li>• Ministerio de Minas y Energía - MME - Grupo de Asuntos Nucleares</li> </ul>
Mesa de trabajo	Ministerio e INS	13/12/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT</li> <li>• Instituto Nacional de Salud.</li> </ul>

## 7. Resultados de análisis de laboratorio para la evaluación de los criterios de calidad

De conformidad con el párrafo segundo del artículo 2.2.8.9.1.5 del Decreto 1076 de 2015, los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado mediante acto administrativo expedido por el IDEAM (subraya fuera del texto).

Teniendo en cuenta lo anterior, mediante la Resolución 104 de 2022, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, establece los procedimientos y requisitos que deben cumplir los laboratorios ambientales del sector público y privado que produzcan información, cuantitativa física, química, microbiológica y biótica para los estudios o análisis ambientales concernientes a la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables para obtener, mantener, renovar o ampliar la acreditación otorgada por el IDEAM.

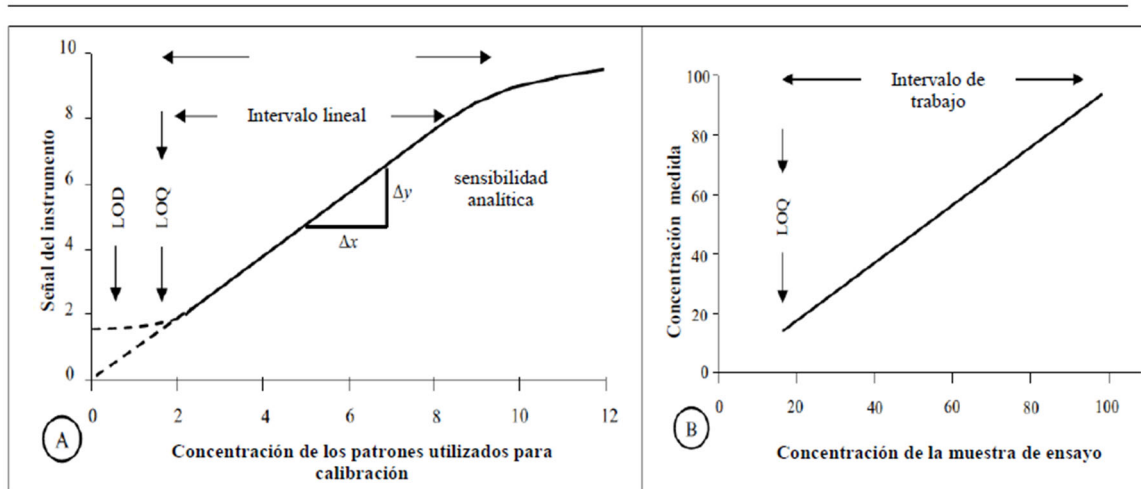
En ese marco, los resultados de análisis ambientales para la evaluación de los criterios de calidad para el uso de las aguas continentales, subterráneas y marinas, deben provenir de laboratorios acreditados de acuerdo con la Resolución 104 de 2022 del IDEAM, o aquella que la modifique, adicione o sustituya.

Ahora bien, es importante mencionar algunos aspectos que surgieron en las mesas de trabajo realizadas en 2024 con participación de IDEAM, INVEMAR y MINAMBIENTE, en donde se recibió su retroalimentación a la propuesta normativa, específicamente sobre algunos criterios de calidad (variables y valores) considerados para el uso de las aguas marinas, y a partir de lo cual se cuenta con los Radicado ARCA 12024E1047661 y 12024E1053507, sobre las temáticas relacionadas con la acreditación de laboratorios, entre otras, que se reflejarán, en parte, en el Proyecto de Resolución, como es el concepto de Límite de Cuantificación del Método (LCM).

El LCM según Eurachem (2014) en su “Guía de Laboratorio para Validación de Métodos y Temas Relacionados”, menciona que el límite de cuantificación debe entenderse como el nivel más bajo en el cual el desempeño de un método es aceptable para una aplicación determinada. El mismo autor menciona que, el Límite de Cuantificación del Método (LCM) es el mínimo nivel de analito que puede ser determinado con desempeño aceptable (es decir, considerado con exactitud y precisión, o incertidumbre de medición). En otras palabras, los límites de cuantificación de los métodos analíticos son entendidos como aquellos valores de concentración a partir de los cuales se puede determinar con grado aceptable de veracidad un mensurando<sup>17</sup>. (ver Figura 7-1).

---

<sup>17</sup> El propósito de una medición es determinar el valor de una magnitud, llamada el mensurando, que de acuerdo al VIM (Vocabulario Internacional de metrología), es el atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido



**Figura 3 – A) Ejemplo típico de una curva de respuesta obtenida con un método instrumental. Se identifican las características de desempeño ‘intervalo de trabajo’, ‘intervalo lineal’, ‘sensibilidad analítica’, ‘LOD’ y ‘LOQ’. B) Ejemplo típico de una curva obtenida con un procedimiento de medición en el que se representa la concentración medida en función de la concentración de la muestra de ensayo.**

**Figura 7-1 Curva típica de respuesta obtenida con un método instrumental. Identificación del límite de detección (LOD) y de Cuantificación del método (LOQ)**

**Fuente: Eurachem (2014)**

Según IDEAM los LCM “...resultan importantes dentro del proceso de acreditación de laboratorios ambientales por varias razones:

- Son uno de los indicadores de la capacidad analítica de medición de los laboratorios sometidos al proceso de acreditación y su definición en el proyecto normativo permitiría realizar procesos de auditoria con una mayor precisión puesto que, en el marco de los usos de agua contemplados, se presentaría una estandarización entre los laboratorios al momento de implementar sus capacidades de medición y rangos de trabajo.
- Como parte de la norma de acreditación (NTC-ISO/IEC 17025 en su versión vigente), se establece que los laboratorios demuestren que los métodos a utilizarse sean adecuados para los propósitos previstos, es así como con la inclusión normativa de los límites de cuantificación, el uso previsto estaría definido per se y no se encontraría sometido a discrecionalidad.

---

cualitativamente y determinado cuantitativamente. En la segunda edición del VIM, el mensurando está definido como “magnitud particular sujeta a medición”

- El establecimiento de un límite de cuantificación analítico (menor al valor normativo) aumenta la confiabilidad analítica puesto que, en aquellos casos en los cuales el límite de cuantificación es el mismo valor analítico (como se ha visto en ocasiones), la regla de decisión a utilizar para declarar conformidad puede llegar a generar una probabilidad considerable de riesgo...”

Sin embargo, para determinar el LCM existen distintas formas y la forma seleccionada dependerá de distintos factores incluyendo, pero sin limitarse a: naturaleza de la variable a cuantificar, metodología estándar apropiada, capacidad del laboratorio, etc. Para determinarlos se debe establecer la necesidad del proyecto normativo así como los fines a regular. Dicho lo anterior los límites de cuantificación se pueden obtener desde distintas fuentes:

- Bibliografía especializada en materia técnica para el análisis de aguas.
- Métodos de referencia toda vez que en algunos casos se presentan los límites o rangos de trabajo.
- Capacidad analítica de los laboratorios a nivel nacional y cuya información reposa en los acervos del IDEAM.

Teniendo en cuenta lo anterior, y viendo las bondades que puede ofrecer el establecimiento de LCM, se ha propuesto en el proyecto de resolución que en el marco de lo establecido en los procedimientos de acreditación a cargo del IDEAM (Resolución 104 de 2022 del IDEAM, o aquella que la modifique, adicione o sustituya) se considere la definición de los LCM para cada una de las variables que se establecerán como criterios de calidad para el uso de las aguas, con el fin realizar una estandarización entre los laboratorios al momento de implementar sus capacidades de medición y rangos de trabajo. Lo anterior permitirá aumentar la confiabilidad analítica, hará posible la comparación de los resultados por diferentes laboratorios y en la práctica se podrá demostrar el cumplimiento o incumplimiento de un criterio de calidad establecido en la norma.

## 8. Conclusiones

La propuesta de ajuste de los criterios de calidad para el uso de las aguas favorece la armonización con otros instrumentos de gestión del recurso hídrico existentes en la normatividad ambiental colombiana de acuerdo con lo siguiente:

- Los valores empleados para la elaboración de la norma de criterios de calidad tienen como objetivo general proteger, conservar, recuperar o preservar la calidad de las aguas de manera de salvaguardar el uso del recurso y la protección o conservación de las comunidades acuáticas y recursos hidrobiológicos, maximizando los beneficios sociales, económicos y ambientales.
- La propuesta de ajuste busca facilitar la interpretación e implementación de la norma en territorio, por parte de las autoridades ambientales, así como su gestión y seguimiento a la mejora de las condiciones de calidad de los cuerpos de agua a nivel nacional. Lo anterior, debido a aspectos como: incorporación de los principales parámetros indicadores de estado

de la calidad del recurso hídrico; ajuste de parámetros y valores a las técnicas de análisis de laboratorio empleadas en la actualidad; ajuste a condiciones y necesidades identificadas en territorio; mejora de aspectos técnicos para la aplicación de la norma.

- El ajuste normativo facilitará el ordenamiento del recurso hídrico debido a que se armonizan los principales parámetros ambientales indicadores de la calidad de agua contenidos en los criterios de calidad y los objetivos de calidad. La modificación sobre la normatividad asociada a los criterios de calidad tendrá incidencia sobre el proceso de ordenamiento del recurso hídrico, teniendo en cuenta que dicho proceso debe definir los objetivos de calidad (asociados a un uso) a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo. Con el fin de reducir este impacto, en el acto administrativo que adopta la norma se incluye este aspecto en la vigencia para que no estén obligados a realizar el ajuste de los objetivos de calidad aquellos planes de ordenamiento del recurso hídrico – PORH adoptados antes de la expedición de la norma o aquellos que hayan iniciado la fase de elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico. Teniendo en cuenta lo anterior, con la presente norma no se esperan cambios en las condiciones de los permisos de vertimiento o reglamentaciones de vertimiento vigentes, debido a que estas se encuentran asociadas a los objetivos de calidad vigentes, los cuales se mantendrán. Asimismo,
- Las disposiciones de la presente norma serán incorporadas en el ordenamiento del recurso hídrico de manera paulatina durante el proceso de revisión y/o ajuste de los objetivos de calidad, lo anterior al vencimiento del período previsto para el cumplimiento de los objetivos de calidad cada cuerpo de agua.
- Con respecto a la evaluación ambiental del vertimiento que deben presentar los usuarios que soliciten permisos de vertimiento a los cuerpos de agua, dicha evaluación deberá realizarse teniendo en cuenta las modificaciones que se realicen en materia de usos y criterios de calidad del agua. En este sentido, es imperativo señalar que la evaluación ambiental del vertimiento, más allá de analizar el comportamiento de todos los parámetros vertidos de acuerdo con la actividad generadora, debe estar en función de modelar como ese vertimiento puede afectar los objetivos de calidad del tramo definido.
- Teniendo en cuenta que la actual propuesta de ajuste normativo no incluye una modificación a los fines de uso aplicados en el cálculo de la tasa por utilización del agua, la propuesta no tiene ninguna incidencia sobre las tasas por utilización del agua.
- Se resalta la importancia de la inclusión de las principales variables de los indicadores de estado de la calidad del recurso hídrico en la propuesta de ajuste normativo, lo anterior permitirá a las autoridades ambientales conocer el estado general de calidad de agua a partir del Índice de Calidad de Agua empleado por el IDEAM, lo que permitirá reducir los requerimientos logísticos y económicos asociados con el monitoreo de calidad del agua y promoverá el conocimiento del estado general de la calidad de los cuerpos de agua del país.
- Una vez entre en vigencia la propuesta, será necesario ajustar la plataforma del SIRH de acuerdo con las variables definidas para los criterios de calidad correspondiente a cada uso, con el fin de actualizar los objetivos de calidad a incorporar en el área temática de calidad hídrica.
- Se debe fortalecer el uso de bioensayos a nivel nacional, como una herramienta que puede ser empleada para determinar el nivel de riesgo de los elementos biológicos de los

ecosistemas acuáticos o determinar medidas de protección, conservación o restauración de ecosistemas acuáticos.

## 9. Referencias bibliográficas

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2017, 08 02). <https://www.atsdr.cdc.gov>. Retrieved from [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs115.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs115.html).
- AIH. (2017). *Los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) de la Organización de Naciones Unidas (ONU) para el 2030. Indicadores esenciales para el agua subterránea*.
- Alabama A&M University and Auburn University. (2019). *Evaluating Water Quality for Poultry*.
- ANZECC & ARMCANZ. (2000). *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volumen 1*.
- Arnot, J., & Gobas, F. (2006). *A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms*. National Research Council Canada.
- ATSDR. (2009). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Case Studies in Environmental Medicine. Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*.
- ATSDR. (1999). *TOXICOLOGICAL PROFILE FOR TOTAL PETROLEUM HYDROCARBONS (TPH)*.
- ATSDR. (2017, 07 31). <https://www.atsdr.cdc.gov/>.
- Banco Mundial. (2003). *Water Quality: Assessment and Protection. Water Resources and Environment Technical Note D.1.* .
- Blodgett, R. (2020, 10). *Bacteriological Analytical Manual, 8th Edition, Revision A. Appendix 2: Most Probable Number from Serial Dilutions*. Retrieved from <https://www.fda.gov/>: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-appendix-2-most-probable-number-serial-dilutions>
- Boyd, C., & Tucker, C. (2012). *Pond Aquaculture Water Quality Management*.
- Buchman, M. F. (2008). *NOAA Screening Reference Table*.
- Calderer, A. (2001). *Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (Sparus aurata L.)*. Barcelona.
- Casarett, L., Doull, J., & Klaassen, C. (2019). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*.
- Castillo, G. (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*.
- CCME. (2020). *Canadian Environmental Quality Guidelines*.
- ChemSafetyPro. (2020, 03 29). *Environmental Risk Assessment*. Retrieved from <https://www.chemsafetypro.com/>



- Comisión Colombiana del Océano. (2018). *Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros*. Bogotá, D.C., Colombia.
- CONAGUA. (2010). *Estadísticas del Agua en México*.
- CONAMA. (2005). *Resolución 357/05 "Establece disposiciones para la clasificación de cuerpos de agua, así como directivas ambientales para su aplicación establece condiciones y estándares para la liberación de efluentes y establece otras disposiciones."*.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2011). *REGLAMENTO (UE) N o 253/2011 DE LA COMISIÓN EUROPEA*.
- DRIEE. (2019). *Estado ecológico y químico de ríos en Francia, clases de calidad de las aguas superficiales en Europa según estado ecológic*.
- DWAF. (1996). *South African water quality guidelines*. 2nd edn.
- European Commission. (2017). *Study for the strategy for a non-toxic environment of the 7th EAP*. Bruselas.
- FAO. (1985). *Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1*. Roma.
- FAO. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture*.
- FAO. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture*. .
- FAO. (2019, 10 15). *Water quality for livestock and poultry*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/T0234E/T0234E07.htm#tab29>
- FAO. (2021, 02 2021). *Annex 2. Water quality guidelines for livestock and poultry production for parameters of concern in agricultural drainage water*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/y4263e/y4263e0f.htm>
- FAO. (2023, 09 09). <http://www.fao.org>. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E04.htm#ch3.1.1>: <http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E04.htm#ch3.1.1>
- FAO. (2023, 09 09). <https://www.fao.org>. Retrieved from 2. Wastewater quality guidelines for agricultural use: <https://www.fao.org/3/t0551e/t0551e04.htm#TopOfPage>
- FAO. (2023, 09 13). *Mejora de la calidad de agua en los estanques*. Retrieved from <https://www.fao.org>: [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)
- FAO. (2023). *Water quality in agriculture: Risks and risk mitigation*. . Rome.
- Health Canada. (2020). *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table*. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch. Ottawa, Ontario.
- HydroQual. (2007). *Biotic Ligand Model User's Guide and Reference Manual*.
- IDEAM. (2011). *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00)*.
- IDEAM, CAR y U.D.C.A. (2017). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización*. IDEAM.

- IGME. (1985). *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España*.
- INVEMAR. 2023. Diagnóstico de calidad ambiental marina REDCAM. Cusba, J, P. Obando y L. Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico final 2022, Santa Marta. 233 p.
- INVEMAR. 2023a. Metodología de la operación estadística índice de calidad de aguas marinas y costeras – OE ICAM. M. J. Castillo Viana, T. L. Córdoba Meza y P. Obando Madera. ME-CAM-1 Versión: 3. Actualización: agosto 2023. Copia no controlada.
- INVEMAR. 2025. Respuesta a solicitud de análisis detallado de la revisión sistemática e histórica de las variables REDCAM. DGI-SCI-CAM-0789. Santa Marta D. T. C. H., 02 de julio de 2025.
- INVEMAR y MINAMBIENTE. 2019. Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico. Componente Marino Costero. Informe Técnico Final. Actividad 3. Convenio 480-2019, Santa Marta 243 p.
- INN Chile. (1978). *Requisitos de calidad del agua para diferentes usos*.
- Kiely, G. (1999). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*.
- Massachusetts Department of Environmental Protection. (1994). *INTERIM FINAL PETROLEUM REPORT: DEVELOPMENT OF HEALTH-BASED ALTERNATIVE TO THE TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH) PARAMETER*. Boston, Massachusetts .
- MAVDT. (2001). *Política nacional ambiental para el desarrollo de los espacios oceánicos y las zonas costeras*. Bogotá.
- MAVDT. (2007). *Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de hidrocarburos*. Bogotá.
- Minambiente. (2014). *Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos*.
- Minambiente, & ONUDI. (2012). *Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia*.
- Minambiente-UN. (2013). *Documento técnico de soporte para la Norma de Usos y Criterios de Calidad de Aguas superficiales y subterráneas*.
- Minambiente-Univalle-Cinara. (2011). *Actualización de los usos y criterios de calidad del agua para la destinación del recurso hídrico en Colombia*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial*. Bogotá, D. C.
- MVCT. (2017). *Resolución 330 de 2017 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"*. Bogotá.
- NSW Department of Primary Industries. (2014). *Water for livestock: interpreting water quality tests. Primefact 533, second edition*.

- OECD. (1992). *ENV Monograph No. 58. Report of the OECD Workshop on Quantitative Structure Activity Relationships (QSARs) in Aquatic Effects Assessment*.
- OECD. (1995). *ENV Monograph No. 92, Guidance. Document for Aquatic Effects Assessment*. (1995).
- OECD. (2020, 03 29). *OECDilibrary*. Retrieved from OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3. Test No. 305: Bioaccumulation in Fish: Aqueous and Dietary Exposure: <https://www.oecd-ilibrary.org/>
- OECD/EAP Task Force Secretariat. (2011). *Establishing a Dynamic System of Surface Water Quality Regulation: Guidance for Countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia*.
- OMS. (2006). *Guía para la calidad del agua potable*.
- OMS. (2008). *Petroleum Products in Drinking-water*.
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*.
- OMS. (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*.
- OMS. (2017). *Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition*. WHO (ed.).
- OMS. (2019). *The WHO Recommended Classification of Pesticides*.
- ONU. (2017). *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7*. Nueva York y Ginebra.
- Organización Panamericana de la Salud. (1989). *Curso Básico sobre Eutrofocación*.
- PNUMA. (2020). *Documento de orientación técnica N° 2 sobre el indicador 6.3.2 de los ODS. valores objetivo*.
- República de Colombia. (2007). *Resolución 2115 de 2007 "Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano"*.
- RIPDA-CYTED. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. .
- Saingam, P. L. (2020). Fecal indicator bacteria, direct pathogen detection, and microbial community analysis provide different microbiological water quality assessment of a tropical urban marine estuary. *Water Research*, 185 (2020) 116280.
- Schuijt L.M., P. F. (2021). (Eco)toxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: Facts, challenges, and future. *Science of the Total Environment*, 4-18.
- Secretaria Del Ambiente. (2002). *Resolución N° 222 "Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional"*.
- SIAC. (2019, 11 06). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. Retrieved from Degradación de suelos por salinización: <http://www.siac.gov.co/salinizacion>
- Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series. (1997). *Development of Fraction Specific Reference Doses (RfDs) and Reference Concentrations (RfCs) for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH). Volumen 4*. Massachusetts.

- U.S. EPA. (2009). *Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Complex Mixtures of Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons*.
- U.S. Geological Survey. (1993). *Escherichia coli and fecal-coliform bacteria as indicators of recreational water quality*. .
- UNESCO-WHO-UNEP. (1996). *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition*. .
- US EPA. (1972). *Water Quality Criteria*.
- US EPA. (1985). *Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses*.
- US EPA. (1986). *Quality criteria for water*.
- US EPA. (1988). *Cyanide. Water Quality Standards Criteria Summaries: A compilation of State/Federal Criteria*.
- US EPA. (2000). *Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs*.
- US EPA. (2001). *Parameters of water quality: Interpretation and Standards*.
- US EPA. (2002). *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*.
- US EPA. (2007). *Framework for Metals Risk Assessment*.
- US EPA. (2012). *Water Quality Standards Handbook*.
- US EPA. (2013). *Aquatic life ambient water quality criteria for ammonia – freshwater*.
- US EPA. (2018). *2017 Five-Year Review of the 2012 Recreational Water Quality Criteria*.
- US EPA. (2018). *Fact Sheet: Final 2018 Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Aluminum in Freshwaters*.
- US EPA. (2018). *Water Quality Standards*.
- US EPA. (2019, 10 15). *Aquatic life ambient water quality criteria*. Retrieved from <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>
- US EPA. (2019, 10 15). *National Primary Drinking Water Regulations*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>: <https://www.epa.gov>
- US EPA. (2020, 03 26). *United States Environmental Protection Agency*. Retrieved from <https://www.epa.gov>
- WHO. (2003). *Guidelines on Safe Recreational Water - Volume 1*.
- WHO. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume ii: wastewater use in agriculture*.
- WHO. (2009). *The WHO Recommended Classification of Pesticides and Guidelines to Classification*.

WHO. (2021). *Guidelines on recreational water quality. Volume 1: coastal and fresh waters*. Geneva.

WRC & AAFC. (2000). *Livestock and water quality*.

## Anexo 1. Identificación de peligros a la salud humana y el ambiente

## A. Identificación de peligros por Compuestos químicos

Mediante el Decreto 1496 del 6 de agosto de 2018 “Por el cual se adopta Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química” se adopta para Colombia un sistema de clasificación, etiquetado y fichas de seguridad de productos químicos que establece criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con respecto a sus peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente, que pueden ser empleados como herramientas para la prevención de los potenciales efectos a la salud humana y el ambiente. Este sistema de clasificación aplica para: 1) los productos químicos utilizados en lugares de trabajo, 2) los plaguicidas químicos de uso agrícola (PQUA), 3) los productos químicos en la etapa de transporte y 4) los productos químicos dirigidos al consumidor.

Mediante resolución N° 2075 del 02 de agosto de 2019, y en el marco de la Decisión 804 de 2015 de la Comunidad Andina de Naciones, se adopta el “Manual Técnico Andino para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (PQUA)”, siendo Colombia un país miembro responsable de su aplicación de conformidad con lo establecido en la Decisión 804. Por esto, los titulares de registros de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola - PQUA tendrán un período máximo de 60 meses, para adaptar el etiquetado de todos los PQUA al Sistema Globalmente Armonizado (SGA o GHS por sus siglas en inglés), en los términos que establece el manual.

Aunque el SGA puede aplicarse a todas las sustancias químicas y sus mezclas, existen consideraciones especiales principalmente para metales y compuestos metálicos y sustancias poco solubles debido a su comportamiento químico. Además, es importante tener en cuenta que los peligros al ser humano o el ambiente, se manifiestan en circunstancias diferentes al uso normal y es por lo que dichos resultados deben analizarse cuidadosamente.

A continuación, se describen los peligros a la salud y al medio ambiente acuático que tienen relación con la presente norma, de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017).

## A.1. Peligros a la salud

En la Tabla 1 a Tabla 6, se relacionan los principales criterios de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA – versión 7) en relación con los peligros a la salud humana. Se destaca que fueron tenidos en cuenta aquellos que pueden estar relacionados con el uso de agua cruda, entre los que se destacan: toxicidad aguda (rutas de exposición oral, cutánea e inhalación), mutagenicidad en células germinales, carcinogenicidad, toxicidad para la reproducción, toxicidad específica de órganos diana (exposición única y exposiciones repetidas). Además en la Tabla 1, se presenta la relación existente entre el SGA y la clasificación de plaguicidas recomendada por la OMS (OMS, 2019).



**Tabla 1 Clasificación y etiquetado para toxicidad aguda**

Toxicidad aguda														
The WHO Recommended Classification of Pesticides (2019) by Hazard				Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017)										
Clase	Descripción	DL50 en ratas (mg / kg de peso corporal)		Categorías de peligro de toxicidad aguda y estimaciones de la toxicidad aguda (ETA)	Palabra de advertencia	DL50 en ratas (mg / kg de peso corporal)								
		Oral	Dérmica			Oral	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro	Dérmica	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro	Gases	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
Ia	Extremadamente peligroso	<5	<50	1	Peligro	0 -<=5	Mortal en caso de ingestión	H300	0 -<=50	Mortal en contacto con la piel	H310	0 -<=100	Mortal si se inhala	H330
Ib	Muy peligroso	5-50	50-200	2	Peligro	5 -<=50	Mortal en caso de ingestión	H300	50 -<=200	Mortal en contacto con la piel	H310	100 -<=500	Mortal si se inhala	H330
II	Moderadamente peligroso	50-2000	200-2000	3	Peligro	50 -<=300	Tóxico en caso de ingestión	H301	200 -<=1000	Tóxico en contacto con la piel	H311	500 -<=2500	Tóxico si se inhala	H331
				4	Atención	300 -<=2000	Nocivo en caso de ingestión	H302	1000 -<=2000	Nocivo en contacto con la piel	H312	2500 -<=20.000	Nocivo si se inhala	H332
III	Ligeramente peligroso	>2000	>2000	5	Atención	2000 -<=5000	Puede ser nocivo en caso de ingestión	H303	2000 -<=5000	Puede ser nocivo en contacto con la piel	H313	Consideraciones especiales	Puede ser nocivo si se inhala	H333
U	Es poco probable que presente un peligro agudo	5000 o mayor	5000 o mayor	No clasificada en el SGA										

Fuente: Elaborada a partir de (OMS, 2019) y (ONU, 2017). \*- Se deben tener en cuenta las consideraciones establecidas en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017) - en relación con las mezclas de sustancias.

**Tabla 2 Clasificación y etiquetado para mutagenicidad en células germinales**

Mutagenicidad en células germinales			
Categorías de peligro mutagenicidad en celular germinales	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
1 (1A como 1B)	Peligro	Puede provocar defectos genéticos (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H340
2	Atención	Susceptible de provocar defectos genéticos (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H341
Categoría 1 A: sustancias de las que se sabe que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos Categoría 1 B: sustancias que se consideran como si indujeran mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos Categoría 2: sustancias que son motivos de preocupación por la posibilidad de que puedan inducir mutaciones hereditarias en las células germinales de seres humanos			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Tabla 3 Clasificación y etiquetado para carcinogenicidad**

Carcinogenicidad			
Categorías de peligro carcinogenicidad	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
1 (1A como 1B)	Peligro	Puede provocar cáncer (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H350
2	Atención	Susceptible de provocar cáncer (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H351
Categoría 1 A: sustancias de las que se sabe que son carcinógenas para el hombre, en base a la existencia de datos en humanos. Categoría 1 B: sustancias de las que se supone que son carcinógenas para el hombre, en base a la existencia de datos en estudios con animales. Categoría 2: sustancias sospechosas de ser carcinógenas para el hombre			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Tabla 4 Clasificación y etiquetado para toxicidad para la reproducción**

Toxicidad para la reproducción			
Categorías de toxicidad para la reproducción	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
1 (1A como 1B)	Peligro	Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H360
2	Atención	Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar al feto (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H361
Con efectos sobre o a través de la lactancia	Sin palabra de advertencia	Puede ser nocivo para los lactantes	H362
Categoría 1 A: sustancias de las que se sabe que son tóxicas para la reproducción humana. Categoría 1 B: sustancias de las que se presume que son tóxicas para la reproducción humana. Categoría 2: sustancias de las que se sospecha que son tóxicas para la reproducción humana			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Tabla 5 Clasificación y etiquetado para toxicidad específica de órganos diana (exposición única)**

Toxicidad específica de órganos diana - Exposición única			
Categorías de toxicidad sistémica específica de órganos diana tras una exposición única	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
1	Peligro	Provoca daños en los órganos (o indíquense todos los órganos afectados, si se conocen) (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H370
2	Atención	Puede provocar daños en los órganos (o indíquense todos los órganos afectados, si se conocen) (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H371
3	Atención	Puede irritar las vías respiratorias o Puede provocar somnolencia o vértigo	H335 H336
<p>Categoría 1: sustancias que producen toxicidad significativa en seres humanos o de las que, en base a estudios en animales de experimentación, se puede esperar que produzcan una toxicidad significativa en seres humanos tras una exposición única.</p> <p>Categoría 2: sustancias de las que, en base a estudios en animales de experimentación, se puede esperar que sean nocivas para la salud humana tras una exposición única.</p> <p>Categoría 3: Efectos transitorios en los órganos diana</p>			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Tabla 6 Clasificación y etiquetado para toxicidad específica de órganos diana (exposiciones repetidas)**

Toxicidad específica de órganos diana - Exposiciones repetidas			
Categorías de toxicidad sistémica específica de órganos diana tras exposiciones repetidas	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro
1	Peligro	Provoca daños en los órganos (o indíquense todos los órganos afectados, si se conocen) tras exposiciones prolongadas o repetidas (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H372
2	Atención	Puede provocar daños en los órganos (o indíquense todos los órganos afectados, si se conocen) tras exposiciones prolongadas o repetidas (indíquese la vía de exposición si se ha demostrado concluyentemente que ninguna otra vía es peligrosa)	H373
<p>Categoría 1: sustancias que producen toxicidad significativa en seres humanos o de las que basándose en estudios en animales de experimentación, se puede esperar que produzcan una toxicidad significativa en seres humanos tras exposiciones repetidas.</p> <p>Categoría 2: sustancias de las que, basándose en estudios en animales de experimentación, se puede esperar que sean nocivas para la salud humana tras exposiciones repetidas.</p>			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

## A.2. Peligros para el medio ambiente acuático

Los bioensayos son pruebas derivadas de la toxicología clásica aplicadas al diagnóstico ambiental en ecosistemas acuáticos que se sospechan contaminados por fuentes naturales o antrópicas. Se usan como complemento a los ensayos fisicoquímicos y constituyen una herramienta destinada a identificar elementos biológicos en riesgo por contaminación física y química, asociada a elementos tóxicos, compuestos tóxicos, mezclas de compuestos tóxicos y sus transformaciones en el ambiente. Los bioensayos son empleados para establecer niveles tolerables de exposición, en donde se considera la inexistencia de efectos adversos significativos sobre la “abundancia, producción y persistencia de las poblaciones y los ecosistemas” (Castillo, 2004). Estos bioensayos son necesarios cuando: A partir de monitoreo fisicoquímicos se haya determinado que existen problemas de contaminación; cuando se quiera evaluar el nivel de riesgo de los elementos biológicos de los ecosistemas acuáticos; cuando se requiera determinar medidas de protección, conservación o restauración de ecosistemas acuáticos.

El presente apartado se centra en el uso de bioensayos en aguas superficiales y aguas subterráneas, pero este tipo de ensayos puede ser aplicado en la evaluación de toxicidad de sustancias químicas puras, efluentes, aguas naturales, superficiales, subterráneas y sedimentos (Castillo, 2004).

En los bioensayos, la toxicidad se refiere a la exposición de una población de organismos a una condición ambiental de interés a evaluar, la cual puede ser un elemento químico o físico o la mezcla de varios de estos. Generalmente las poblaciones utilizadas para estas pruebas son plantas, algas, hongos, invertebrados (moluscos, anélidos, larvas de insectos, etc.), anfibios, peces y mamíferos (Council, 2014). Los ensayos sobre organismos de prueba se realizan bajo condiciones experimentales específicas y controladas (Castillo, 2004).

A continuación se presenta: la forma en que se interpretan los resultados de los bioensayos para establecer cuando existe un peligro en el corto o largo plazo para los ecosistemas acuáticos; el procedimiento para derivar los criterios de calidad a partir de los resultados de bioensayos.

### A.2.1. Interpretación de la toxicidad acuática

La toxicidad es *“la capacidad de una sustancia para ejercer un efecto nocivo sobre un organismo o la biocenosis, y dependerá tanto de las propiedades químicas del compuesto como de su concentración, según sea la duración y frecuencia de la exposición al tóxico, y su relación con el ciclo de vida del organismo”* (...) y por otra parte, *“el efecto tóxico sobre los sistemas biológicos es ejercido por la acción combinada de todas las sustancias nocivas presentes en el medio, incluso aquellas que no son tóxicas en sí, pero que afectan las propiedades químicas o físicas del sistema, y consecuentemente las condiciones de vida de los organismos”* (Castillo, 2004).

En la Tabla 7 y Tabla 9, se relacionan los principales criterios de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA – versión 7) en relación el peligro a corto plazo (agudo) y peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático. Además, en la Tabla 8 se resumen los criterios y ensayos empleados para la determinación del potencial de bioacumulación y la degradación medioambiental.

**Tabla 7 Clasificación y etiquetado para peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático**

Peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático						
Categorías de peligro a corto plazo (agudo) para el medio ambiente acuático	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro	CL <sub>50</sub> 96h (para peces)	CE <sub>50</sub> 48 h (para crustáceos)	CE <sub>r50</sub> 72 o 96 h (para algas u otras plantas acuáticas)
				(Directriz de ensayo 203 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 202 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 201 de la OCDE o equivalente)
Agudo 1	Atención	Muy tóxico para los organismos acuáticos	H400	<= 1 mg/L (y/o)	<= 1 mg/L (y/o)	<= 1 mg/L
				La categoría aguda 1 puede subdividirse en algunos sistemas reguladores para incluir un rango inferior con un C(E)L <sub>50</sub> <=0.1 mg/L		
Agudo 2	Sin palabra de advertencia	Tóxico para los organismos acuáticos	H401	>1 pero <=10 mg/L (y/o)	>1 pero <=10 mg/L (y/o)	>1 pero <=10 mg/L
Agudo 3	Sin palabra de advertencia	Nocivo para los organismos acuáticos	H402	>10 pero <=100 mg/L (y/o)	>10 pero <=100 mg/L (y/o)	>10 pero <=100 mg/L
				Algunos sistemas reguladores pueden ampliar esta rango más allá de una C(E)L <sub>50</sub> de 1001 mg/L introduciendo otra categoría.		
<div>- CE<sub>50</sub>: La concentración efectiva de un producto químico cuyo efecto corresponda al 50% de la respuesta máxima.</div> <div>- CER<sub>50</sub> o CE<sub>50</sub>, la CE en términos de reducción de la tasa de crecimiento.</div> <div>- CL<sub>50</sub>: La concentración de un producto químico en el aire o en el agua que provoque la muerte del 50% (la mitad) de un grupo de animales sometidos al ensayo.</div> <div>- Se deben tener en cuenta las consideraciones establecidas en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017) - en relación con las mezclas de sustancias.</div>						

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Table 8 Criterios para definir el potencial de bioacumulación y la degradación medioambiental**

Potencial de bioacumulación			
<p>La bioacumulación es la concentración de elementos, compuestos, o mezclas de compuestos en organismos vivos cuando la fuente es el agua.</p> <p>La determinación de la bioacumulación puede realizarse por mediciones directas o empleando propiedades fisicoquímicas de los químicos orgánicos que tienen una relación directa con la respuesta fisiológica de los organismos (Arnot &amp; Gobas, 2006). Para la evaluación de la bioacumulación se emplean principalmente los siguientes aspectos. Coeficiente de partición octanol-agua (Kow) (empleado en compuestos orgánicos); Factor de bioconcentración (BCF por sus siglas en inglés)</p>			
Criterio de clasificación	Ensayo	Descripción	Criterio
Factor de bioconcentración (FBC)	Se determinará mediante Directriz de ensayo 305 de la OCDE	<p>El factor de bioconcentración es un valor adimensional que se determina mediante ensayo de laboratorio, y determinado como la relación de concentración una sustancia química o elemento en los tejidos de los organismos (como mg / kg) y la concentración de la sustancia química en el medio circundante (como mg/L o mg/Kg).</p> <p>Para la determinación de bioconcentración en agua se emplean generalmente peces, debido a que son adecuados para determinar el potencial de bioacumulación de sustancias con muy baja solubilidad en agua (OECD, 2020).</p>	Potencial de bioacumulación basado en un FBC $\geq$ 500 obtenido experimentalmente
Coeficiente de reparto octanol/agua expresado como log Kow	Estimación directa mediante directrices de ensayo 107 (1995), 117 (1989) o 123 de la OCDE	<p>El coeficiente de partición n-octanol/agua (Kow), es un cociente adimensional que expresa la relación de la concentración de una sustancia química en n-octanol y la concentración de una sustancia química en agua en equilibrio, a una temperatura especificada. Su valor está inversamente relacionado con la solubilidad en agua y directamente proporcional al peso molecular de una sustancia (ChemSafetyPro, 2020).</p> <p>Los valores de Kow (o el logaritmo de Kow) sirven para predecir la tendencia de un compuesto orgánico a adsorberse en organismos vivos, por lo que determina el potencial de bioacumulación. Las sustancias con un log Kow elevado tienden a baja solubilidad en agua y tienden a alojarse en tejidos grasos, teniendo por tanto un potencial de bioacumulación en los organismos</p>	log Kow $\geq$ 4 con la condición de que este indicador sea un descriptor apropiado del potencial de bioacumulación de la sustancia. Los valores medidos de log Kow prevalecen sobre los valores estimados, y los valores medidos del FBC lo hacen sobre los valores de log Kow.
Degradación medioambiental			
Criterio de clasificación	Ensayo	Descripción	Criterio
Ensayos de biodegradabilidad	Los ensayos de biodegradabilidad (A a F) de la Directriz de ensayo 301 de la OCDE (OCDE, 1992)	<p>La biodegradabilidad es la capacidad intrínseca de una sustancia a ser transformada en una estructura química más simple por vía microbiana (Ottenbrite y Albertsson, 1992).</p> <p>Para su evaluación la directriz de ensayo 301 tiene métodos que busca analizar tres niveles sucesivos de ensayo: las pruebas de biodegradabilidad inmediata, de biodegradabilidad intrínseca y de simulación (OCDE, 1992).</p>	Resultado positivo es indicador de la facilidad de las sustancias para biodegradarse en casi todos los medios.
Cociente DBO <sub>5</sub> (5 días) /DQO	Análisis fisicoquímicos	Cuando no se disponga de ensayos de biodegradabilidad, estudios de simulación sobre biodegradabilidad o estudios sobre terreno, etc. Se podrá emplear el cociente DBO <sub>5</sub> /DQO para determinar el potencial de biodegradación.	Degradación rápida cuando el cociente DBO <sub>5</sub> (5 días) /DQO $\geq$ 0,5

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)

**Tabla 9 Clasificación y etiquetado para peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático**

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático									
Categorías de peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro	Sustancias para las que se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica			Sustancias para las que no se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica		
				CSEO o CEx crónicas (para peces)	CSEO o CEx crónicas (para crustáceos)	CSEO o CEx crónicas (para algas u otras plantas acuáticas)	CL <sub>50</sub> 96h (para peces)	CE <sub>50</sub> 48 h (para crustáceos)	CEr <sub>50</sub> 72 o 96 h (para algas u otras plantas acuáticas)
				Directrices de ensayo 210 (Fases tempranas de la vida del pez) de la OCDE	Directrices de ensayo 211 (Reproducción de la Daphnia) de la OCDE	Directrices de ensayo 201 (Inhibición del crecimiento de las algas) de la OCDE	(Directriz de ensayo 203 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 202 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 201 de la OCDE o equivalente)
Crónico 1	Atención	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos	H410	Sustancias no rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L (y/o))	Sustancias no rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L (y/o))	Sustancias no rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L)	<= 1 mg/L (y/o)	<= 1 mg/L (y/o)	<= 1 mg/L
				Sustancias rápidamente degradables (<= 0.01 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 0.01 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 0.01 mg/L)	y la sustancia no es rápidamente degradable y/o el FBC determinado experimentalmente es ≥ 500 (o, en su defecto el log Kow ≥ 4)		
Crónico 2	Sin palabra de advertencia	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos	H411	Sustancias no rápidamente degradables (<= 1 mg/L (y/o))	Sustancias no rápidamente degradables (<= 1 mg/L (y/o))	Sustancias no rápidamente degradables (<= 1 mg/L)	>1 pero <=10 mg/L (y/o)	>1 pero <=10 mg/L (y/o)	>1 pero <=10 mg/L
				Sustancias rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 0.1 mg/L)	y la sustancia no es rápidamente degradable y/o el FBC determinado experimentalmente es ≥ 500 (o, en su defecto el log Kow ≥ 4)		
Crónico 3	Sin palabra de advertencia	Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos	H412	Sustancias rápidamente degradables (<= 1 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 1 mg/L (y/o))	Sustancias rápidamente degradables (<= 1 mg/L)	>10 pero <=100 mg/L (y/o)	>10 pero <=100 mg/L (y/o)	>10 pero <=100 mg/L
							y la sustancia no es rápidamente degradable y/o el FBC determinado experimentalmente es ≥ 500 (o, en su defecto el log Kow ≥ 4)		

Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático									
Categorías de peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Código de indicación de peligro	Sustancias para las que se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica			Sustancias para las que no se dispone de datos adecuados sobre la toxicidad crónica		
				CSEO o CEx crónicas (para peces)	CSEO o CEx crónicas (para crustáceos)	CSEO o CEx crónicas (para algas u otras plantas acuáticas)	CL <sub>50</sub> 96h (para peces)	CE <sub>50</sub> 48 h (para crustáceos)	CE <sub>50</sub> 72 o 96 h (para algas u otras plantas acuáticas)
				Directrices de ensayo 210 (Fases tempranas de la vida del pez) de la OCDE	Directrices de ensayo 211 (Reproducción de la Daphnia) de la OCDE	Directrices de ensayo 201 (Inhibición del crecimiento de las algas) de la OCDE	(Directriz de ensayo 203 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 202 de la OCDE o equivalente)	(Directriz de ensayo 201 de la OCDE o equivalente)
Crónico 4	Sin palabra de advertencia	Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos	H413				Esta clasificación se introduce para cuando los datos disponibles no permitan una clasificación, pero estos susciten alguna preocupación.  Las sustancias poco solubles para las que no se haya registrado toxicidad aguda en concentraciones inferiores o iguales a su solubilidad en agua y que no se degraden rápidamente y tengan un log Kow ≥ 4, lo que indica un potencial de bioacumulación, se clasificarán en esta categoría, a menos que la información científica demuestre que la clasificación no es necesaria. Esa información podría ser un FBC determinado experimentalmente < 500, o unas CSEO de toxicidad crónica > 1 mg/L, o datos que indiquen una degradación rápida en el medio ambiente.		
<p>- CE<sub>50</sub>: La concentración efectiva de un producto químico cuyo efecto corresponda al 50% de la respuesta máxima.</p> <p>- CE<sub>50</sub> o CE<sub>50</sub>, la CE en términos de reducción de la tasa de crecimiento.</p> <p>-CL<sub>50</sub>: La concentración de un producto químico en el aire o en el agua que provoque la muerte del 50% (la mitad) de un grupo de animales sometidos al ensayo</p> <p>-CSEO (NOEC en inglés): Es la concentración de ensayo inmediatamente inferior a la concentración más baja que produce efectos adversos estadísticamente significativos en un ensayo. La CSEO no tiene efectos adversos estadísticamente significativos en comparación con el testigo.</p> <p>* Podrán aceptarse los datos obtenidos de conformidad con las Directrices de ensayo de la OCDE. También se pueden emplear otros ensayos validados y aceptados internacionalmente. Deberán utilizarse las concentraciones sin efectos observados (CSEO) u otras CEx equivalentes.</p> <p>** Se deben tener en cuenta las consideraciones establecidas en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017) o la que la modifique o sustituya en relación con las mezclas de sustancias.</p>									

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017)



Según la duración de la exposición, la toxicidad acuática es aguda o crónica, según las definiciones que se presenta en la Tabla 10. En dicha tabla se presentan igualmente la concentración empleada para la evaluación de toxicidad y su definición, los organismos que se someten a los ensayos normalizados y las directrices de ensayo de la OCDE u equivalente.

**Tabla 10 Toxicidad aguda y crónica**

Toxicidad acuática aguda: es la propiedad intrínseca de una sustancia de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos tras una breve exposición a esa sustancia en el medio acuático			
Organismo que se somete a los ensayos normalizados*	peces	crustáceos	algas u otras plantas acuáticas
Tipo de concentración para la evaluación de toxicidad acuática aguda / directriz de ensayo	CL50 en 96 horas para los peces (Directriz 203 de la OCDE o equivalente)	CE50 en 48 horas para crustáceos (Directriz 202 o equivalente)	CE50 en 72 o 96 horas para algas (Directriz 201 o equivalente)
Definición	CL50: concentración letal media, concentración del material en agua, suelo o sedimento que se estima letal para el 50% de los organismos de ensayo.	CE50/CI50: concentración efectiva o de inhibición media. Concentración del material en agua, suelo o sedimento que se estima afecta al 50% de los organismos de ensayo.	
Toxicidad acuática crónica: es la propiedad intrínseca de una sustancia de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos durante exposiciones en el medio determinadas en relación con el ciclo de vida del organismo			
Organismo que se somete al ensayo normalizado*	peces	crustáceos	algas u otras plantas acuáticas
Tipo de concentración para la evaluación de toxicidad acuática crónica / directriz de ensayo	CSEO o CEx crónicas equivalente (Directrices de la OCDE 210 (Fase temprana de la vida de los peces))	CSEO o CEx crónicas equivalente (Directrices de la OCDE 202, parte 2, o 211 (Reproducción de las dafnias))	CSEO o CEx crónicas equivalente (Directrices de la OCDE 201 (inhibición del crecimiento de las algas)).
Definición	CSEO (NOEC en inglés): Es la concentración de ensayo inmediatamente inferior a la concentración más baja que produce efectos adversos estadísticamente significativos en un ensayo. La CSEO no tiene efectos adversos estadísticamente significativos en comparación con el testigo.  CEx: Es la concentración que causal el x% de la respuesta.		
*Los organismos que se someten a ensayos normalizados, a saber, peces, crustáceos y algas, son especies representativas que abarcan toda una gama de niveles tróficos y taxones. No obstante, también pueden considerarse datos de otros organismos, siempre que representen a una especie y correspondan a efectos experimentales equivalentes.			

Fuente: Elaborada a partir de (ONU, 2017).

La toxicidad puede interpretarse según las categorías de peligro establecidas en la Tabla 7 y Tabla 8 y otras consideraciones establecidas en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) -versión 7 (2017) en relación con las mezclas de sustancias. De lo anterior, se establece que cuando a partir de los bioensayos si la sustancia o mezcla de sustancias representa peligros a corto plazo y largo plazo para el medio ambiente acuático, es decir, que es muy tóxico, tóxico o nocivo para los organismos acuáticos. Bajo tales circunstancias se hace necesario establecer un criterio de calidad para el uso preservación de flora y fauna, con el objeto

de establecer un nivel máximo tolerable (nivel en el que no se esperan efectos adversos), que proteja a los organismos acuáticos de efectos directos.

- Fuentes de información

Para establecer los diferentes aspectos relacionados con la toxicidad, bioacumulación y degradación ambiental, pueden ser consultados en bases de datos abiertas (algunas de las cuales se citan en la Tabla 11) y la clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas de sustancias establecidas bajo el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) - versión 7 (2017).

**Tabla 11 Base de datos de información fisicoquímica**

Nombre de la base de datos	Descripción	URL
PubChem	base de datos abierta de compuestos químicos del instituto nacional de salud de Estados Unidos (National Institute of Health (NIH))	<a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/</a>
National Pesticide Information Center	Bases de datos y hojas de producto e ingredientes activos	<a href="http://npic.orst.edu/index.es.html">http://npic.orst.edu/index.es.html</a>
Pesticide Properties DataBase (PPDB)	base de datos con es una base de datos que contiene propiedades fisicoquímicas datos toxicológicos de salud humana y ecotoxicológicos de pesticidas la cual ha sido desarrollada por la Unidad de Investigación de Agricultura y Medio Ambiente (AERU) de la Universidad de Hertfordshire	<a href="https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm">https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm</a>
-	Manual de evaluación de la contaminación del suelo. Apéndice 3 Hojas de datos sobre los plaguicidas	<a href="http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S08.htm">http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S08.htm</a>
IPCS INCHEM	es herramienta que integra base de datos de organismos internacionales, para acceso público producido a través de la cooperación entre el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) y el Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional	<a href="http://www.inchem.org/#/search?rpp=10&amp;q=aldrin&amp;p=1&amp;f=Cas_ALL_ss%5B%22309-00-2%22%5D">http://www.inchem.org/#/search?rpp=10&amp;q=aldrin&amp;p=1&amp;f=Cas_ALL_ss%5B%22309-00-2%22%5D</a>
ECHA	European Chemicals Agency de la Unión Europea	<a href="https://echa.europa.eu/es/home">https://echa.europa.eu/es/home</a>
OPP Pesticide Ecotoxicity Database	USEPA Pesticide Ecotoxicity Database	<a href="http://ipmcenters.org">ipmcenters.org</a>
ECHEMPortal	Portal mundial de información sobre sustancias químicas	<a href="https://echemportal.org/echemportal/ghs-search/by-name">https://echemportal.org/echemportal/ghs-search/by-name</a>

### A.3. Identificación de peligros

Principalmente en la actividad agrícola, ganadera e industrial se emplean productos químicos, que pueden de manera directa e indirecta ser incorporados en las aguas superficiales continentales. Siendo de especial importancia en la actividad agrícola el uso de plaguicidas y uso masivo de hidrocarburos del petróleo y fenoles en diferentes actividades industriales y cotidianas.

Ante la imposibilidad de incorporar en la presente norma todos los compuestos químicos sintéticos empleados a nivel industrial y los plaguicidas empleados en la actividad agropecuaria, se incorporarán los principales compuestos químicos indicadores de contaminación. Adicionalmente se establecen consideraciones a ser tenidas en cuenta cuando se presenten eventos puntuales de contaminación con compuestos específicos.

La identificación de peligros se realizará de acuerdo con lo siguiente:

- Plaguicidas

Bajo condiciones normales de uso, los plaguicidas representan una fuente de contaminación difusa, que es transportado principalmente por la acción del agua lluvia, con posibles efectos sobre las aguas subterráneas, aguas superficiales continentales y finalmente al mar. Estos contaminantes pueden ser transportados en los sedimentos o en el agua.

Según la naturaleza del plaguicida, estos compuestos representan un riesgo a la salud humana directo e indirecto (consumo de agua, contaminación de alimentos (lavado de verduras, riego agrícola, peces contaminados (uso acuícola), o el medio ambiente (impactos ecológicos en diferentes niveles tróficos (plantas, crustáceos, peces, aves y mamíferos, etc.).

El análisis de peligros se realizará para los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia, lo anterior de acuerdo con información del Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012).

- Hidrocarburos del petróleo

Su importancia radica en el uso masivo de hidrocarburos del petróleo en aplicaciones industriales, uso de derivados del petróleo e industria del petróleo, y la posibilidad de su incorporación principalmente en el agua superficial continental y el riesgo asociado al consumo humano y los organismos acuáticos.

Los hidrocarburos tienen variada composición, composición que determina su toxicidad y riesgo para los organismos acuáticos y a la salud humana. En la Tabla 12, se presenta la composición típica de hidrocarburos con base en su rango de carbono, no obstante se establece que cada producto específico puede tener variaciones en la composición en función del proceso de destilación y su fuente (Buchman, 2008).

Además, las fracciones de hidrocarburos se establecen en base a la estructura molecular (aromática y alifática) y con base al índice de número de carbono (CE) equivalente, el cual se determina con base al tiempo de retención de los compuestos en su punto de ebullición en una columna de cromatografía de gases (U.S. EPA, 2009). En la Tabla 12 se presenta a manera ejemplo la composición en porcentajes predeterminados de fracciones equivalentes de carbono para gasolina y diésel, donde se establece la composición con base a estructura molecular (aromática y alifática) de estos compuestos, identificándose que en la gasolina predominan aromáticos y alifáticos en el rango de bajo peso molecular EC5-EC12 y en el diésel predominan los aromáticos y alifáticos en el rango EC10—EC21.

**Tabla 12 Composición en porcentajes predeterminados de fracciones equivalentes de carbono.**

**Fuente: (MAVDT, 2007).**

Componente	Porcentaje de cada componente en la Gasolina	Porcentaje de cada componente en Diesel
<i>Alifáticas</i>		
EC 5-6	23	0.06
EC > 6-8	22	0.31
EC > 8-10	9	1.02
EC > 10-12	3	4.18
EC > 12-16	0	30
EC > 16-21	0	42.6
EC > 21-36	0	0
<i>Aromáticas</i>		
EC > 8-10	41	0.94
EC > 10-12	2	3.53
EC > 12-16	0	9.68
EC > 16-21	0	7.61
EC > 21-36	0	0.07
Total	100	100

Fuente: IDEM, 2006

Nota: Numero Equivalente de Carbono (EC)

Por lo anterior, y debido al hecho que el hidrocarburo total del petróleo (HTP) no es útil como un indicador de contaminación, porque no permite establecer afectación o riesgo a seres humanos, plantas o medio ambiente, el hidrocarburo total del petróleo ha sido separado en fracciones con características fisicoquímicas similares mediante el Índice de Número de Carbono Equivalente (EC). Estas fracciones se derivan de metodologías analíticas y de remediación entre las cuales se encuentran el Massachusetts Department of Environmental (MADEP), TPH Criteria Working Group (el TPHCWG), Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), Organización Mundial de la Salud (WHO), entre otras. En la Tabla 13 se resumen los métodos para análisis de HTP basados en evaluación de riesgo a la salud humana y al ambiente y se establece el parámetro o parámetros que son empleado comúnmente como representativos de la fracción, y los cuales se proponen para el establecimiento de criterios de calidad cuando se establezca contaminación con hidrocarburos y de acuerdo con el hidrocarburo contaminante.

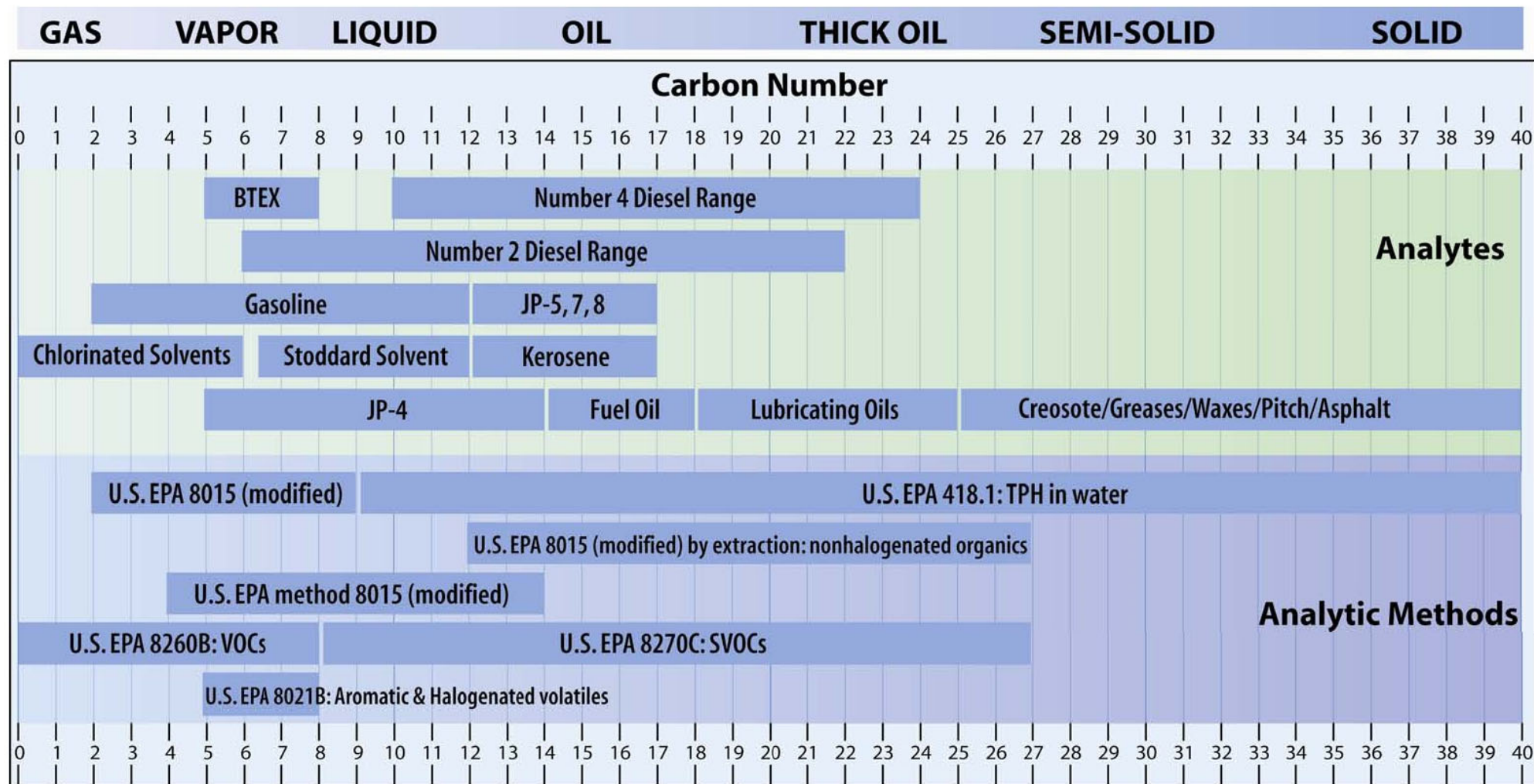


Figura 1 Composición de hidrocarburos por rango de carbono. (Buchman, 2008)

Tabla 13 Métodos para análisis de HTP basados en evaluación de riesgo a la salud humana y al ambiente

Fracción primaria	Fracción secundaria	US EPA, 2009		MADEP. (Hutcheson et al. 1996; MADEP 1997, 1999)		TPHCWG (1997a, 1997b, 1997c)		ATSDR		WHO Guidelines for Drinking-water Quality (2008). Basado en TPHWG		Parámetro que es empleado comúnmente como representativo de la fracción.
		EC	Compuesto representativo de la mezcla	EC	Compuesto representativo de la mezcla	EC	Compuesto representativo de la mezcla	EC	Compuesto representativo de la mezcla	EC	Compuesto	
Alifático	Baja	EC5-EC8	hexano o n-hexano	C5-C8	n-hexano (EPA RfD and RfC)	EC5-EC8	Hexano comercial (TPHCWG RfD (derivado de datos de inhalación). Si el n-hexano es menor al 53% mezcla.	EC5-EC8	n-hexano (MRL para inhalación crónica)	EC5-EC6 y EC7-EC8	n-hexano (es el más tóxico pero no representa la fracción debido a que sobrestima el riesgo)	n-hexano
							n-hexano (TPHCWG RfD)				n-heptano	
	Media	EC>8-EC16	efluentes de hidrocarburos o disolventes dentro del rango y que contienen <1% de aromáticos	C9-C18	n-nonane (MADEP RfD y RfC)	EC>8-EC16	Efluente de petróleo desaromatizados (TPHCWG RfD y RfC)	EC>8-EC16	JP-7 (MRL para inhalación crónica)	EC9-EC10, >EC10-EC12 y EC12-EC16		n-nonano
	Alta	EC>16-EC35	Aceite mineral blanco	C19-C35	Aceite mineral blanco (MADEP RfD) Eicosan	EC>16-EC35	Aceite mineral blanco (TPHCWG RfD)	EC>16-EC35	Aceite mineral blanco (no MRL disponible)	EC17-EC25	Aceite mineral blanco	Aceite mineral blanco
Aromático	Baja	EC6-EC<9	Benceno	C5-C8	Benceno (MADEP RfD derivado de estudio de inhalación)	EC5-EC8	Tolueno (EPA RfD and RfC)	EC5-EC8	Benceno (uso de MRL oral e inhalación)	>EC5-EC6 y >EC6-EC8	Benceno	Benceno
			Tolueno		Tolueno (EPA RfDi)				Tolueno (uso de MRL oral e inhalación)		Tolueno	Tolueno
			Etilbenceno		Etilbenceno (EPA RfDi)				Etilbenceno (uso de MRL oral e inhalación)			Etilbenceno
			Xileno		Xileno (EPA RfDi)				Xileno (uso de MRL oral e inhalación)			Xileno
	Media	EC9-EC<22	Naftaleno -	C9-C32	pireno (EPA RfD), xileno (RfC) como sustituto	EC>8-EC16	Naftaleno (EPA RfDs)	EC>8-EC16	Naftaleno (uso de MRL para inhalación crónica y MRL para exposición aguda e intermedia oral)	>EC8-EC10 , >EC10-EC12 y	etilbenceno xileno (m-xileno, o-xileno y p-xileno)	Naftaleno





Con base en el Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012), se realizó la determinación de los parámetros representativos para los principales hidrocarburos y solventes que presentan eventos de emergencia en Colombia (ver Tabla 14). Dichos parámetros serán analizados para identificar los peligros a la salud humana y al medio ambiente relacionados con estos.

**Tabla 14 Parámetros representativo para los principales hidrocarburos y solventes**

Hidrocarburo	EC cuantitativo principal	Componentes según estructura molecular (aromática y alifática)	Fuente de la composición	Parámetros representativo para el hidrocarburo
Varsol	C7-C12	5%-25% Aromáticos 75%-95% Alifáticos	Definition of White Spirits Under RAC Evaluation Based on New Identification Developed for REACH (HSPA,2011) National Center for Biotechnology Information (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 47., 1989)	n-hexano n-nonano benceno, tolueno, etilbenceno, xileno naftaleno
Thinner				
Gasolina	C5-C12	Aromáticos y alifáticos	Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de hidrocarburos (MAVDT)	n-hexano n-nonano benceno, tolueno, etilbenceno, xileno naftaleno
ACPM o diésel	C10-C28	Aromáticos y alifáticos	Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución de Derivados de hidrocarburos (MAVDT)	n-nonano aceite mineral blanco naftaleno pireno Benzo(a) pireno
Petróleo/Crudo	C5-C35	Aromáticos y alifáticos	Composición variable de los hidrocarburos	n-hexano n-nonano Aceite mineral blanco Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno Naftaleno Pireno Benzo(a) pireno

- Fenoles

Los fenoles o compuestos fenólicos son compuestos orgánicos aromáticos cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido a al menos un grupo funcional. Estos constituyen más de 10.000 compuestos conocidos con origen antrópico como - natural.

El fenol es empleado principalmente en como desinfectante en productos de aseo; industria farmacéutica; en productos de limpieza domésticos (enjuagues bucales, antisépticos, pastillas para la garganta). No obstante lo anterior existen oficios en los cuales puede existir exposición ocupacional al fenol (industria del petróleo, manufactura de nylon, textiles, resinas de epóxido y

policarbonatos, herbicidas, preservativos para madera, fluidos hidráulicos, surfactantes para uso pesado, aditivos para aceite de lubricación, revestimientos de tanques e intermediarios en la manufactura de sustancias para plastificar y otras sustancias químicas especiales (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2017).

De los fenoles sintéticos, los clorofenoles son los más comunes, tóxicos y persistentes. Son empleados principalmente en plaguicidas (fungicidas y herbicidas), en la industria del papel, como en conservadores de la madera y en desinfección de las aguas residuales. Debido a que el uso principal de los principales clorofenoles es el de plaguicidas, estos serán analizados dentro del grupo de plaguicidas.

### A.3.1. Identificación de peligros a la salud humana

En la Tabla 15 se presenta la identificación de peligros a la salud humana para plaguicidas, hidrocarburos del petróleo y fenoles con base al SGA. A continuación, se detallan los resultados del análisis para cada grupo de compuestos.

- Plaguicidas

En relación con los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012) y los principales clorofenoles es posible establecer lo siguiente:

- Estos plaguicidas tienen toxicidad aguda variable entre categoría 1 y categoría 5 para la ruta de exposición oral; entre categoría 1 y categoría 5 para la ruta de exposición cutánea; y entre categoría 1 y categoría 4 para la ruta de exposición inhalación.
- En relación con la mutagenicidad en células germinales se establece que el Carbofuran se clasifica en categoría 2 y el Triclorfon en categoría 1, es decir, son susceptible de provocar defectos genéticos y pueden provocar defectos genéticos, respectivamente.
- En relación con la carcinogenicidad se establece que el clorotalonilo, pentaclorofenol y el 2,4,6-triclorofenol se clasifican en categoría 2, es decir, son susceptible de provocar cáncer.
- En relación con la toxicidad para la reproducción se establece: que el Triclorfon y el 2-clorofenol pueden perjudicar la fertilidad o dañar al feto; El azinphos methyl, fentin Hidróxido, paraquat, phoxim, glifosato, clorotalonilo y Propineb son susceptibles de perjudicar la fertilidad o dañar al feto; el ácido 2,4-D es susceptible de generar efectos sobre o a través de la lactancia.

Tabla 15 Identificación de peligros a la salud

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	LD50 mg/kg (Oral)	Clase (WHO, 2019)	Fuente	Peligros a la salud - Categorías de peligro de toxicidad aguda															Mutagenicidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción			Toxicidad específica de órganos diana				
							Ruta de exposición (Oral)					Ruta de exposición (cutánea)					Ruta de exposición (Inhalación)										Exposición única			Exposiciones repetidas	
							Categoría SGA																								
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	**	1	2	3	1	2					
Plaguicidas																															
Azinphos methyl	86-50-0	Compuesto organofosforado	Insecticida	16 (WHO, 2019)	Ib	GHS-J		X				X			X							X			X			X			
Carbofuran	1563-66-2	Carbamato	Insecticida	8 (WHO, 2019)	Ib	GHS-J	X							X	X			X						X			X				
Metomil	16752-77-5	Carbamato	Insecticida	17 (WHO, 2019)	Ib	GHS-J			X				X		X									X				X			
Carbaril	63-25-2	Carbamato	Insecticida	300 (WHO, 2019)	II	GHS-J			X															X				X			
Clorpirifos	2921-88-2	Compuesto organofosforado	Insecticida	135 (WHO, 2019)	II	GHS-J		X																X			X				
Dimetoato	60-51-5	Compuesto organofosforado	Insecticida	150 (WHO, 2019)	II	GHS-J		X				X					X							X				X			
Fentin Hidróxido	76-87-9	Compuesto orgánico de estaño	Fungicida	108 (WHO, 2019)	II	GHS-J		X			X				X							X		X			X				
Paraquat (Resolución 3028 de 1989: Por la cual se prohíbe la aplicación por vía aérea herbicidas que contengan dicho ingrediente activo).	4685-14-7	Derivado de bipiridilio	Herbicida	150 (WHO, 2019)	II	GHS-J		X			X				X							X		X			X				
Triclorfon	52-68-6	Compuesto organofosforado	Insecticida	250 (WHO, 2019)	II	GHS-J			X							X		X			X		X			X	X	X			
Acido 2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacético)	94-75-7	Derivado del ácido fenoxiacético	Herbicida	375 (WHO, 2019)	II	GHS-J			X				X			X						X						X			
Oxicloruro de cobre	1332-40-7	Compuesto de cobre	Fungicida	1440 (WHO, 2019)	II	GHS-J			X																						
Phoxim	14816-18-3	Compuesto organofosforado	Insecticida	1975 (WHO, 2019)	II	ECHA C&L inventory			X			X			X							X									
Azufre	7704-34-9	-	Fungicida, Insecticida	>3.000 (WHO, 2019)	III	GHS-J																		X				X			

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	LD50 mg/kg (Oral)	Clase (WHO, 2019)	Fuente	Peligros a la salud - Categorías de peligro de toxicidad aguda															Mutagenicidad en células germinales	Carcinogenicidad	Toxicidad para la reproducción			Toxicidad específica de órganos diana					
							Ruta de exposición (Oral)					Ruta de exposición (cutánea)					Ruta de exposición (Inhalación)										Exposición única			Exposiciones repetidas		
							Categoría SGA																									
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2	**	1	2	3	1	2			
Diuron	330-54-1	-	Herbicida	3400 (WHO, 2019)	III	GHS-J				X																			X			
Glifosato	1071-83-6	-	Herbicida	4230 (WHO, 2019)	III	GHS-J																		X					X			
Linuron	330-55-2	-	Herbicida	4000 (WHO, 2019)	III	GHS-J			X																				X			
Clorotalonilo	1897-45-6	-	Fungicida	>10.000 (WHO, 2019)	U	GHS-J										X						X		X								
Mancozeb	8018-01-7	-	Fungicida	>8000 (WHO, 2019)	U	GHS-J																X							X			
Propineb	12071-83-9	-	Herbicida	8500 (WHO, 2019)	U	GHS-J																		X								
Tetradifon	116-29-0	-	Acaricida	>10.000 (WHO, 2019)	U	ECHA C&L inventory			X																							
Trifluralina	1582-09-8	-	Herbicida	>10.000 (WHO, 2019)	U	GHS-J				X																						
Pentaclorofenol (Resolución 010255 de 1993 prohíbe su uso como plaguicida agrícola)	87-86-5	Fenol	plaguicidas (fungicidas y herbicidas), preservante de maderas	No disponible (ECHA C&L inventory)	-	ECHA C&L inventory			X				X			X						X										
2-clorofenol	95-57-8	Fenol	Pesticida, preservante de madera	2000 (OECD TG 401, GLP) (Health, Labor and Welfare Ministry reports (Access on October 2008)).	-	GHS-J			X				X			X							X			X						
2,4-diclorofenol	120-83-2	Fenol	Pesticida, Herbicidas, desinfectante de semillas, preservante de maderas	2830-4000 (EHC 93 (1989), NTP TR353 (1989)).	-	GHS-J						X					X									X						
2,4,6-triclorofenol	88-06-2	Fenol	Bactericida, insecticida, fungicida	820 (EHC 93 (1989), PATTY 5th (2001))	-	GHS-J			X													X										
Hidocarburos																																
n-hexano	110-54-3	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	19.634 (GHS-J, 2006)	-	GHS-J																		X					X			

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	LD50 mg/kg (Oral)	Clase (WHO, 2019)	Fuente	Peligros a la salud - Categorías de peligro de toxicidad aguda															Mutagenicidad en células germinales		Carcinogenicidad		Toxicidad para la reproducción			Toxicidad específica de órganos diana					
							Ruta de exposición (Oral)					Ruta de exposición (cutánea)					Ruta de exposición (Inhalación)												Exposición única			Exposiciones repetidas		
							Categoría SGA																											
							1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	**	1	2	3	1	2	
n-nonano	203-913-4	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	No disponible (GHS-J, 2006)	-	GHS-J													X															
benceno	71-43-2	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	No disponible (ECHA C&L inventory)	-	ECHA C&L inventory													X			X					X							
tolueno	108-88-3	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	No disponible (GHS-J, 2012)	-	GHS-J															X			X			X							
etilbenceno	100-41-4	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	No disponible (GHS-J, 2014)	-	GHS-J																												
xileno	1330-20-7	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	3500 to 8800 en ratones (Hazard Assessment Report (CERI, NITE, 2008), ATSDR (2007), EPA Pesticide (2005), Environmental Risk Assessment for Chemical Substances Vol. 1 (Ministry of the Environment, 2002), ACGIH (7th, 2001), CEPA (1993), DFGOT vol. 5 (1993) and ECETOC JACC (1986)).	-	GHS-J								X							X			X			X							
o-xileno	95-47-6	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	3600 (Hazard Assessment Report (CERI, NITE, 2008).	-	GHS-J														X						X								



Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	LD50 mg/kg (Oral)	Clase (WHO, 2019)	Fuente	Peligros a la salud - Categorías de peligro de toxicidad aguda															Mutagenicidad en células germinales		Carcinogenicidad		Toxicidad para la reproducción				Toxicidad específica de órganos diana					
							Ruta de exposición (Oral)					Ruta de exposición (cutánea)					Ruta de exposición (Inhalación)													Exposición única		Exposiciones repetidas			
							Categoría SGA																												
							1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	1	2	1	2	**	1	2	3	1	2		
X	Palabra de advertencia (Peligro)																																		
X	Palabra de advertencia (Atención)																																		
X	Sin palabra de advertencia																																		

Notas: \* Tanto (1A y 1B); \*\*: Con efectos sobre o a través de la lactancia

- En relación con la toxicidad específica de órganos diana se establece que: el azinphos methyl, carbofuran, metomil, carbaril, clorpirifos, dimetoato, fentin hidróxido, paraquat, triclorfon, azufre, 2-clorofenol y 2,4-diclorofenol provocan daños en los órganos ante exposición única; el azinphos methyl, carbofuran, clorpirifos, fentin hidróxido, paraquat y triclorfon provocan daños en los órganos ante exposiciones repetidas ; el metomil, carbaril, dimetoato, triclorfon, ácido 2,4-d, azufre, diuron, glifosato, linuron y mancozeb pueden provocar daños en los órganos ante exposiciones repetidas.

### A.3.2. Identificación de peligros para el medio ambiente acuático

En la Tabla 17 se establece la toxicidad, potencial de bioacumulación y degradación ambiental de acuerdo con la clasificación del GHS para los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012), los principales clorofenoles de uso agrícola, los parámetros representativos para los principales hidrocarburos y solventes que presentan eventos de emergencia en Colombia y los fenoles totales.

- Plaguicidas

En relación con los 20 plaguicidas de mayor consumo por áreas en Colombia (Minambiente & ONUDI, 2012) y los principales clorofenoles es posible establecer lo siguiente:

- Los plaguicidas (Con excepción del azufre y la trifluralina) tienen efectos tóxicos o muy tóxicos a corto plazo, es decir, representan un peligro a corto plazo para el medio ambiente acuático.
- Los plaguicidas (con excepción de carbaril, azufre y 2,4,6-triclorofenol) tienen efectos tóxicos y muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos, es decir, representan un peligro en el largo plazo para el medio ambiente acuático.

- Hidrocarburos del petróleo

En relación con los parámetros representativos para los principales hidrocarburos y solventes que presentan eventos de emergencia en Colombia es posible establecer lo siguiente:

- En relación con los peligros a corto plazo para el medio ambiente acuático, se establece que todos los hidrocarburos (con excepción del n-nonano y pireno) tienen efectos tóxicos o muy tóxicos en el corto plazo.
- En relación con los peligros a largo plazo para el medio ambiente acuático, se establece que todos los hidrocarburos (con excepción de n-nonano y n-hexano) efectos nocivos a muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.



- Fenoles

Los fenoles totales tienen efectos tóxicos a corto plazo y efectos nocivos para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Diferentes aspectos relacionados con la toxicidad, bioacumulación y degradación ambiental pueden ser consultados en bases de datos abiertas, algunas de las cuales se citan en la Tabla 16

**Tabla 16 Base de datos de información fisicoquímica**

Nombre de la base de datos	Descripción	URL
PubChem	base de datos abierta de compuestos químicos del instituto nacional de salud de Estados Unidos (National Institute of Health (NIH))	<a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/</a>
National Pesticide Information Center	Bases de datos y hojas de producto e ingredientes activos	<a href="http://npic.orst.edu/index.es.html">http://npic.orst.edu/index.es.html</a>
Pesticide Properties DataBase (PPDB)	base de datos con es una base de datos que contiene propiedades fisicoquímicas datos toxicológicos de salud humana y ecotoxicológicos de pesticidas la cual ha sido desarrollada por la Unidad de Investigación de Agricultura y Medio Ambiente (AERU) de la Universidad de Hertfordshire	<a href="https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm">https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm</a>
-	Manual de evaluación de la contaminación del suelo. Apéndice 3 Hojas de datos sobre los plaguicidas	<a href="http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S08.htm">http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S08.htm</a>
IPCS INCHEM	es herramienta que integra base de datos de organismos internacionales, para acceso público producido a través de la cooperación entre el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) y el Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional	<a href="http://www.inchem.org/#/search?rpp=10&amp;q=aldrin&amp;p=1&amp;f=Cas_ALL_ss%5B%22309-00-2%22%5D">http://www.inchem.org/#/search?rpp=10&amp;q=aldrin&amp;p=1&amp;f=Cas_ALL_ss%5B%22309-00-2%22%5D</a>
ECHA	European Chemicals Agency de la Unión Europea	<a href="https://echa.europa.eu/es/home">https://echa.europa.eu/es/home</a>
OPP Pesticide Ecotoxicity Database	USEPA Pesticide Ecotoxicity Database	<a href="http://ipmcenters.org">ipmcenters.org</a>
EChemPortal	Portal mundial de información sobre sustancias químicas	<a href="https://echemportal.org/echemportal/ghs-search/by-name">https://echemportal.org/echemportal/ghs-search/by-name</a>

**Tabla 17 Identificación de peligros para el medio ambiente acuático**

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Plaguicidas												
Azinphos methyl	86-50-0	Compuesto organofosforado	Insecticida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para crustáceos es 0.00029 mg/L (Camarón misido) (ECETOC TR91, 2003).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1 y no es rápidamente degradable.
Carbofuran	1563-66-2	Carbamato	Insecticida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es 0.08 mg/L (agallas azules) (PDS).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, se presume que no es rápidamente degradable y se presume un bajo potencial de bioacumulación (Log Kow=2.32 (PHYSPROP Database, 2005))
Metomil	16752-77-5	Carbamato	Insecticida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CE50 48h es 0.009 mg/L para Crustáceos (Daphnia magna) (EHC64, 1996).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, se presume que no es rápidamente degradable y se presume un bajo potencial de bioacumulación (Log Kow=0.6 (PHYSPROP Database, 2005)).
Carbaril	63-25-2	Carbamato	Insecticida	GHS-J	X							Se clasifica en agudo 1 porque en CE50 48h es 0.0056 mg/L en crustáceos (Daphnia magna) (EHC 153, 1994).  Se degrada rápidamente degradable (DBO:71%) y se presume un bajo potencial de bioacumulación (Log Kow=2.36 (PHYSPROP Database, 2005))

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Clorpirifos	2921-88-2	Compuesto organofosforado	Insecticida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 48h para crustáceos es 0.000058 mg/L (Ceriodaphnia) (ECETOC TR91, 2003).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1 y a que no se degrada rápidamente (DBO: 0.2%) y es bioacumulativo (BCF = 2880 (datos de inspecciones de seguridad de sustancias químicas existentes))).
Dimetoato	60-51-5	Compuesto organofosforado	Insecticida	GHS-J		X			X			Se clasifica en agudo 2 debido a que el CE50 48h para crustáceos es 2 mg/L (Daphnia magna) (Agricultural Chemical Registration Data, 2004).  Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2 y su bajo potencial de bioacumulación (BCF = 0.8 (Datos de inspecciones de seguridad química existentes))).
Fentin Hidróxido	76-87-9	Compuesto orgánico de estaño	Fungicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es 0.0071 mg/L (equivalente a la concentración de trifenilestaño por oxidación del agua: 0.0074 mg/L) e peces (Piscardos de cabeza gorda) (CICAD13, 1999).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, se degrada rápidamente (DBO: 0%) y es bioacumulativo (BCF = 7100 (datos de inspecciones de seguridad de sustancias químicas existentes))).

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Paraquat (Resolución 3028 de 1989: Por la cual se prohíbe la aplicación por vía aérea herbicidas que contengan dicho ingrediente activo).	4685-14-7	Derivado de bipiridilio	Herbicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo x debido a que el CER50 96 para algas de 0.075 mg/L (Selenastrum) (IUCLID, 2000).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no se degrada rápidamente y tiene un bajo potencial de bioacumulación (Log Kow=-4.22 (PHYSPROP Database, 2005))
Triclorfon	52-68-6	Compuesto organofosforado	Insecticida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CE50 para crustáceos es 0.00018 mg/L (Daphnia pulex) (US EPA: RED, 2001).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1 y debido a que no es rápidamente degradable (BioWin). No se obtuvieron datos fiables sobre toxicidad crónica.
Acido 2,4-D (2,4-ácido diclorofenoxiacético)	94-75-7	Derivado del ácido fenoxiacético	Herbicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es 0.373 mg/L (salmón real) (EHC84, 1989).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, se degrada rápidamente (DBO: 0%) y tiene un bajo potencial de bioacumulación (BCF <10.1 (datos de inspecciones de seguridad química existentes)).
Oxicloruro de cobre	1332-40-7	Compuesto de cobre	Fungicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CE50 48 h para crustáceos es 0.105 mg /L de Crustáceos (Daphnia magna) (Datos de registro de productos químicos agrícolas, 2004).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1 y es un compuesto metálico, se desconocen el comportamiento en agua y el potencial de bioacumulación.

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Phoxim	14816-18-3	Compuesto organofosforado	Insecticida	ECHA C&L inventor y	X			X				-
Azufre	7704-34-9	-	Fungicida, Insecticida	GHS-J								No se clasifica dentro de los peligros para el medio ambiente (a corto plazo) debido a que el CL50 96h para crustáceos es 736 mg/L (Mysid) (AQUIRE, 2010).  No se puede clasificar en peligros al medio ambiente (a largo plazo), debido a que su toxicidad aguda no está clasificada, datos sobre la rápida degradación y datos cuantitativos sobre la solubilidad en agua.
Diuron	330-54-1	-	Herbicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CER50 72 para algas es de 0.013 mg/L (algas verdes) (Datos de registro de productos químicos agrícolas, 2004).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no se degrada rápidamente (DBO: 0%) y tiene un bajo potencial de bioacumulación (BCF = 14 (datos de inspecciones de seguridad química existentes)).
Glifosato	1071-83-6	-	Herbicida	GHS-J		X			X			Se clasifica en agudo 2 debido a que el CE50 96h para diatomeas es 1.2 mg/L (Skeletonema) (EHC 159, 1994).  Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2, y a que no se dispone de datos fiables sobre la degradabilidad rápida de esta sustancia.4

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Linuron	330-55-2	-	Herbicida	GHS-J	X			X				<p>Se clasifica en agudo 1 debido a que el CE50 48h para crustáceos es 0.12 mg/L (Daphnia magna) (Datos de registro de productos químicos agrícolas, 2004).</p> <p>Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no es rápidamente degradable (la descomposición por DBO: 0%) y tiene un bajo potencial de bioacumulación (BCF = 23 (Datos de inspecciones de seguridad química existentes))</p>
Clorotalonilo	1897-45-6	-	Fungicida	GHS-J	X			X				<p>Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es 0.0105 mg/L (Trucha Arco Iris) (Evaluación de Riesgos del MOE vol. 2 (2003) y otros).</p> <p>Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no es rápidamente degradable ((la descomposición por DBO: 0%) y tiene bajo potencial de bioacumulación (BCF = 125 (Datos de inspecciones de seguridad química existentes))).</p>
Mancozeb	8018-01-7	-	Fungicida	GHS-J	X			X				<p>Se clasifica en agudo 1 debido a que el CE50 48h para crustáceos es 0.073 mg/L (Daphnia magna) (Datos de registro de productos químicos agrícolas, 2004).</p> <p>Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no es rápidamente degradable (BIOWIN) y tiene un bajo potencial de bioacumulación (log Kow = 1,33 (Base de datos PHYSPROP, 2005))).</p>

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
Propineb	12071-83-9	-	Herbicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CER50 72 h para algas es 0.022 mg/L (Algas verdes) (Datos de registro de productos químicos agrícolas, 2004).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no se degrada rápidamente (BIOWIN) y tiene un bajo potencial de bioacumulación (log Kow = 2.06 (Base de datos PHYSPROP, 2005)).
Tetradifon	116-29-0	-	Acaricida	ECHA C&L inventor y				X				-
Triflurarina	1582-09-8	-	Herbicida	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es 0.005 mg/L (Atlantic Clupea pallasii) (Evaluación de Riesgos del MOE vol. 2, 2003).  Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no es rápidamente degradable (la descomposición por DBO: 4%) y tiene potencial de bioacumulación (BCF = 945 (Datos de control de seguridad de los productos químicos existentes).
Pentaclorofenol (Resolución 010255 de 1993 prohíbe su uso como plaguicida agrícola)	87-86-5	Fenol	plaguicidas (fungicidas y herbicidas), preservante de maderas	GHS-J	X			X				Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es de 0.018 mg/L (Oncorhynchus mykiss) (Ministerio del Medio Ambiente de Japón, 2002)  Se clasifica en crónico 1 debido a que no se degrada rápidamente (una tasa de degradación por DBO: 1% (el programa de encuesta de sustancias químicas existente, 1982)), y NOEC de 10 días es <0.0041 mg /L para crustáceos (Ceriodaphnia reticulata) (Ministerio de Medio Ambiente de Japón, 2002).

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
2-clorofenol	95-57-8	Fenol	Pesticida, preservante de madera	GHS-J		X			X			<p>Se clasifica en agudo 2 debido a que el CE50 48h para crustáceos es de 3.9 mg/L (<i>Daphnia magna</i>) (Informe de evaluación de peligros (2008)).</p> <p>Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2 y debido a que no se degrada rápidamente (la descomposición por DBO: 0% (método de prueba estándar (2 semanas)) Datos de inspecciones de seguridad química existentes (1980)).</p>
2,4-diclorofenol	120-83-2	Fenol	Pesticida, Herbicidas, desinfectante de semillas, preservante de maderas	GHS-J		X			X			<p>Se clasifica en agudo 2 debido a que el CL50 48h para crustáceos es de 1.4 mg/L (<i>Daphnia magna</i>) (SIDS, 2006).</p> <p>Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2 y debido a que no se degrada rápidamente (la descomposición por DBO: 0% (Biodegradación y bioconcentración de sustancias químicas existentes según la Ley de control de sustancias químicas, 1982)).</p>
2,4,6-triclorofenol	88-06-2	Fenol	Bactericida, insecticida, fungicida	GHS-J	X							<p>Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es de 0.61 mg/L (guppies) (Ministerio del Medio Ambiente) (vol. 2), 2003)</p> <p>No representa un peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático debido a que es rápidamente degradable (degradabilidad de DBO: 82,5%, biodegradación y bioconcentración de sustancias químicas existentes según la Ley de control de sustancias químicas de 1978) y su potencial de bioacumulación es bajo (log Kow = 3.69 (SRC, 2005)).</p>
Hidrocarburos												



Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático							Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático				
					Categoría SGA							
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4	
n-hexano	110-54-3	Hidrocarburo	Subproducto de la industria de hidrocarburos	GHS-J		X						Se clasifica en agudo 2 debido a que el CL50 48h para crustáceos es de 3.88 mg/L (Daphnia magna) (EHC122, 1991).  No está clasificado debido a que es rápidamente degradable (la descomposición por DBO: 100% (datos de inspecciones de seguridad química existentes)) y no tiene potencial de bioacumulación (log Kow = 3.9 (Base de datos PHYSPROP, 2005)).
n-nonano	203-913-4	Hidrocarburo		GHS-J								No existe información para la clasificación de peligros al medio ambiente acuático.
benceno	71-43-2	Hidrocarburo		GHS-J		X			X			Se clasifica en agudo 2 debido a que el CL50 96h para peces es de 5.3 mg/L (Oncorhynchus mykiss) (Resultado de la evaluación inicial de riesgos ambientales de los productos químicos, Vol.2, Ministerio del Medio Ambiente de Japón, 2003; CEPA, 1993; Informe inicial de evaluación de riesgos, NITE , 2007; EU-RAR, 2008)  Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2, no es rápidamente degradable (una tasa de degradación por DBO: 40% (el programa de encuestas de sustancias químicas existente, 1979)) y NOEC de 32 horas = 0.8 mg / L para peces (Pimephales promelas) (Informe inicial de evaluación de riesgos, NITE, 2007; EU-RAR, 2008)).
tolueno	108-88-3	Hidrocarburo		GHS-J		X				X		-
etilbenceno	100-41-4	Hidrocarburo		GHS-J	X						X	

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático								Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático					
					Categoría SGA								
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4		
xileno	1330-20-7	Hidrocarburo		GHS-J		X			X			Se clasifica en agudo 2 debido a que el CL50 96h para peces es de 3.3 mg/L (Oncorhynchus mykiss) (Evaluación de riesgo inicial (NITE, CERi, NEDO, 2005)).  Se clasifica en crónico 2 debido a que no es rápidamente degradable (DBO: 39% (Evaluación de riesgo inicial (NITE, CERi, NEDO, 2005)) y CL50 de 96 h es de 7.4 mg /L para crustáceos (Palaemonetes pugio) (EHC 190, 1997, Evaluación de riesgo inicial (NITE, CERi, NEDO, 2005)).	
o-xileno	95-47-6	Hidrocarburo		GHS-J	X				X			Se clasifica en agudo x debido a que el CER50 72 h para algas de 0.799 mg/L (Desmodesmus subspicatus) (Resultados de las pruebas de toxicidad acuática de sustancias químicas realizadas por la Agencia de Medio Ambiente de Japón (Agencia de Medio Ambiente, 1996), Evaluación de Riesgo Ambiental para Sustancias Químicas Vol.10 (Ministerio de Medio Ambiente, 2012)).  Se clasifica en crónico 2 aunque se desconoce si se degrada rápidamente, su NOEC de 21 días es de 0.407 mg/L para crustáceos (Daphnia magna) (Evaluación de riesgos ambientales para sustancias químicas, vol. 10) (Ministerio de Medio Ambiente, 2012)).	

Parámetro	CAS	Tipo de químico	Uso principal	Fuente	Peligros para el medio ambiente acuático								Descripción
					Peligro a corto plazo (agudo)			Peligro a largo plazo (crónico) para el medio ambiente acuático					
					Categoría SGA								
					Agudo 1	Agudo 2	Agudo 3	Crónico 1	Crónico 2	Crónico 3	Crónico 4		
m-xileno	108-38-3	Hidrocarburo		GHS-J		X				X		<p>Se clasifica en agudo 2 debido a que el CE50 48h para crustáceos es de 4.42 mg/L (<i>Daphnia magna</i>) (Resultados de las pruebas de toxicidad acuática de sustancias químicas realizadas por la Agencia de Medio Ambiente de Japón (Agencia de Medio Ambiente, 2000)).</p> <p>Se clasifica en crónico 3 debido a que es rápidamente degradable y el NOEC de 21 días es de 0.407 mg/L para crustáceos (<i>Daphnia magna</i>) (Resultados de las pruebas de toxicidad acuática de sustancias químicas realizadas por la Agencia de Medio Ambiente de Japón (Agencia de Medio Ambiente, 2000), Evaluación de Riesgo Inicial (NITE, CERI, NEDO, 2005), Evaluación de Riesgo Ambiental de Sustancias Químicas Vol. 10 (Ministerio de Medio Ambiente, 2012)).</p>	
p-xileno	106-42-3	Hidrocarburo		GHS-J		X			X			<p>Se clasifica en agudo 2 debido a que el CL50 48h para crustáceos es de 1.7 mg/L (<i>Crangon franciscorum</i>) y CL50 96h es 1.7 mg/L para peces (<i>Morone saxatilis</i>) (ambas Evaluación de riesgo inicial (NITE, CERI, NEDO, 2005), EHC 190, 1997)).</p> <p>Se clasifica en crónico 2 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 2, y no se degrada rápidamente (Evaluación de riesgos (NITE, CERI, NEDO, 2005), EHC 190, 1997)).</p>	
naftaleno	91-20-3	Hidrocarburo		GHS-J	X			X				<p>Se clasifica en agudo 1 debido a que el CL50 96h para peces es de 0.77 mg/L (<i>Trucha arco iris</i>) (EHC 202, 1998)).</p> <p>Se clasifica en crónico 1 debido a que su toxicidad aguda es de Categoría 1, no se degrada rápidamente (tasa de degradación de DBO: 2% (Biodegradación y bioconcentración de sustancias químicas existentes bajo la Ley de Control de Sustancias Químicas, 1979)).</p>	

