

# **ESTUDIO DE LOS ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE Y SU APLICABILIDAD EN COLOMBIA**

Por  
Luisa Fernanda Bueno

Asesor  
Juan Pablo Ramos



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
Santafé de Bogotá D.C., Julio 2004

**ESTUDIO DE LOS ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA  
POTABLE Y SU APLICABILIDAD EN COLOMBIA**

**Tesis para optar al Título de Magíster en Ingeniería Civil**

Luisa Fernanda Bueno Restrepo

Asesor  
Juan Pablo Ramos

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
Santafé de Bogotá D.C., Julio 2004

*A mis padres, a quienes debo la vida  
Gracias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer a mis padres Jaime y Lorena por su continuo apoyo no solo en la realización de este estudio sino a través de cada momento de mi vida.

Agradezco también al Ingeniero Juan Pablo Ramos la asesoría prestada en el desarrollo de esta investigación, y de igual manera a todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la culminación de esta investigación

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>TABLA DE CONTENIDO.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>ÍNDICE DE TABLAS .....</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b><u>1 INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>2 OBJETIVOS .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b><u>3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL EN COLOMBIA .....</u></b>	<b><u>11</u></b>
3.1 SECTOR DEL AGUA POTABLE.....	12
3.2 CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN COLOMBIA .....	14
2.1.1 VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE.....	16
<b><u>4 AGUA POTABLE.....</u></b>	<b><u>18</u></b>
4.1 ASPECTOS QUÍMICOS .....	18
4.1.1 GENERALIDADES .....	19
4.1.2 QUÍMICOS DE ORIGEN NATURAL .....	24

4.1.3	QUÍMICOS DE ORIGEN INDUSTRIAL .....	37
4.1.4	QUÍMICOS DE ORIGEN AGRÍCOLA .....	63
4.1.5	QUÍMICOS USADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA O EN CONTACTO CON ESTA DURANTE SU DISTRIBUCIÓN. ....	103
4.1.6	CONTAMINANTES A CAUSA DE TUBERÍAS Y OTROS ACCESORIOS.....	122
4.1.7	PESTICIDAS USADOS EN EL AGUA CUYO PROPÓSITO ES LA SALUD PUBLICA....	130
4.1.8	TOXINAS A CAUSA DE CIANOBACTERIAS.....	132
<b>4.2</b>	<b>ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS .....</b>	<b>134</b>
<b>4.3</b>	<b>ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS .....</b>	<b>162</b>
4.3.1	OLOR Y SABOR.....	163
4.3.2	APARIENCIA.....	177
4.3.3	COLOR .....	178
4.3.4	DUREZA.....	179
4.3.5	PH.....	181
4.3.6	TURBIEDAD.....	182
4.3.7	TEMPERATURA .....	183
<b>5</b>	<b><u>PROPUESTA PARA LA REGULACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE.....</u></b>	<b>184</b>
5.1	ASPECTOS QUÍMICOS .....	186
5.2	ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS .....	189
5.3	ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS .....	189
5.4	PARÁMETROS BAJO ESTUDIO PARA SU POSTERIOR REGULACIÓN.....	190
<b>6</b>	<b><u>VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE.....</u></b>	<b>192</b>
6.1	MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA LOS CONTAMINANTES PROPUESTOS.....	194
6.1.1	CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	194
6.1.2	CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS.....	202

<b>6.2</b>	<b>MÉTODOS DE ANÁLISIS EN COLOMBIA .....</b>	<b>203</b>
<b>6.3</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>204</b>
6.3.1	CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	204
6.3.2	CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS.....	207
6.3.3	ANÁLISIS TOTAL .....	208
<b><u>7</u></b>	<b><u>FRECUENCIAS.....</u></b>	<b><u>209</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>212</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>	<b><u>216</u></b>
<b><u>10</u></b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA (REFERENCIAS INTERNET) .....</u></b>	<b><u>218</u></b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4-1. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS SEGÚN SU FUENTE	21
TABLA 4-2. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS DE ACUERDO A SU POTENCIAL CANCERÍGENO EN EL HOMBRE - IARC	21
TABLA 4-3. NORMAS MICROBIOLÓGICAS PARA EL AGUA POTABLE SEGÚN EL DECRETO 475 DE 1998	135
TABLA 4-4. ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA CALIDAD DEL AGUA. CONSOLIDADO NACIONAL	136
TABLA 4-5. PORCENTAJE DE DEFUNCIONES POR DEPARTAMENTO RELACIONADAS CON INFECCIONES INTESTINALES Y OTRAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS	138
TABLA 4-6. MICROORGANISMOS REGULADOS POR LA EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) – 2004	139
TABLA 4-7. MICROORGANISMOS REGULADOS EN ESPAÑA MEDIANTE EL REAL DECRETO 140/2003	139
TABLA 4-8. CRITERIOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE	162
TABLA 4-9. FACTORES PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE OLORES	164
TABLA 5-1. NÚMERO DE PARÁMETROS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA ANALIZADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO	186
TABLA 5-2. LISTADO DE COMPUESTOS QUÍMICOS Y SU VALOR ADMISIBLE RECOMENDADOS PARA LA REGULACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD EN COLOMBIA	188



TABLA 5-3. LISTADO DE MICROORGANISMOS Y SU VALOR ADMISIBLE RECOMENDADOS PARA LA REGULACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD EN COLOMBIA	189
TABLA 5-4. LISTADO DE PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS Y SU VALOR ADMISIBLE RECOMENDADOS PARA LA REGULACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD EN COLOMBIA	190
TABLA 5-5. COMPUESTOS BAJO ESTUDIO PARA SU POSTERIOR REGULACIÓN	191
TABLA 5-6. MICROORGANISMOS BAJO ESTUDIO PARA SU POSTERIOR REGULACIÓN	191
TABLA 6-1. PARÁMETROS MÍNIMOS REQUERIDOS EN LA VERIFICACIÓN DEL DECRETO 475 DE 1998	192
TABLA 6-2. LISTADO DE PRECIOS POR LABORATORIO EN EL ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA	206
TABLA 6-3. LISTADO DE PRECIOS POR LABORATORIO EN EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA	207
TABLA 6-4. LISTADO DE PRECIOS POR LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS TOTAL DE LOS CONTAMINANTES REGULADOS EN EL DECRETO 475 DE 1998	208
TABLA 7-1. VALOR DE VARIABLE PARA LOS ÍNDICES DE RIESGO – SEGUNDO INVENTARIO NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA	210
TABLA 7-2. FRECUENCIA DE ANÁLISIS PARA LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y ORGANOLÉPTICOS ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 475 DE 1998	210
TABLA 7-3. FRECUENCIA DE ANÁLISIS PARA PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS TÓXICAS ESTABLECIDOS EN EL DECRETO 475 DE 1998	211
TABLA 8-1. LISTADO DE COMPUESTOS QUÍMICOS Y SU VALOR ADMISIBLE PROPUESTOS PARA SER REGULADOS	213
TABLA 8-2. LISTADO DE MICROORGANISMOS Y SU VALOR ADMISIBLE PROPUESTOS PARA SER REGULADOS	213

TABLA 8-3. LISTADO DE ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS Y SU VALOR  
ADMISIBLE PROPUESTOS PARA SER REGULADOS

214

## 1 INTRODUCCIÓN

La regulación de las acciones humanas que de alguna manera tienen la capacidad de afectar la sociedad en que vivimos, es hoy en día una necesidad del hombre; la formulación de estándares de calidad es una herramienta eficaz en el manejo de dichas regulaciones. En cuestiones ambientales dichos estándares son además un medio importante para evaluar la calidad de los recursos naturales que están siendo afectados por nuestras acciones.

Si bien los estándares de calidad son un instrumento directo y sencillo de vigilancia y control, la formulación desatinada de estos y las dificultades para su cumplimiento son problemas que hacen difícil su implementación. Es así como actualmente el país no solo tiene que vivir con algunos estándares mucho más estrictos que aquellos de países desarrollados con la capacidad tecnológica y económica para cumplirlos, sino que además estos no se ajustan a las características del tipo de sociedad, economía, industria y recursos del país.

La formulación de dichos estándares no apropiados crea un efecto contrario al esperado, llevando no solo al fracaso la evaluación del recurso, sino alejando además a todas las personas involucradas en el proceso de un ideal de autorregulación, con el cual se responsabilice a la fuente específica de contaminación y asimismo se tome conciencia de la importancia de aumentar los niveles de calidad exigidos como una meta ambiental.

El propósito de este estudio es hacer una propuesta de una nueva regulación de los estándares de calidad de agua potable, regidos actualmente por el Decreto 475 de 1998, en base a las características del país, teniendo en cuenta factores

como su ocurrencia, la facilidad de su implementación y/o la necesidad de hacerlos estándares obligatorios.

El objetivo general de este estudio es analizar los actuales estándares y emitir un concepto a través del cual se propondrá una nueva regulación de estos. Para ello, se hará un análisis cuidadoso de todos los parámetros con los que puede definirse la calidad del agua a través de estándares requeridos por otros países, y con base en un estudio de las características del agua en el país definir cuales de estos aplican y cuales no como estándares de calidad para ser requeridos por las autoridades pertinentes.

En la actualidad la fuente más amplia en cuanto a estándares de calidad de agua potable es la tercera edición de las GUIAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE de la OMS (Organización Mundial de la SALUD). En ella esta Organización propone ciertos estándares de calidad para el agua potable, pero son enfáticos en explicar que aquellos estándares propuestos por ellos deben estar solamente contemplados a través de un estudio que tenga en cuenta las condiciones socioeconómicas, culturales, geográficas, etc, que determinen las posibles fuentes de los distintos contaminantes en el agua. Igualmente proponen hacer programas de monitoreo en aquellos contaminantes cuya probabilidad de existencia dentro del agua de consumo es aún mayor.

La segunda fuente más amplia respecto a estos estándares y sobre la cual también se basa este estudio, es a través de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) quienes poseen una fuerte regulación en cuestiones de agua potable y que además es de acceso a todo el público. La utilización de esta fuente sin embargo, tiene serias limitaciones en cuanto a la aplicabilidad en Colombia, puesto que el nivel tecnológico y los recursos empleados en la consecución de dichos estándares son muy superiores a los que tiene Colombia.

La determinación además de dichos estándares por parte de la EPA, obedece un proceso de tres pasos, en el que primero, se identifica el contaminante que puede tener efectos adversos sobre la salud pública y que además se presenta en el agua potable en concentraciones y con frecuencias considerables para representar un riesgo sobre la población; segundo, se determina la concentración máxima objetivo a la que se espera que dichos contaminantes se presenten en el agua, por debajo de la cual no se esperan efectos sobre la salud, y finalmente la EPA establece el estándar de calidad tan cerca de este valor como sea posible, basándose para ello en la tecnología, las técnicas de tratamiento y otros recursos disponibles en los Estados Unidos y tomando además en cuenta los costos que la aplicación de dichos elementos conlleva<sup>1</sup>. El empleo de este último punto en el proceso de determinación de estándares de calidad, si bien es un criterio bastante razonable que busca la mayor calidad posible en el agua, es poco aplicable en países como Colombia donde los recursos para el cumplimiento de estos estándares son escasos.

Además de esto, el país no cuenta con una fuente de información extensa acerca de la calidad del agua, o de las variables que puedan afectar el recurso, por lo que las limitaciones para realizar un análisis de la aplicabilidad de ciertos estándares sobre los cuales se tiene poca información son muy altas.

---

<sup>1</sup> EPA (U.S. Environmental Protection Agency) EPA810-F-99-008- December 1999, Understanding the Safe Drinking Water Act, [http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/25ann/fs\\_sdwa\\_understand\\_25.pdf](http://www.epa.gov/safewater/sdwa/pdfs/25ann/fs_sdwa_understand_25.pdf) (JUNIO 2004)

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este estudio es proponer una nueva regulación de estándares de calidad de agua potable, que basada en las características socioeconómicas, culturales y geográficas del país, pueda implementarse y cumplirse fácilmente por todos los organismos involucrados en dicha regulación.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar los estándares de calidad de agua potable para Colombia, actualmente contemplados en el decreto 475 de 1998, teniendo en cuenta no solo el efecto que cada contaminante pueda tener sobre la salud, sino también la posibilidad de que se encuentre presente en el agua potable, y la viabilidad de su análisis como parámetro de calidad de agua para el país.

Recopilar todos los posibles estándares de calidad de agua potable, y analizar su aplicabilidad como estándares de calidad de agua para Colombia.

Estudiar las regulaciones de estándares de calidad de agua de otros países, con el fin de tener una mayor fuente de información acerca de los posibles contaminantes del agua potable, y un soporte que valide la regulación propuesta en este estudio.

### **3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL EN COLOMBIA**

En Colombia como en el mundo, la necesidad de formular normas ambientales solo surgió hasta finales del siglo pasado cuando el mundo tomó conciencia de los efectos que en el medio ambiente estaba ocasionando nuestro sistema de vida. En Colombia, las primeras regulaciones fueron en 1948 cuando se declaran las primeras Reservas Naturales de carácter Nacional; y posteriormente, en 1952 mediante la Ley 2 a partir de la cual se da origen a las zonas de Reserva Forestal.

En 1968, Colombia crea el Instituto Nacional de Recursos Naturales INDERENA, cuyo fin era la preservación y protección de algunas áreas de importancia ecológica. Luego en 1974, y como consecuencia directa de la Conferencia de Estocolmo (1972), se expide el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente por medio del decreto 2811 de 1974, cuyo objetivo era el de establecer ciertos principios de acción sobre el medio ambiente con el fin de preservar, restaurar y mejorar la utilización de los recursos naturales renovables.

A partir de la creación del INDERENA y hasta 1991, en que se promulgó una nueva constitución para el país, las políticas ambientales y en general el manejo de los recursos, fue desordenado, sin planes claros o bases técnicas y financieras sobre las cuales desarrollar cualquier proyecto. Además el fracaso del INDERENA como ente regulador ambiental se debió a que dicha institución se desvinculo de los temas sociales y de desarrollo, alejándose de las realidades sociales y de las necesidades del país. Igualmente, su falta de autonomía y jerarquía al hacer parte

del Ministerio de Agricultura, usuario de los mismos recursos naturales que la entidad estaba tratando de proteger, hacía aún más difícil su correcto funcionamiento<sup>2</sup>.

Como consecuencia de dicho manejo ambiental, antes de la ley 99 del 1993 con la que se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se formuló una normatividad ambiental poco clara, difícil de implementar y ejercida además por diferentes entes encargados, quienes emitían la norma de acuerdo a sus necesidades, sin ninguna jerarquía o criterio común respecto a las emitidas por otros entes<sup>3</sup>.

La creación del Ministerio del Medio Ambiente en 1993 reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, además estructuró el Sistema Nacional Ambiental (SINA), que es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales orientados hacia el desarrollo sostenible, a través de cual se dio vida al manejo ambiental descentralizado y participativo que hoy día rige en el país.

### **3.1 SECTOR DEL AGUA POTABLE**

El manejo del sector del Agua Potable en Colombia está claramente dividido entre varios organismos de acuerdo a funciones específicas de cada uno de ellos dentro del gobierno actual. Dicho manejo tiene la ventaja de permitir un claro desarrollo

---

<sup>2</sup> AYALA Diego Fernando, Análisis de las Metodologías Aplicadas por las Autoridades Ambientales Colombianas en el Establecimiento de Estándares Ambientales, Agosto 2002

<sup>3</sup> Ibídem



de las funciones de cada entidad<sup>4</sup>, pero tiene la desventaja de requerir una muy buena comunicación entre estas.

El Ministerio de Protección Social, formado ahora por el antiguo Ministerio de Salud y Ministerio del Trabajo, es el encargado de emitir la normatividad respecto a la calidad del agua en base a los efectos que estos puedan tener sobre la salud de la población. El Departamento Nacional de Planeación (DNP) a través de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) es el ente encargado de la vigilancia y control en la prestación del servicio, teniendo en cuenta no solo los aspectos de operación del servicio, incluyendo la calidad de este, sino también la regulación de las tarifas en base a las disposiciones de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA).

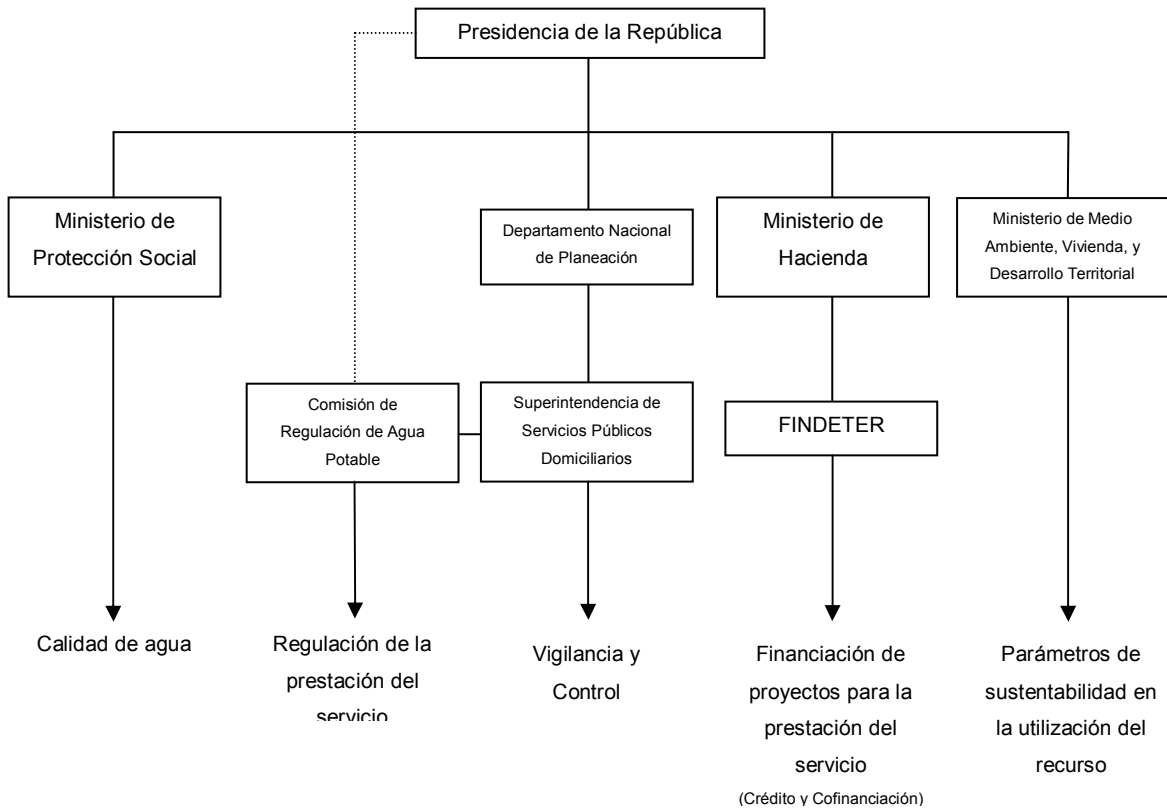
El financiamiento del sector está cubierto por el Ministerio de Hacienda, a través de recursos otorgados provenientes de presupuesto nacional, y por Findeter como principal entidad de financiamiento del sector.

Hacen además parte del sector el actual Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el cual recae la responsabilidad de mantener la sostenibilidad del recurso, quien asumió las funciones de regulación y promoción del manejo integral del agua y el saneamiento básico, antes responsabilidad del Ministerio de Desarrollo, cada departamento, quienes deben prestar asistencia técnica a los municipios, y estos últimos en quienes recae directamente la responsabilidad de la prestación de un servicio eficiente.

Por último, son las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) las encargadas de la regulación del aprovechamiento del recurso hídrico y por lo tanto hacen parte importante también dentro del sector.

---

<sup>4</sup> SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Supercifras en m3. Revista No. 6 – 2002. (ABRIL 2004). <http://www.superservicios.com.co>



**Figura 1. Diagrama Institucional del Sector de Agua Potable<sup>5</sup>**

### 3.2 CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN COLOMBIA

El sector de Agua Potable en Colombia está regido básicamente por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS–

<sup>5</sup> Fuente: COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, Diagrama Institucional del Sector de Agua Potable, [http://www.cra.gov.co/htm/sec\\_organigrama\\_sector.htm](http://www.cra.gov.co/htm/sec_organigrama_sector.htm)

, adoptado mediante la resolución 0822 del 6 de agosto de 1998, y revisado posteriormente en el año 2000.

La primera edición de dicho reglamento se hizo en 1998 y buscaba agrupar los requisitos, procedimientos, prácticas y normatividad vigente de los siguientes aspectos relacionados con el sector:

- Acueducto
- Potabilización
- Recolección y Evacuación de Aguas Residuales, Domésticas y Pluviales
- Tratamiento de Aguas Residuales
- Aseo Urbano
- Otros aspectos

Sin embargo, este fue sometido a una revisión durante el año 2000 en la que no se regularon los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción, supervisión técnica, interventoría, operación y mantenimiento de dichos sectores como lo hiciera su primera edición sino que se mantuvieron como prácticas de buena ingeniería, permitiendo así un más fácil manejo y cumplimiento del Reglamento.

El Reglamento entre otros, hace referencia al Decreto 475 de 1998 expedido por los Ministerios de Salud y Desarrollo Económico, por el cual se expiden las Normas Técnicas de calidad del agua potable, y al Decreto 1594 de 1984 expedido por el Ministerio de Salud a través del cual se regula la calidad del agua según su uso, la calidad de los vertimientos a los cuerpos de agua y los aspectos legales relacionados a estos últimos.

Ambos decretos contienen los principales listados de estándares de calidad del agua utilizados por los entes encargados de la vigilancia y control del recurso. La mayoría de dichos listados obedecen a traducciones literales de normativas en

otros países, e incluso en ciertas ocasiones toman valores más estrictos que los requeridos en estos.

### **2.1.1 Vigilancia y Control de la Calidad del Agua Potable**

El decreto 475 de 1998 establece respecto a la vigilancia de la calidad del agua potable en su artículo 41 que:

*“Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, ejercerán la vigilancia sobre la Calidad de Agua Potable como parte de las acciones del Plan de Atención Básica PAB en su jurisdicción, y tomarán las medidas preventivas y correctivas necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones de dicho decreto.*

*El Ministerio de Salud definirá los instrumentos y procedimientos para realizar la vigilancia en salud pública de la calidad del agua...”.*

Por otra parte, las entidades con competencia legal para llevar a cabo la vigilancia de la calidad del agua potable en el país son el Ministerio de Protección Social y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), la cual, a través de la Constitución de 1991, y por delegación del Presidente de la República, fue creada específicamente con el fin de controlar, inspeccionar y vigilar las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios. Esta cuenta además con autonomía técnica, administrativa y patrimonial, y está dotada de facultades sancionatorias que le permiten actuar sobre las empresas y funcionarios que violen las normas.

Adicionalmente corresponde al Instituto Nacional de Salud, a la Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico, a la Superintendencia Nacional de Salud y al Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial velar por el cumplimiento de normas complementarias al Decreto 475 de 1998 y lograr la optimización de los planes y programas de suministro de agua potable<sup>6</sup>.

La vigilancia por parte de la Superintendencia se hace a través de un formato único<sup>7</sup> que debe ser entregado por todas las empresas prestadoras del servicio a dicha entidad, y en base a la cual se hace la mayoría de estadísticos de la calidad del servicio. El consolidado de esta información es realizado por el Sistema de Información para Vigilancia de Calidad de Agua Potable – SIVICAP, adjunto al Instituto Nacional de Salud.

El formato empleado en el cumplimiento de los estándares de calidad hace referencia al Decreto 475 de 1998<sup>8</sup> pero contempla solo aquellos requisitos mínimos que debe prestar el servicio público de acueducto en la red de distribución del sistema de suministro, dejando por fuera de vigilancia otros requisitos dentro de dicho decreto, por lo que muchos contaminantes pueden ser pasados por alto en el control de la calidad de estos.

---

<sup>6</sup> SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Supercifras en m3. Revista No. 6 – 2002. (ABRIL 2004). <http://www.superservicios.com.co>

<sup>7</sup> Ver Anexo 2

<sup>8</sup> Ver Anexo 1

## 4 AGUA POTABLE

La calidad del agua potable empleada para consumo humano en Colombia está claramente normalizada mediante el decreto 475 de 1998. Sin embargo dicho decreto hace requerimientos en ciertos estándares que no solo son más estrictos que en muchos otros países sino que muchas veces son innecesarios dadas las características del agua en el país.

A continuación se hará un recuento de los aspectos a través de los cuales se puede establecer la calidad del agua, y de su necesidad o no de implementarlos en el país.

### 4.1 ASPECTOS QUÍMICOS

Dentro de los químicos analizados en este estudio, solo se contemplaran aquellos cuya presencia en el agua es factible y a concentraciones relevantes tanto para la salud, como para aspectos de aceptabilidad. La determinación de cuáles eran estos químicos, se hizo en base a la Guía Preliminar de la Tercera Edición de las Guías Para la Calidad del Agua Potable de la OMS, en la que se hace un listado de cada uno de ellos.

### 4.1.1 Generalidades

La determinación de un valor estándar para un contaminante químico debe obedecer un estudio completo acerca de las implicaciones que este compuesto tiene sobre la salud humana. Sin embargo dichos estudios se ven limitados dadas sus únicas dos fuentes de información:

1. Las investigaciones en poblaciones humanas
2. Los estudios realizados usando animales en el laboratorio

La primera de estas fuentes es lastimosamente sobre la que se consigue menor información. La segunda fuente y la más frecuente usando animales en el laboratorio, tiene un nivel alto de incertidumbre sobre los resultados obtenidos en dichos estudios.

#### 4.1.1.1 Clasificación

Dentro de los aspectos químicos, por lo general se definen dos tipos de contaminantes; primero, aquellos sobre los cuales se puede dar una dosis diaria aceptable, y otros sobre los cuales no es aceptable ningún tipo de dosis dada la naturaleza del contaminante. Por lo general estos últimos son contaminantes cancerígenos que afectan directamente el material genético de las células con que pueda tener contacto y por lo que son llamados genotóxicos, y sobre los cuales además se cree que cualquier tipo de exposición puede ser un riesgo para la salud<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Chemicals Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap81.htm](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap81.htm)

Los contaminantes químicos que se pueden encontrar en el agua no solo son de un origen muy variado sino también muy diferentes en cuanto a la forma de acumulación y de respuesta hacia ellos por parte del cuerpo humano. Sin embargo la mejor manera de clasificarlos es a través de su procedencia, pues de esta forma se ataca directamente la fuente del problema facilitando su monitoreo y posterior manejo.

La OMS propone seis grupos así:

<b>Fuente de contaminantes químicos en el agua</b>	<b>EJEMPLOS</b>
De ocurrencia natural	Como productos de las condiciones climáticas y geológicas en rocas y suelos
Asentamientos humanos e industriales	Como resultado de procesos industriales o minería Como resultado de los asentamientos humanos a través de sus desechos A través de accidentes como filtraciones de combustibles
Actividades agrícolas	Como resultado de abonos, fertilizantes o pesticidas
Tratamiento de aguas y sistemas de distribución	Como sub-productos de agentes desinfectantes, como coagulantes, y como resultado del deterioro de los sistemas de distribución del agua
Larvicidas usados en agua para disminuir los riesgos a la salud	Larvicidas usados en el control de vectores de insectos
Cianobacteria	Lagos eutroficados



**Tabla 4-1. Clasificación de los compuestos químicos según su fuente<sup>10</sup>**

Algunos agentes químicos pueden caer dentro de más de uno de los anteriores grupos. También es posible que para el país alguno de los grupos no sea tan prioritario o no se ajuste a un programa de control y monitoreo debido a la prioridad que se le debe dar a los otros grupos, pero es por esto mismo que dicho cuadro es una herramienta eficaz para el control de agentes químicos al permitir identificar el problema desde su origen y por lo tanto facilitar la solución de este.

Además de esta clasificación, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC - International Agency for Research on Cancer) clasifica en los siguientes grupos los diferentes contaminantes de acuerdo a su potencial riesgo cancerígeno:

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>Descripción</b>
GRUPO 1	Agente cancerígeno a los Humanos
GRUPO 2A	Agente probablemente cancerígeno a los hombres
GRUPO 2B	Agente posiblemente cancerígeno a los hombres
GRUPO 3	El agente no es clasificable en cuanto a su potencial cancerígeno en el hombre
GRUPO 4	El agente es probablemente no cancerígeno al hombre

**Tabla 4-2. Clasificación de los compuestos de acuerdo a su potencial cancerígeno en el hombre - IARC**

Esta clasificación es también usada en la formulación de estándares dado que recopila con seguridad uno de los principales efectos sobre la salud que los

<sup>10</sup> Ibídem

contaminantes del agua pueden tener, haciendo que aquellos sobre los cuales se tenga seguridad de su potencial cancerígeno sean de tratamiento prioritario en la regulación de estándares de calidad.

#### 4.1.1.2 Umbrales De Toxicidad

Se cree que la mayoría de contaminantes químicos tienen una dosis por debajo de la cual no hay efectos adversos sobre la salud humana. Para evaluar estos agentes se desarrollo una Dosis Diaria Tolerable (TDI *Tolerable Daily Intake*) de la siguiente forma:

$$TDI = \frac{(NOAEL \text{ or } LOAEL)}{UF}$$

donde:

NOAEL = No-Observed-adverse-effect-level (dosis sin efecto adverso observado)

LOAEL = Lowest-observed-adverse-effect-level (dosis más baja sin efecto adverso observado)

UF = Uncertainty factor (factor de incertidumbre)

La OMS a través de sus Guías para la Calidad del Agua Potable, obtiene dichas dosis o valores guías (GV) a partir de la TDI así:

$$GV = \frac{(TDI \times bw \times P)}{C}$$

donde:

bw = body weight (Peso del cuerpo)

P = fraction of the TDI allocated to drinking-water (Fracción del TDI dentro del agua)

C = daily drinking-water consumption (Consumo diario de agua)

## TDI

La TDI (Tolerable Daily Intake) es un estimativo de la cantidad de contaminante en la comida o en el agua que puede ingerir un persona en su vida sin poner en riesgo su salud teniendo en cuenta su peso corporal.

## NOAEL

El NOAEL (*No observed adverse effect level* y *Lowest observed adverse effect level*) se define como la dosis más alta o concentración de un químico en un estudio, ya sea a través de experimentación u observación, sobre la cual no se logra comprobar efecto alguno sobre la salud. Sin embargo para obtener este valor, los estudios deberían realizarse en el largo plazo, lo cual no siempre es posible dados los múltiples factores que pueden afectar el desarrollo de estos, por ejemplo, la escasa y muchas veces alterada información en la que se basan este tipo de estudios.

Cuando el nivel sobre el cual no se observan efectos adversos sobre la salud no se encuentra disponible se usa entonces el LOALE que determina la dosis más baja sobre la cual no se observan efectos adversos sobre la salud. Sin embargo este valor requiere de un factor de incertidumbre aun mayor que el empleado por el NOAEL.

## FACTORES DE INCERTIDUMBRE

La aplicación de factores de incertidumbre ha sido ampliamente usada en la derivación de dosis diarias aceptables de pesticidas y otros contaminantes del

medio ambiente. Por ejemplo en la derivación del NOAEL el factor de incertidumbre utilizado es de 100, esto es dos factores de 10, uno que contemple la diferencia interespecies y el segundo que contemple la variabilidad dentro del ser humano. Muchas veces otros factores de incertidumbre son utilizados para tener en cuenta las deficiencias en la información sobre la cual se ha realizado el estudio para la determinación de la dosis y para la severidad e irreversibilidad de los efectos.

#### **4.1.2 Químicos De Origen Natural**

##### **ARSÉNICO**

Es un elemento común en la corteza terrestre, la mayoría de las veces como sulfuro de arsénico y arsenopirita, sobretodo como impurezas en los depósitos mineros. En aguas subterráneas y superficiales se encuentra como arsenato y arsenito, los cuales son la principal fuente del recurso dentro de los sistemas de agua potable. Cuando el agua proviene de pozos, según la OMS, hay una relación directa entre la profundidad del pozo y la concentración del arsénico en este. Debido a esto en algunos lugares la prioridad que se le da al manejo de este compuesto es alta dados los efectos que este tiene sobre la comunidad asociada al uso de dichas aguas.

Estudios han encontrado además una relación directa entre el consumo de aguas con un contenido relativamente alto del compuesto y personas con cáncer de pulmón, hígado y piel. De hecho la IARC cataloga al compuesto dentro del GRUPO 1, es decir cancerígeno a humanos.

El arsénico inorgánico trivalente es más tóxico que el pentavalente debido a que tiene menor efecto en las actividades enzimáticas, pero este puede ser reducido a compuestos trivalentes en condiciones reductoras, es decir de poco oxígeno.

Los compuestos arsénicos orgánicos se utilizan como pesticidas, sobretodo en las plantas de algodón, sin embargo estos son menos tóxicos que los arsénicos inorgánicos por lo que la regulación del compuesto debe basarse en este último.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	0.01 mg/L
FRANCIA	0.01 mg/L
COLOMBIA	0.01 mg/L

En Colombia, la regulación del compuesto es igual a la de otros países, basado en sus efectos sobre la salud, por lo que es aconsejable mantener este estándar.

#### BARIO

El Bario es un elemento presente en el agua debido a la sedimentación de rocas ígneas y sedimentarias, es también un compuesto usado con frecuencia en actividades industriales, pero usualmente su fuente de origen en los sistemas de agua potable es natural. Por lo general es un compuesto que se encuentra en pequeñas cantidades, su presencia en altas concentraciones está asociada a ciertos tipos de suelos y ciertas comidas como frutos secos, algas y pescados.

El Bario puede causar dificultad al respirar, incrementos en la presión sanguínea, arritmia, dolor de estómago, debilidad, e inflamación del cerebro e hígado, sin

embargo no se ha establecido todavía su relación con el cáncer en los humanos, o en la infertilidad de estos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.7 mg/L
EPA	0.2 mg/L
FRANCIA	0.7 mg/L
COLOMBIA	0.5 mg/L

La regulación más estricta del compuesto es la establecida por la EPA, sin embargo el problema de implementar dicho estándar es que el criterio de regulación de la EPA obedece a un criterio de eficiencia en el tratamiento del agua, basado en los recursos y la tecnología con las que cuentan las plantas de tratamiento en Estados Unidos.

Dado que en el país los recursos con que se cuenta para el tratamiento de aguas es escaso y la idea de este estudio es proponer una regulación viable basada solo en aquellos aspectos contemplados como necesarios en la distribución de un recurso seguro, el valor actual determinado en el decreto 475 de 1998 es demasiado estricto.

Dado que la mayor concentración del compuesto registrada en agua es cuando la fuente de esta es subterránea y la mayoría de fuentes del país no son de este tipo, el valor establecido en Colombia podría ser disminuido a un valor basado en los efectos que el compuesto tenga sobre la salud, es decir de 0.7 mg/L

Es además importante establecer un valor fácil de alcanzar a través del tratamiento de dicho compuesto, es así por ejemplo que mediante intercambio

iónico, o mediante precipitación química, se pueden minimizar las concentraciones del compuesto hasta 0.1 mg/L.

## BORO

Es utilizado en la fabricación de vidrio, jabones, detergentes, como retardantes de llama, en el control de hierbas e insecticidas, en la fabricación de papel, cuero plásticos, entre otros. Por lo general es ingerido por el hombre a través de la comida, pues parece ser un elemento esencial en las plantas.

Es un elemento comúnmente encontrado en aguas subterráneas, pero en aguas superficiales esta asociado a su contaminación por detergentes.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.5 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	1.0 mg/L
COLOMBIA	0.3 mg/L

La OMS en sus valores guías de 1993 estableció un estándar de 0.3 mg/L igual al que tiene Colombia en este momento, sin embargo dicho valor fue después aumentado debido a la dificultad de obtenerlo mediante los tratamientos convencionales de aguas en lugares donde la presencia del compuesto es alta, pues este no es removido a través de tratamientos comunes como coagulación, sedimentación o filtración, sino que requiere de tratamientos como intercambio iónico u osmosis inversa que son muy costosos para su implementación en lugares donde los recursos son escasos<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Ibidem

Por otra parte la mayoría de países no solo en Latinoamérica sino en el mundo no tienen una regulación sobre el compuesto, por lo que este se encuentra dentro de los compuestos cuya regulación debe ser disminuida por lo menos hasta un valor sobre el cual no haya efectos adversos sobre la salud. Debido a esto se recomienda disminuir su estándar de calidad a 0,5 mg/L, valor recomendado por la OMS.

## CLORUROS

Son contaminantes naturales en el agua, sin embargo la presencia de estos en el organismo se debe más a la adición de sal a la comida que al consumo de agua con presencia de este. En concentraciones superiores a 250 mg/L produce un sabor salado al agua, afectando la aceptabilidad de esta. De hecho todos los valores propuestos para su regulación corresponden a dicho criterio.

El cloruro en exceso dentro de los sistemas de agua potable incrementa la tasa de corrosión de las tuberías de metal. Esta sin embargo está directamente relacionada a la alcalinidad del agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	250 mg/L
EPA	250 mg/L
FRANCIA	250 mg/L
COLOMBIA	250 mg/L

Es un estándar de calidad usado en varios países, de fácil implementación, por lo que no parece necesitar de una nueva formulación.



## CROMO

Es un compuesto comúnmente utilizado en curtiembres, en la industria papelera y en la industria textil, sin embargo se encuentra también de manera natural en la corteza terrestre haciendo que su presencia en el agua no solo sea a causa de los efluentes de dichas industrias, sino al efecto de la erosión de cierto tipo de suelos.

Estudios demuestran que sus efectos sobre la salud a corto plazo son irritación de la piel y ulceraciones de esta, pero a largo plazo está relacionado a daños en el hígado, riñones, tejidos nerviosos e irritaciones en la piel.

Las primeras regulaciones que se hicieron al compuesto fueron hechas a su forma de cromo hexavalente, su forma más dañina y catalogada dentro del GRUPO 1 (cancerígeno a humanos) por la IARC, pero dada la dificultad de su análisis, el estándar fue posteriormente cambiado por Cromo total

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.05 mg/L
EPA	0.01 mg/L
FRANCIA	0.05 mg/L
COLOMBIA	0.01 mg/L (Como cromo hexavalente)

Respecto a su estandarización en el país, esta debe ser también sometida a una revisión acerca de la facilidad de su análisis dentro del todo el territorio nacional, pues si bien su concentración máxima es igual a la determinada por la EPA, este valor no solo corresponde a un valor de cromo total sino que además es un valor basado en la capacidad de remoción de sus plantas, es decir un criterio de eficiencia. Sin embargo dicho estudio debe tener en cuenta la presencia del cromo en la industria colombiana pues este es principalmente usado en las curtiembres, una importante fuente de la economía en Colombia. Una posibilidad para

contemplar en dicho estudio sería hacer una regulación aparte a aquellas regiones en que la presencia del compuesto es alta y a estas darles prioridad de control del compuesto. Sin embargo debido a la dificultad de implementar este tipo de regulación, y al poco control que se tiene sobre este tipo de industrias, se recomienda mantener la regulación actual.

## FLUORURO

En el agua potable la fuente de este compuesto es en su mayoría de origen natural, aunque muchos fluoruros inorgánicos son también usados en la industria con múltiples propósitos. Su consumo en el hombre se debe principalmente a comidas que contengan el compuesto y en un segundo plano a aguas y pasta dental.

Estudios epidemiológicos han demostrado efectos adversos en el consumo a largo plazo del compuesto donde este afecta seriamente los tejidos óseos cuando su consumo es superior a 14 mg/d y de por si es un riesgo a concentraciones de solo 6 mg/L<sup>12</sup>. Sin embargo a bajas dosis, en concentraciones de 0.5 mg/L, el consumo de fluoruros ha demostrado ser bueno para combatir caries en especial en los dientes de los niños, razón por la cual durante muchos años el compuesto fue añadido al agua con dicho propósito, pero dado que en muchas regiones del mundo el agua de consumo no alcanzaba ciertas poblaciones, se empezó a añadir en la sal de consumo.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	1.5 mg/L
EPA	4.0 mg/L
FRANCIA	1.5 mg/L
COLOMBIA	1.2 mg/L

<sup>12</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Chemicals Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2)

Según la OMS determinar un valor del compuesto debe estar seguido de un estudio serio que contemple no solo la tecnología disponible sino también las condiciones climáticas (a mayor temperatura menor debe ser el estándar), el consumo diario del agua y el consumo del compuesto de otras fuentes.

Para Colombia se recomienda disminuir el estándar actual del compuesto hasta una concentración máxima de 1.5 mg/L basado en los efectos que sobre la salud pueda este tener.

## DUREZA

La dureza en el agua está causada por el calcio y en menos cantidad por el magnesio disuelto en esta. Dependiendo de las propiedades del agua, en especial de su alcalinidad y pH, durezas por encima de 200 mg/L (expresadas como carbonato de calcio) pueden resultar en deposiciones indeseadas, en especial cuando el agua se lleva a temperaturas elevadas. Cuando el caso es contrario y el agua es blanda, es decir con valores por debajo de 100 mg/L su capacidad de amortiguamiento es muy baja y presenta condiciones corrosivas en las tuberías.

Algunos estudios han demostrado estadísticamente que la relación entre la dureza en el agua de consumo y las enfermedades cardiovasculares es directa, pero en referencia a su causa estos no son tan explícitos. Igualmente se ha relacionado el consumo de aguas blandas con desbalances mineralógicos, pero aun no ha sido comprobado.

Por estas mismas razones un valor guía provisional basado en las incidencias que la dureza tenga sobre la salud no ha sido todavía establecido por la OMS, este se ha establecido dependiendo de la aceptabilidad del agua y este será analizado más adelante junto con los otros parámetros de aceptabilidad regulados.

## ACIDO SULFHIDRICO

Es uno de los gases cuyo olor es más detectable por el hombre y uno de los más tóxicos, sin embargo no es usual su presencia en aguas tratadas dado que la mayoría de sulfatos en el agua están ya oxidados impidiendo la formación del gas. Dado que no es usual que una persona consuma dosis del ácido del agua que pongan en riesgo su salud, la OMS no ha establecido un valor que haga referencia a su incidencia en la salud humana.

Los estándares propuestos para el compuesto hacen referencia a la aceptabilidad del agua, pues es fácil reconocer el gas como se explica en el capítulo de aceptabilidad.

## MANGANESO

El manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y usualmente se encuentra con presencia de hierro. Sus usos varían desde la fabricación de aceros hasta la de desinfectantes. Es un elemento esencial en la dieta del hombre y otros animales, y por lo general se encuentra naturalmente en ciertas comidas.

En el agua se encuentra naturalmente, en especial en aquellas aguas donde las condiciones de oxidación son bajas, es decir en presencia de poco oxígeno, como los son las aguas subterráneas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.4 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	0.5 mg/L
COLOMBIA	0.1 mg/L

Por lo general los valores de aceptabilidad son menores que los valores declarados como riesgosos para la salud humana, como se vera más adelante, el valor de la EPA del compuesto en niveles de aceptabilidad es de 0.05 mg/L, mientras que el sugerido por la OMS es de 0,1 mg/L, un valor cuatro veces menor al registrado como riesgoso para la salud.

El valor máximo de concentración del compuesto para Colombia es precisamente aquel que hace referencia a la aceptabilidad del agua por el público, pues se cree que a concentraciones más altas, no solo es reconocible el sabor sino que además se presentan manchas en la ropa que es lavada con agua con presencia del compuesto en concentraciones mayores. Se estima que en condiciones de tratamiento normales, es decir a través de filtración dicho valor debería ser fácilmente alcanzado.

La regulación de este compuesto será analizada en el capítulo que hace referencia a los aspectos organolépticos y físicos, por ser este valor mucho más estricto que el valor de concentración crítico para la salud.

## MOLIBDENO

Es un compuesto usado en la manufactura de aceros especiales y en la producción del tungsteno y ciertos pigmentos. Algunos de sus compuestos son usados como aditivos en lubricantes y en agricultura.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.07 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.07 mg/L

Por lo general su presencia en el agua es menor de 0.01 mg/L a menos que el agua cruda de la cual provenga se encuentre cerca de un área minera.

El problema de determinarlo como un estándar de calidad es que los métodos de análisis del compuesto requieren de ensayos no solo costosos sino también de muy difícil acceso para cualquier municipio del país.

Dado que además no hay tratamiento para la remoción del compuesto, su reglamentación se hace innecesaria a menos que esta sea para determinar la viabilidad del uso del agua analizada, como agua cruda para el agua potable.

## PH

Si bien no se ha establecido un valor de referencia acerca de sus efectos sobre la salud humana, es uno de los principales parámetros que determina los procesos de tratamiento del agua.

Por lo general sus valores de referencia están asociados a la aceptabilidad por parte del consumidor y será de esta manera como será analizado este aspecto más adelante en el presente estudio.

## SELENIO

Es un mineral que se encuentra de manera natural en el medio ambiente, generalmente asociado a minerales con un alto contenido de azufre. Dependiendo de la situación geográfica de las zonas en las que se encuentran las fuentes de agua puede estar presente en mayor o menor cantidad dentro de los sistemas de tratamiento.

Sus efectos sobre la salud varían desde ser elemento esencial en la dieta hasta producir efectos dañinos en pelo y uñas en consumos a corto plazo, y efectos dañinos sobre el hígado, riñones y sistemas nervioso y circulatorio cuando su consumo es a largo plazo.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	0.01 mg/L
FRANCIA	0.005 mg/L
COLOMBIA	0.01 mg/L

Su remoción no es posible a través de tratamientos convencionales, sin embargo dados sus efectos adversos comprobados sobre la salud en pequeñas concentraciones, es aconsejable mantenerlo como estándar de calidad de agua potable.

#### SODIO

Sus sales están presentes prácticamente en cualquier comida y en el agua de consumo, aunque por lo general esta se encuentra en concentraciones por debajo de 20 mg/L. No hay un valor que se relacione a efectos dañinos sobre la salud, pero si en cuestiones de aceptabilidad, por lo que será de esta forma en que será analizado.

#### SULFATOS

Ocurren de manera natural en varios minerales y son también muy usados comercialmente, principalmente en la industria química. Pueden llegar a las fuentes de agua a través de efluentes industriales y deposiciones atmosféricas, sin

embargo su principal fuente en aguas crudas es a través de procesos naturales. A diferencia de muchos compuestos que hacen parte de la dieta humana, la mayoría de su ingestión es a través del agua de consumo, sobretodo en aquellos lugares del mundo donde su presencia es alta.

Si bien no se ha establecido un valor guía por parte de la OMS que determine su efecto sobre la salud, esta recomienda que la concentración de estos compuestos no supere los 500 mg/L, pues no solo pueden ya estos conferir al agua un sabor desagradable sino que además puede causar efectos gastrointestinales adversos en ciertas personas.

Tanto en Colombia como en la mayoría de países, su regulación obedece a un criterio de aceptabilidad, por lo que será así como se analizará en este estudio.

## SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Los sólidos totales disueltos están compuestos tanto de elementos orgánicos como inorgánicos, y por lo general su presencia en el agua se debe a fuentes naturales, industriales y como producto de la actividad humana. Dada la variabilidad de su composición, no se ha establecido un valor mínimo relacionado a sus efectos sobre la salud, por lo general su estandarización esta relacionada más a la aceptabilidad por parte del publico que a un valor de salud, por lo que será de esta forma en que serán tratados en este estudio.

## URANIO

El uranio es un elemento muy común en la tierra, puede ser fácilmente encontrado en granitos y otros minerales. Sin embargo su uso más común en el mundo es como combustible en plantas nucleares.



Su presencia en el agua de consumo se debe a fuentes naturales principalmente, y por lo general su consumo es muy bajo.

Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.009 mg/L
EPA	0.03 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a la escasa producción y uso de este compuesto en el país, su regulación no debe ser prioritaria y la falta de esta no debe ser motivo de inquietud.

### **4.1.3 Químicos De Origen Industrial**

Este tipo de químicos llega por lo general a las fuentes de distribución del agua a través de efluentes industriales, generalmente por un mal manejo de sus residuos. Su presencia en el agua puede también estar asociada a industrias mineras, como sub-productos de sus efluentes de manera natural.

#### **4.1.3.1 Químicos Inorgánicos**

##### **BERILIO**

Su presencia en el agua está generalmente asociada a efluentes de refinerías, industrias aeroespaciales y de defensa y su principal daño sobre la salud es la aparición de lesiones intestinales cuando su consumo es a largo plazo

La OMS lo excluyó de su lista de valores guía provisional debido a la poca probabilidad de su presencia en el agua. En Colombia igualmente este compuesto no se encuentra regulado, y dadas las características de su procedencia dicha regulación no es tampoco necesaria.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.004 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

#### CADMIO

Es un metal usado en la fabricación de aceros y plásticos. Su presencia en el medio ambiente se debe principalmente a aguas contaminadas con vertimientos de industrias asociadas al compuesto y en general a la contaminación generada por la actividad humana.

En el agua su presencia se debe también a impurezas en el zinc de las tuberías galvanizadas y ciertas soldaduras en los sistemas de distribución

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.003 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	0.005 mg/L
COLOMBIA	0.005 mg/L

A través de procesos simples de tratamiento como coagulación y sedimentación, se deben poder alcanzar concentraciones por debajo de 0.002 mg/L, por lo que su estándar de calidad en el país puede ser fácilmente alcanzado y no requiere de revisión alguna.

La IARC tiene catalogado este compuesto dentro del GRUPO 2A, es decir probablemente cancerígeno, pero la mayor preocupación que causa su presencia en el agua es su acumulación y posterior daño en los riñones.

### CIANURO

Su presencia en el agua de consumo es poco probable, y por lo general es consecuencia de la contaminación industrial. Su toxicidad es muy alta y sus efectos en el cuerpo, en especial en la glándula tiroides y el sistema nervioso se observan después de un consumo a largo plazo.

Su remoción del agua de consumo no es posible a través de los tratamientos de agua comunes, por lo que es uno de los compuestos que más riesgo presentan a la salud humana.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.07 mg/L
EPA	0.2 mg/L
FRANCIA	0.05 mg/L
COLOMBIA	0.2 mg/L

El valor establecido por la OMS es uno de los más estrictos en razón de un criterio de protección al consumidor, el cual puede verse afectado al realizar consumos de agua contaminada al mismo tiempo que ingiere alimentos fumigados con el

compuesto. El cianuro es además un compuesto capaz de acumularse en el cuerpo por lo que cualquier fuente de exposición al compuesto representa un riesgo para la salud.

En Colombia la principal causa de contaminación de aguas por el compuesto es debido a las explotaciones mineras mal manejadas. El caso más reciente se presentó en las riberas del Río Guabas, en el año 2001, cuando se presentó una elevada mortandad de peces con alto contenido de cianuro en sus tejidos. Si bien en un principio fueron los vertimientos industriales los acusados de la contaminación del río, estudios posteriores revelaron que la contaminación fue a causa de un mal manejo ambiental en la explotación de acuíferos en la parte alta de este. Además de los estudios realizados sobre los peces, se realizaron pruebas en los acueductos abastecidos por el río, pero los resultados no mostraron la presencia del compuesto en cantidades cuantificables.

Debido a la alta actividad minera que se maneja en el país, y al poco control que existe sobre esta, se recomienda tomar el valor guía provisional recomendado por la OMS, el cual contempla los efectos que sobre la salud pueden tener exposiciones agudas y a largo plazo del compuesto.

## MERCURIO

Es un compuesto ampliamente usado en aparatos eléctricos, termómetros, amalgamas, etc. Es además un compuesto altamente tóxico relacionado en varias oportunidades a intoxicaciones de poblaciones pequeñas en especial por el consumo de comida o agua contaminada, es el caso de la contaminación por mercurio en la Bahía de Minamoto – Japón, en el que se reportaron 111 casos de envenenamiento por el compuesto y se produjo la muerte de otras 45 personas.

Su forma más tóxica es en compuestos orgánicos, siendo de especial atención el metil-mercurio debido a su fácil disolución en la grasa corporal, su capacidad de

transferencia sangre-cerebro y madre-feto a través de la placenta, y a su potencial mutágeno y teratógeno<sup>13</sup>. Sin embargo su presencia de forma orgánica en el agua es poco probable.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.001 mg/L
EPA	0.002 mg/L
FRANCIA	0.001 mg/L
COLOMBIA	0.002 mg/L

A través de tratamientos comunes como la coagulación como parte del proceso de tratamiento se debe poder alcanzar una concentración de 0.0001 mg/L, por lo que el valor establecido para Colombia es un valor factible de alcanzar.

El valor establecido para Colombia, junto con el establecido por la EPA, es el menos estricto de los valores aquí registrados; sin embargo, se recomienda que este valor sea mantenido puesto que los valores recomendados por la OMS están basados en la dosis tolerable semanal de metil-mercurio establecida por la JECFA (Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization), compuesto cuya presencia en el agua potable es poco probable<sup>14</sup>.

Se recomienda sin embargo fortalecer la regulación actual del compuesto, no respecto a la concentración de este, sino sobre la regularidad de los análisis realizados para su determinación, pues dentro de los actuales estándares mínimos requeridos, este no se encuentra presente. Esta recomendación se basa en las conclusiones obtenidas en estudios realizados recientemente por el Instituto

<sup>13</sup> CENTRE FOR ECOLOGICAL SCIENCE, Indian Institute of Science, Energy & Wetlands Research, <http://144.16.93.203/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol333.htm>

<sup>14</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Chemicals Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2)

Nacional de Salud donde se encontró la presencia del compuesto en 332 municipios del país<sup>15</sup>.

#### 4.1.3.2 Químicos Orgánicos

##### TETACLORURO DE CARBONO

Antes del Protocolo de Montreal en que se regularon las sustancias destructoras de la capa de ozono, era un químico muy utilizado en la producción de líquidos refrigerantes y propulsor de aerosoles. Se utiliza también como plaguicida, como agente para limpiar, desengrasar y en extinguidores.

Debido a sus efectos perjudiciales sobre la salud su uso está muy restringido en la mayoría de los países. Su presencia en la tierra es en su mayoría en la atmósfera, pero es factible encontrarlo también en efluentes industriales, por lo que se puede detectar su presencia en aguas generalmente subterráneas donde puede residir durante semanas y hasta años.

La principal fuente de exposición del compuesto con el hombre es a través del aire, pero trazas han sido encontradas en el agua y en ciertos alimentos.

##### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.004 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

<sup>15</sup> NOTICyT, Alta Contaminación de Mercurio en el Norte del País, <http://anm.encolombia.com/noticyt28-1.htm>

En el cuerpo, el principal daño asociado al consumo de dicho compuesto es en el hígado y riñones, también puede ocasionar daños neurológicos y está dentro del GRUPO 2B de la IARC, es decir catalogado como posiblemente cancerígeno.

Dado que el uso del compuesto es actualmente muy regulado y la presencia registrada de este en el país indica que las cantidades del compuesto no son de importancia pública en cuanto a su potencial de contaminación de aguas, la regulación del compuesto no es actualmente necesaria.

## DICLOROMETANO

Es un solvente muy utilizado en la industria

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Si bien no se encuentra estandarizado, está catalogado como de interés sanitario por el decreto 1594 de 1984. Su presencia en el país se debe en gran parte a su utilización en la industria de pinturas.

Sus efectos sobre la salud cuando es consumido en corto plazo son daños al sistema nervioso y a la sangre; a largo plazo los efectos más notorios sobre el organismo son daños hepáticos. El compuesto está catalogado dentro del grupo 2B de la IARC.

Su ocurrencia en el agua es poco común, especialmente porque el compuesto tiende a evaporarse en cuestión de meses una vez ingresa al agua. Es un compuesto muy volátil, por lo que su regulación en el país en relación al agua potable no es actualmente prioritaria.

### 1,1 - DICLOROETANO

Es un químico utilizado como intermediario en la fabricación de otros químicos y como solvente también.

El compuesto es rápidamente metabolizado por los mamíferos y es convertido en ácido acético y en otros compuestos similares. Es poca la información que se tiene acerca de este y de sus efectos sobre la salud, por lo que la OMS y la EPA no han regulado el compuesto. Mediante el decreto 1594 de 1984 Colombia incluyó el compuesto como de interés sanitario, pero tampoco está actualmente regulado como estándar de calidad de agua.

Su regulación en el país no puede ser aún determinada debido a la poca información que se tiene sobre sus efectos sobre la salud, por lo que se recomienda mantenerlo dentro de un listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### 1,2 DICLOROETANO

Es un compuesto usado principalmente como compuesto intermediario en la producción del cloruro de vinilo y otros químicos. Por lo general su presencia en el agua se debe a la presencia de efluentes de industrias que producen el químico o lo utilizan en sus procesos.



## Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.004 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	0.003 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

La IARC clasifica el compuesto dentro del GRUPO 2B. En Colombia se encuentra catalogado como de interés sanitario a través del decreto 1594 de 1984, pero no se encuentra regulado por el decreto 475 de 1998.

La población más vulnerable al compuesto son los trabajadores de industrias que utilizan el compuesto en alguno de sus procesos, pero también es posible tener contacto con este a través del agua o el aire.

Dado que en Colombia como en otros países de Latinoamérica, la producción de este compuesto y otros similares ha aumentado considerablemente, la regulación como estándar de calidad del agua del compuesto se hace ahora necesaria. Se recomienda por lo tanto tomar como estándar de calidad el valor recomendado por la OMS, el cual se basa en los efectos que sobre la salud puede tener el compuesto.

### 1,1,1 – TRICLOROETANO

Es un solvente muy usado en equipos eléctricos, también usado en adhesivos y revestimientos, en tintes para textiles, como refrigerante y lubricante. Por lo general el compuesto se encuentra en la atmósfera, pues se evapora fácilmente, pero puede encontrarse en ciertas aguas subterráneas también. Entre los efectos que puede causar en la salud en consumos a corto y largo plazo se encuentran

daños al hígado, al sistema nervioso y al sistema circulatorio. La IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 3.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.2 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

La OMS recomienda la presencia del compuesto en una concentración máxima de 2 mg/L basado en estudios sobre los efectos en la salud de ratones sometidos a estudios con dicho compuesto, pero dado que la ocurrencia del compuesto en el agua es de valores mucho menores este valor es solo una recomendación y no un valor guía provisional. Además, el valor recomendado está basado en la exposición por inhalación al compuesto y no por vía oral.

La EPA por el contrario tiene un valor de aceptabilidad del compuesto mucho menor que sí se encuentra regulado, en parte porque esta cree que dada la tecnología y los recursos para el tratamiento de aguas, este valor puede ser fácilmente alcanzado. Entre los tratamientos aceptados por la EPA para su remoción se encuentran los tratamientos de carbón activado en combinación con las torres empacadas, ambos tratamientos poco usados debido a su alto costo en el país.

En Colombia el compuesto se encuentra regulado por el decreto 1594 de 1984, donde se encuentra catalogado como de interés sanitario, pero no se encuentra regulado como un estándar de calidad del agua potable. La regulación del compuesto es además actualmente innecesaria, basando dicha información en los estudios realizados sobre el compuesto, en los que su presencia en el agua se

encuentra a concentraciones muy inferiores a aquellas a partir de las cuales pueden producirse efectos sobre la salud<sup>16</sup>.

### 1,1 DICLOROETILENO

Es un químico utilizado en la fabricación de adhesivos, fibras sintéticas, refrigerantes, resinas y enlatados. Es además un contaminante ocasional del agua y por lo general se encuentra en esta junto con otros hidrocarburos aromáticos clorados.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.03 mg/L
EPA	0.007 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Como en la mayoría de químicos contaminantes, el principal efecto a corto y largo plazo son daños en el hígado y los riñones. La IARC lo tiene catalogado dentro del GRUPO 3 dado que no se tiene suficiente información acerca de su potencial cancerígeno en humanos, aunque este sí se presente en ratones cuando son sometidos a estudios con dicho compuesto.

En el año de 1984 en la primera edición de las guías provisionales de estándares de agua de consumo de la OMS el valor de concentración propuesto para el compuesto fue de 0.0003 mg/L, pero dicho valor fue cambiado en 1993 por un valor menos estricto dado un cambio en la estimación de la incertidumbre dentro de la estimación del máximo consumo diario (TDI).

---

<sup>16</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Chemicals Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2)

En Colombia el compuesto se encuentra regulado como de interés sanitario, pero dado que su presencia es por lo general junto con otros hidrocarburos aromáticos clorados, su regulación debe ser sometida a un estudio más profundo que permita presumir la presencia de este tipo de compuestos mediante la regulación de uno solo de ellos. Se recomienda mantenerlo dentro de un listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### 1,2 – DICLOROETILENO

Es un compuesto ampliamente utilizado en la industria del plástico, goma y textiles sintéticos. También es utilizado como solvente en resinas y grasas, en fotografía, cosméticos, drogas y en la fumigación de ciertos cultivos.

Su presencia en el agua indica por lo general la presencia de otros químicos organoclorados mucho más tóxicos como el cloruro de vinilo, por lo que su presencia debe ser motivo de análisis más exhaustivos para determinar la presencia de cualquier otro contaminante.

Del compuesto existen dos isómeros, cis1,2 tricloroetileno y trans1,2 tricloroetileno siendo el primero el más rápido de metabolizar y por lo tanto el más dañino.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.05 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dentro de los efectos que produce a corto plazo se encuentran desordenes del sistema nervioso, y efectos adversos en pulmones, riñones, hígado y problemas gastrointestinales. A largo plazo se cree que puede producir cáncer pero aún no ha sido comprobado.

Su regulación en el país no puede ser aún determinada debido a la poca información que se tiene sobre sus efectos sobre la salud y su presencia en el país, por lo que se recomienda mantenerlo dentro de un listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### TRICLOROETILENO

Es un compuesto usado como solvente para remover grasas de partes metálicas, como ingrediente en adhesivos, líquidos para remover pinturas, en el lavado en seco, etc

Se cree que es más fácil estar en contacto con el compuesto a través del aire que de la comida o el agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.07 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	0.01mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Esta catalogado dentro del GRUPO 3 de la IARC, porque si bien es capaz de producir tumores en los pulmones e hígado de cierto tipo de ratones, no se ha establecido con seguridad su efecto cancerígeno sobre el hombre.

Dado el amplio uso que tiene este compuesto como disolvente industrial, es uno de los compuestos orgánicos volátiles sobre el cual hay referenciados mayores casos de contaminación de aguas subterráneas (SANZ)<sup>17</sup>, razón por la cual se considera aconsejable regular este compuesto como estándar de calidad en el país.

Es aconsejable además, que dadas las condiciones de escasos recursos del país, esta regulación se haga en base a un criterio de salud y no de eficiencia en el tratamiento del agua, por lo que se recomienda emplear el valor guía provisional recomendado por la OMS para la regulación del compuesto, el cual se basa en los efectos que este pueda tener sobre la salud, es decir una concentración máxima de 0.07 mg/L en el agua potable.

#### TETRACLOROETILENO

Es un solvente muy usado en la industria del lavado en seco. En condiciones anaeróbicas el compuesto puede degradarse en compuestos aún más tóxicos como el cloruro de vinilo.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.04 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	0.01mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

El compuesto está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2A, es decir posiblemente cancerígeno. En consumos a altas concentraciones, puede causar

---

<sup>17</sup> SANZ JOAN, Eliminación de disolventes mediante stripping, Febrero 2001, <http://www.asecorp-online.com/ficheros/demo/coltec/stripping.pdf> (JUNIO 2004)

daños del sistema nerviosos mientras que en concentraciones más moderadas es capaz de causar daños en el hígado y riñones.

La EPA considera que no debe haber presencia del compuesto en el agua de consumo, pero que dadas las capacidades en recursos y tecnología de sus plantas de tratamiento el estándar de calidad es de una concentración máxima de 0.005 mg/L.

El valor guía provisional de la OMS por su parte se establece en base a un criterio de salud y no de eficiencia del tratamiento del agua. En Colombia, y al igual como ocurre con el tricloroetileno, el compuesto no se encuentra actualmente regulado, pero al igual que este último es uno de los compuestos sobre los que mayor referencia existe de casos de contaminación en acuíferos. Se recomienda entonces usar el valor guía provisional para efectos de su regulación.

## BENCENO

Es usado principalmente en la producción de otros químicos orgánicos y su presencia en el ambiente se debe principalmente a las emisiones vehiculares, pues está presente en el petróleo y varios de sus derivados.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	0.001mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Es un compuesto altamente tóxico, se encuentra catalogado por la IARC dentro del GRUPO 1 de compuestos, es decir es cancerígeno. Cuando su exposición ha

sido a altas concentraciones, afecta el sistema nervioso, mientras que a bajas concentraciones pero a largo plazo, produce daños en la sangre y hasta leucemia.

Dado que el compuesto se encuentra catalogado por la IARC dentro del GRUPO 1, y los estudios revelan que las dosis a las cuales se producen efectos adversos sobre la salud son relativamente bajas, se concluye que el compuesto debe estar regulado en el país. El valor recomendado para ello, es el mismo recomendado por la OMS, es decir un valor de 10 µg/L.

## TOLUENO

Es un compuesto usado en la producción del petróleo y como solvente y materia prima de otros compuestos químicos. La principal forma de exposición con el hombre, es a través del aire, sobretodo en aquellos lugares donde las emisiones vehiculares son altas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.7 mg/L
EPA	1 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Es un compuesto completamente absorbido por el tracto gastrointestinal y rápidamente distribuido a través del cuerpo, sobretodo en los tejidos adiposos. Hasta ahora no se ha relacionado este compuesto con el cáncer de ningún tipo en el hombre. Sus efectos sobre la salud se limitan a provocar desordenes como fatiga, debilidad y nausea con una severidad proporcional al periodo de exposición al contaminante.



Como se analiza más adelante, es un compuesto fácilmente detectado por el hombre, por lo que su regulación propuesta se encuentra sujeta a un criterio de aceptabilidad y no de efectos sobre la salud o de eficiencia de los procesos de tratamiento.

## XILENO

Es un solvente similar al benceno pero mucho más seguro y por lo tanto preferido en la industria. También es usado en la industria del plástico, en fibras textiles y en el petróleo. Su principal forma de contacto con el hombre es a través del aire.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.5 mg/L
EPA	10 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Es poca la información que se tiene acerca de sus efectos sobre la salud cuando es tomado de forma directa a través del agua o de la comida, tampoco se ha podido establecer con seguridad si es cancerígeno o no para el hombre.

El valor de la OMS es el menos estricto, y como en la mayoría de los casos este obedece un criterio de salud; sin embargo, su uso como estándar de calidad es más estricto en lo que respecta a la aceptabilidad por parte del público.

Dada la poca información que se tiene acerca de los efectos que el compuesto tiene sobre la salud, en el presente estudio no se propone una regulación de este para el país.

## ETILBENCENO

Es un químico muy común en la industria del petróleo y en el uso de sus derivados. Dadas sus características físicas y químicas es más usual encontrarlo en el aire que en el agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.3 mg/L
EPA	0.7 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

En los estudios que se han realizado acerca de su efecto sobre la salud humana aún no ha habido razones para creer que el compuesto sea cancerígeno, los únicos efectos que se han reportado han sido daños en el hígado, en los riñones, en el sistema central y en los ojos cuando su consumo es a largo plazo.

Aunque en varios estudios realizados por la OMS el compuesto ha sido encontrado en el agua potable, las concentraciones a las que se encontró fueron relativamente bajas en comparación con la propuesta por ellos mismos como estándar de calidad. Con base en esto, no se recomienda establecer una concentración como estándar de calidad de agua para el país.

## ESTIRENO

Es un compuesto usado principalmente en la producción de plásticos y resinas. Es además un compuesto fácilmente absorbido por el cuerpo, especialmente por los tejidos adiposos donde se deposita. Está además catalogado por la IARC como probablemente cancerígeno, es decir dentro del GRUPO 2B. Entre los efectos que

puede causar cuando su consumo es a corto plazo se encuentran daños al sistema nervioso central, pérdida de concentración, fatiga y náusea; a largo plazo los efectos pueden causar daños graves en el hígado.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	0.1 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dada la poca información que se tiene acerca de la contaminación a causa de este compuesto en el país, no es aconsejable realizar aún ningún tipo de regulación sobre el compuesto como estándar de calidad. Se recomienda sin embargo incluirlo dentro del listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

#### MONOCLOROBENCENO

Su presencia en el medio ambiente está relacionada principalmente al uso de pesticidas, aunque es también usado como solvente en otras aplicaciones industriales. Su presencia en el medio ambiente y principal contacto con el hombre es a través del aire.

En altas dosis puede causar daños en el hígado, y los riñones. En los estudios realizados acerca de sus efectos sobre la salud no se encontraron resultados que indicaran que el compuesto es cancerígeno.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.003 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dado que la concentración mínima, propuesta por la OMS, a la que es aceptado el compuesto obedece un criterio de aceptabilidad y es menor a la aquí propuesta, la regulación del compuesto se hará con base en dicho criterio más adelante.

### DICLOROBENCENOS

Son compuestos muy usados en la industria y en productos domésticos. Su contacto con el hombre es principalmente a través del aire y la comida

Valores admitidos para el 1,2 Diclorobenceno

OMS (Valor guía provisional)	1 mg/L
EPA	0.6 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Valores admitidos para el 1,4 Diclorobenceno

OMS (Valor guía provisional)	1 mg/L
EPA	0.3 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

El 1,2 diclorobenceno es un compuesto que a altas dosis puede afectar los riñones y el hígado principalmente. Los estudios realizados sobre este compuesto no presentan evidencia alguna de que el compuesto sea cancerígeno

El 1,3 diclorobenceno es un compuesto sobre el cual la OMS no encontró evidencia alguna para proponer un valor guía provisional basado en sus efectos sobre la salud. De hecho ni la EPA, ni la comunidad europea lo tienen regulado tampoco como un estándar de calidad de agua.

El 1,4 diclorobenceno está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, es decir es probable que el compuesto sea cancerígeno por lo que su presencia en el agua debe ser menor a la de los compuestos similares a este.

Dado que las concentraciones a las cuales los diclorobencenos son detectados en el agua son mucho menores que las aquí registradas, será bajo este criterio en que se recomendará su regulación en el presente estudio en el capítulo que hace referencia a los aspectos organolépticos y físicos .

### TRICLOROBENCENOS

Son usados en la industria como solventes y en la fabricación de otros químicos también. Su contacto con el hombre es principalmente a través de la comida y el aire, y en menor medida a través del agua.

Los tres isómeros de este compuesto presentan efectos tóxicos similares, especialmente en el hígado donde pueden causar daños severos. Sin embargo, en los resultados de los estudios realizados sobre estos compuestos, no parece haber indicios de que ninguno de los tres sea cancerígeno.

## Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.07 mg/L para el 1,2,4 triclorobenceno
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Para la OMS, la concentración mínima a la que el compuesto puede ser percibido en el agua por el hombre y por ende bajo la cual la aceptabilidad de esta es objetada, es mucho menor a aquella bajo la cual el compuesto representa un riesgo para la salud. El valor que recomienda actualmente la OMS, basado en los estudios realizados sobre otros animales, es de 0.02 mg/L.

Basado en ello, no se considera necesario regular el compuesto como un estándar de calidad fundamentado en un criterio de efectos sobre la salud, sino basado en la aceptabilidad del agua, que puede verse afectada con la presencia del compuesto a concentraciones muy pequeñas, la cual se analizará más adelante en el capítulo de Aspectos Organolépticos y Físicos.

### DI(2-ETILHEXIL)ADIPATO

Es un compuesto usado principalmente como plastificante en la fabricación de resinas sintéticas. Debido a su uso en la fabricación del PVC, la comida es la principal fuente del contaminante en el cuerpo.

La IARC lo tiene catalogado dentro del GRUPO 3 es decir no parece ser cancerígeno al hombre, pero en altas concentraciones es capaz de causar daños en el hígado, pérdida de peso y posiblemente problemas en el sistema reproductivo. Se cree igualmente que el compuesto puede ser un disruptor del sistema endocrino.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.4 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Para la OMS la concentración a la cual el compuesto puede ocasionar efectos adversos sobre la salud es de 0.08 mg/L. Sin embargo la presencia en el agua del compuesto es a concentraciones mucho menores por lo que no se considera necesario regularlo como un estándar de calidad<sup>18</sup>. Igualmente este criterio será tomado dentro de este estudio para no recomendarlo dentro de la regulación aquí propuesta.

### DI(2-ETILHEXIL)FTALATO

Es un compuesto usado como plastificante principalmente en el PVC, pero puede también encontrarse en insecticidas, cosméticos y hasta en la aspirina. Por lo general su principal fuente de exposición es a través de la comida, pero puede estar también presente en el agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.008 mg/L
EPA	0.006 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

---

<sup>18</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Chemicals Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap87.htm#8.7.2)

El compuesto está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, es decir posiblemente cancerígeno al hombre. Los efectos sobre la salud debido a su consumo a corto plazo o largo plazo no han sido todavía establecidos con claridad, pero a igual que el di(2-etilhexil)adipato se cree que el compuesto es un disruptor del sistema endocrino.

Debido a la alta toxicidad del compuesto, y a la acostumbrada utilización del PVC en los sistemas de distribución de agua potable en el país, es preciso incluir al compuesto dentro de la regulación de estándares de calidad de agua aquí propuestos. Para ello se tomará entonces el valor recomendado por la OMS basado en los estudios realizados sobre los efectos que el compuesto tiene sobre la salud, es decir a un valor de 0.008 mg/L.

#### HEXAFLOROBTADIENO

Su principal uso es en la fabricación de materiales de caucho, aunque también es usado en la fabricación de lubricantes, y como solvente entre otros usos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0006 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

La IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 3 es decir aun no se ha establecido su potencial cancerígeno en los humanos.



Debido a que su presencia en el agua ocurre a concentraciones por debajo de 0.5  $\mu\text{g/L}$ , no parece ser necesario establecer una regulación para la presencia de este compuesto.

### ACIDO EDETICO

Es usado en medicinas, en comidas como aditivo y en productos de aseo personal. Su exposición a través del agua es mucho menor que su exposición a través de otros medios.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.6 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dada la poca información que se tiene acerca del compuesto en el país, no se considera aún necesario recomendarlo en la regulación de agua potable.

### ACIDO NITRILOTRIACETICO

Es usado por lo general el detergentes, como reemplazo de los fosfatos antiguamente utilizados en estos. Está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, es decir potencialmente cancerígeno, pero sus efectos sobre la salud carecen de estudios.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.2 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a la poca información que se tiene del compuesto y de su presencia en el país, no se considera actualmente necesario implementarlo como dentro de la regulación del agua potable.

#### 1,4 DIOXANO

Es utilizado como solvente para resinas, aceites, y otros compuestos; también es usado en el procesamiento de textiles, procesos de impresión, preparación de detergentes, cosméticos, en productos farmacéuticos, etc.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.05 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Está clasificado por la IARC dentro del grupo 2B, es decir potencialmente cancerígeno a humanos, pero aún el conocimiento acerca de sus efectos sobre la salud es limitado. Debido a esto y a la poca información acerca de su presencia en los sistemas de agua en el país no se considera necesario aún catalogarlo dentro la regulación actual, sino que se recomienda incluirlo dentro del listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### PENTACLOROFENOL (PCP)

Es usado principalmente en la protección de la madera para evitar el crecimiento de hongos en esta. Su mayor fuente de exposición al hombre es a través de la comida.

Está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, es decir potencialmente cancerígeno

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.009 mg/L
EPA	0.001 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

En el país la importación del producto está prohibida desde 1993, mediante la Resolución N° 10255 del 9 de diciembre de 1993, en la cual aparte de este compuesto otros compuestos similares son regulados.

Partiendo del supuesto de que la vigilancia y control sobre la regulación del compuesto es eficaz en el país, no se considera necesario regular al compuesto como un estándar de calidad.

#### 4.1.4 Químicos De Origen Agrícola

#### 4.1.4.1 No Pesticidas

##### AMONÍACO ( $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ )

Puede ocurrir naturalmente y también como resultado de procesos industriales o de la agricultura. Es también un producto común de la desinfección con cloraminas. Por lo general sus niveles de concentración en el agua están por debajo de 0.2 mg/L y en condiciones anaeróbicas este pueden alcanzar hasta 3 mg/L.

Su presencia en altas concentraciones puede ser un indicador importante de la presencia de bacterias, agua residual o cualquier otro tipo de contaminación.

Es también un componente importante del metabolismo de los mamíferos, y sus efectos toxicológicos se dan a exposiciones por encima de 200 mg/Kg (de masa del cuerpo), sin embargo su presencia en el agua potable puede resultar en graves efectos sobre los sistemas de tratamiento especialmente en los filtros para la remoción del manganeso causando por ende problemas de olor y sabor.

##### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dado que la presencia del compuesto es a niveles muy por debajo de los cuales puede ocasionar efectos adversos sobre la salud, el compuesto no será propuesto como un estándar de calidad de agua, será sin embargo analizado en el capítulo de aceptabilidad debido a sus efectos en los sistemas de tratamiento.

## NITRATOS Y NITRITOS

Son iones de origen natural en el ambiente. Los nitratos son usados por lo general como fertilizantes inorgánicos, y el nitrito de sodio es usado como preservante de la comida, especialmente en alimentos curados. Generalmente la presencia de nitratos en el agua a altas concentraciones es el resultado de contaminación del agua a través de la escorrentía de cultivos o de la acción humana, como resultado de la oxidación del amoníaco y de fuentes similares. Además en condiciones anaeróbicas la formación de nitritos es aun mayor por lo que la presencia de estos en aguas subterráneas es superior.

### Valores admitidos para el nitrato

OMS (Valor guía provisional)	50 mg/L
EPA	10 mg/L
FRANCIA	50 mg/L
COLOMBIA	10 mg/L

### Valores admitidos para el nitrito

OMS (Valor guía provisional)	3 mg/L
EPA	1 mg/L
FRANCIA	0.1 – 0.5 mg/L
COLOMBIA	0.1 mg/L

Su principal efecto sobre la salud es la formación de metahemoglobina, enfermedad en la que los nitratos dentro del agua son convertidos en nitritos dentro del cuerpo haciendo que estos cambien la hemoglobina en el cuerpo por metahemoglobina, incapaz de transportar oxígeno como la hemoglobina. Por lo

general esta enfermedad es más común en recién nacidos que en niños y adultos y se conoce como “ enfermedad del niño azul”.

En el país, la regulación de estos compuestos es una de las más estrictas, sin embargo para el caso de los nitritos, el consolidado anual de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos por municipio, departamento e índices de riesgo, publicado por el Sistema de Información para Vigilancia de Calidad de Agua Potable – SIVICAP, muestra que durante el año 2001 – 2003 casi el 100% de las muestras analizadas cumplieron con la regulación de este compuesto, y que el 100% del agua analizada era apta según este criterio, por lo que no hay razón para variar este estándar de calidad.

En el caso de los nitratos, debido a la falta de vigilancia y control sobre los efluentes industriales y agrícolas en nuestro país, principales fuentes de estos contaminantes, es preferible seguir con el valor estándar actual y no modificarlo para hacerlo menos estricto, pues de esta forma se logra mantener un margen de seguridad mayor sobre el compuesto.

#### **4.1.4.2 Pesticidas Usados En Agricultura**

En Colombia, la regulación de la presencia de pesticidas en el agua se hace con base en su categoría toxicológica mediante el decreto 475 de 1998; lastimosamente, este no es claro en especificar la concentración mínima a la que cada uno de los compuestos puede encontrarse en el agua. Como el fin del presente estudio es proponer una regulación fácil de implementar, se especificará el estándar de calidad actual basándose en la categoría toxicológica en la que se

encuentra cada uno de los compuestos según la OMS<sup>19</sup>, y será sobre dicho valor en que se analizará la implementación de un nuevo estándar.

Por otro lado la regulación en Francia, y en general en la Comunidad Europea, de estos compuestos es similar a la utilizada actualmente por el país, donde se regula la presencia de pesticidas en general, careciendo de un estándar de calidad explícito de muchos de estos compuestos. Por tal motivo, el análisis de la mayoría de estos compuestos no se hará en base a una comparación con la regulación de estos países sino que solo tendrá en cuenta la estandarización de ellos por parte de la OMS y la EPA.

#### ALACHLOR

Es un herbicida usado en el control de hierbas, en cultivos de maíz y otros más. Por lo general se pierde del suelo ya sea por su volatilización, su biodegradación o fotodegradación.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	1 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.01 mg/L

En estudios realizados en ratas se ha podido detectar que el compuesto puede causar tumores benignos y malignos. En contacto con el hombre puede causar problemas en ojos, riñones o bazo, igualmente puede causar problemas de anemia.

---

<sup>19</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, [http://www.who.int/pcs/docs/Classif\\_Pestic\\_2000-02.pdf](http://www.who.int/pcs/docs/Classif_Pestic_2000-02.pdf)

Dado que no se encuentra motivo alguno para modificar su regulación, se recomienda mantener el estándar de calidad actual para el compuesto.

### ALDICARB

Es un pesticida sistémico usado en el control de nematodos en suelos y de insectos y otros ácaros en ciertos cultivos. Es un compuesto muy soluble en agua, su degradación puede durar desde semanas hasta meses.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	1 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

Es uno de los pesticidas utilizados más tóxicos que hay, pero en los estudios realizados no se comprobado con certeza su potencial cancerígeno, de hecho la IARC lo tiene catalogado dentro del GRUPO 3.

El compuesto está catalogado como uno de los compuestos dentro de la “Docena Sucia”, compuestos que han sido seleccionados a partir de una clara evidencia científica, como blanco de acción internacional inmediata para limitar o eliminar su descarga al medio ambiente y proteger al hombre de su exposición.

Aunque el uso de este pesticida ha sido prohibido en muchos países, en Colombia el uso del compuesto es aún libre, por lo que se considera necesario establecerlo dentro de un sistema de regulación. Debido también a su alta toxicidad, se mantendrá el estándar de calidad actual en la regulación aquí propuesta.



## ALDRIN Y DIELDRIN

Son pesticidas usados en la protección de la madera, y contra ciertas plagas del suelo. Ambos compuestos están además muy relacionados respecto a su toxicología y modo de acción. De hecho, el Aldrin es rápidamente convertido en Dieldrin bajo ciertas condiciones ambientales y dentro del cuerpo también. En el caso específico del Dieldrin este es un compuesto usado contra insectos de cierta importancia para la salud pública, es un compuesto organoclorado muy persistente y de poca movilidad en el suelo. Ocasionalmente puede ser encontrado en el agua, sin embargo su contacto es cada vez más reducido ya que su uso ha sido restringido o prohibido en varios países, de hecho hace parte de la “Docena Sucia”.

Valores admitidos (ambos combinados)

OMS (Valor guía provisional)	0.00003 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	0.00003 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Ambos pesticidas han demostrado ser altamente tóxicos en estudios realizados con animales; además, se han registrado varios casos de envenenamiento en humanos. El blanco del pesticida es el sistema nervioso central y el hígado. En estudios realizados sobre el efecto a largo plazo en ratones, el dieldrin, ha mostrado producir tumores en el hígado, sin embargo en ratas no produjo tumores ni pareció ser genotóxico, de hecho la IARC lo tiene clasificado dentro del GRUPO 3.

En el país el uso de ambos compuestos está prohibido desde 1987<sup>20</sup>, y de hecho ya son considerados como obsoletos en la clasificación de pesticidas de la OMS. Dadas estas circunstancias no se considera necesario regular el compuesto como un estándar de calidad de agua.

## ATRAZINA

Es un herbicida selectivo que puede ser usado antes y después del crecimiento indeseado de hierbas. Ha sido encontrado en aguas subterráneas y superficiales como resultado de su alta movilidad en el suelo. Es además un pesticida muy estable por lo que su vida media es de meses, pero puede ser degradado a partir de fotólisis y degradación microbiológica.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.002 mg/L
EPA	0.003 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.01 mg/L

Estudios realizados con el compuesto no parecen indicar que este sea genotóxico, aunque algunos estudios han mostrado su relación directa con la presencia de tumores mamarios en ratas. La IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 2B

El compuesto está catalogado por la OMS como un plaguicida de baja toxicidad aguda cuando es usado en condiciones normales. En Colombia su uso está actualmente permitido, por lo que es necesario implementar un estándar de

---

<sup>20</sup> Resolución 366 de 1987 y 531, 540, 723, 724 y 874 de 1988 del ICA

calidad para el compuesto basado en sus efectos sobre la salud. El valor recomendado es de 0.002 mg/L en base al estándar propuesto por la OMS.

## BENTAZONE

Es un herbicida usado en gran variedad de cultivos. Es además, un pesticida de movilidad muy alta en suelos y de persistencia moderada. Se ha reportado su presencia en aguas subterráneas y superficiales, y hasta en agua potable en concentraciones de microgramos por litro o menos.

El compuesto no parece ser carcinógeno ni genotóxico, de hecho está catalogado por la OMS como ligeramente tóxico.

El valor de concentración propuesto por la OMS basado en sus efectos sobre la salud es de 0.3 mg/L, pero dado que es poco usual su presencia en el agua potable, y si sucede, esta es en concentraciones mucho menores, el compuesto no es propuesto como un estándar de calidad.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Dada su difícil presencia en el agua, no se considera necesario regular este compuesto como un estándar de calidad de agua en Colombia.

## CARBOFURAN

Es ampliamente usado en el mundo en muchos tipos de cultivos. Por lo general, los residuos del compuesto son muy pocos o difícilmente detectables.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.007 mg/L
EPA	0.04 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

Sus efectos sobre la salud pueden variar desde trastornos sanguíneos, hasta daños en el sistema nervioso y reproductor. El compuesto no parece ser carcinógeno o genotóxico, sin embargo está catalogado por la OMS como altamente tóxico.

Debido a su clasificación toxicológica, y a su uso en el país<sup>21</sup> se considera necesario regular la presencia del compuesto como un estándar de calidad del agua, basado en sus efectos sobre la salud. El valor establecido por la OMS es de 0.007 mg/L, valor basado en estudios realizados para determinar los efectos sobre la salud de ciertos animales sometidos al compuesto, por lo que se recomienda este mismo valor en la regulación aquí propuesta.

#### CLORDANO

Es un insecticida usado desde 1947, pero dada su alta toxicidad ha sido prohibido en al menos 47 países. Su uso está limitado a la destrucción de termitas a través de su inyección directa en el suelo. Es un pesticida altamente estable y su potencial de bioacumulación en el cuerpo es muy alta.

<sup>21</sup> <http://www.sica.gov.ec/agro/insumos/plgregecc.htm>

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0002 mg/L
EPA	0.002 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

La IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 2B, es decir probablemente cancerígeno y según su toxicidad está clasificado por la OMS como moderadamente tóxico. Sus efectos sobre la salud parecen ser trastornos hepáticos o del sistema nervioso.

En el país su uso está prohibido desde 1987<sup>22</sup> por lo que no se considera necesario regularlo como un estándar de calidad de agua.

### CLOTOLURON

Es un herbicida de poca movilidad en el suelo y altamente estable. Se ha encontrado su presencia en agua potable a concentraciones de 1 µg/L. La exposición del compuesto a través de la comida es baja.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.03 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.01 mg/L

---

<sup>22</sup> Resolución 366 de 1987 y 531, 540, 723, 724 y 874 de 1988 del ICA

Es un compuesto de baja toxicidad en exposiciones a corto o largo plazo, de hecho para la OMS es poco probable que el compuesto sea de riesgo toxicológico si es usado normalmente. Sin embargo, el compuesto ha demostrado causar un incremento en adenomas y carcinomas en riñones de ratones sobre los que se realizaron estudios a altas dosis durante 2 años.

Debido a la poca información que se tiene acerca del uso de este pesticida en Colombia, no se recomienda aún establecer su presencia como un estándar de calidad de agua para el país, pero sí incluirlo dentro del listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

#### CIANAZINA

Es un miembro de la familia de las triazinas, herbicidas ampliamente usados en el mundo entero. Es usado por lo general en el control de maleza y otras hierbas indeseadas. Puede ser degradado fácilmente en el suelo mediante hidrólisis o a través de ciertos microorganismos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0006 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Los estudios realizados en ratas y ratones sometidos al compuesto no arrojan resultados precisos acerca del efecto del compuesto sobre estos. El compuesto se encuentra catalogado por la OMS como moderadamente tóxico.

Debido a la poca información que se tiene sobre el uso del compuesto en el país, no se considera aún necesario establecerlo dentro de la regulación aquí propuesta, pero sí incluirlo dentro del listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

#### 2,4 D (ácido 2,4-diclorofenoxyacetico)

Es conocido comúnmente como 2,4-D, incluso comercialmente sus sales y esteres son conocidos por ese nombre. El ácido como tal es químicamente muy estable, pero los esteres son rápidamente hidrolizados a su ácido. El 2,4 D es rápidamente biodegradado en el medio ambiente, y sus residuos en la comida se encuentran rara vez y en concentraciones de microgramos por kilogramo. Es además, un herbicida usado en el control de maleza, inclusive en medios acuáticos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.03 mg/L
EPA	0.07 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

Este pesticida está catalogado por la OMS como altamente tóxico. Estudios epidemiológicos han mostrado una relación directa entre él y otros compuestos similares, con sarcomas y linfomas no-Hodgkin (dos tipos de cáncer) en humanos. Sin embargo estos estudios son inconsistentes, y los resultados de dichas investigaciones aun arrojan conclusiones no satisfactorias. Con base en dichos estudios la IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 2B, es decir probablemente cancerígeno a humanos.

En Colombia, el compuesto es usado en cultivos ilícitos por sus cultivadores, por lo que se asume que el control que hay sobre este compuesto es poco. En base a ello, se propone regularlo como estándar de calidad, adoptando el valor establecido por la OMS basado en sus efectos sobre la salud, es decir de 0.03 mg/L.

#### 2,4 – DB

Al igual que el 2,4-D, es un herbicida clorofenoxy. Su vida media en el medio ambiente como la de todo sus similares es de días y pocas veces es detectada su presencia en la comida.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.09 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Como todos los herbicidas clorofenoxy, esta clasificado dentro del GRUPO 2B de la IARC, es decir probablemente cancerígeno, por lo que el valor guía provisional de la OMS esta basado en otros efectos tóxicos sobre la salud. El compuesto está clasificado por la OMS como moderadamente tóxico.

Debido a la poca información que se tiene acerca de su uso en el país, no se considera necesario aún, establecerlo dentro de la regulación propuesta en este estudio, pero sí incluirlo en el listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.



### 1,2 – DIBROMO – 3 CLOROPROPANO (DBCP)

Es un fumigante del suelo altamente soluble en el agua. Ha sido detectado en vegetales crecidos en suelos tratados con el compuesto, y en concentraciones muy bajas ha sido detectado en el aire.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0001 mg/L
EPA	0.0002 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	

Estudios realizados han mostrado que el compuesto es altamente tóxico en humanos produciendo daños en el sistema reproductivo. Estudios realizados sobre ratas y ratones muestran además que el compuesto es cancerígeno por vía oral, inhalación o por simple contacto con la piel, sin embargo basado en la poca evidencia que se tiene aun de este compuesto, esta catalogado dentro del GRUPO 2B de la IARC.

La OMS lo tiene catalogado como un pesticida obsoleto, y su uso en el país está prohibido desde 1982 mediante la resolución 243 de dicho año. Debido a ello no se considera necesario adicionar el compuesto a la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

### 1,2 – DIBROMOETANO

Es un fumigante usado en suelos, granos y frutas. También es usado en la limpieza del plomo y como solvente e intermediario en la industria química. Dada la disminución de la gasolina con plomo y del uso de este mismo fumigante su presencia en el medio ambiente se ha hecho cada vez menos común.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.00004 – 0.015 mg/L
EPA	
FRANCIA	
COLOMBIA	

No se ha demostrado aun su potencial cancerígeno en humanos, sin embargo en todos los estudios realizados sobre el compuesto este parece ser cancerígeno. Actualmente se encuentra catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2A.

El valor guía provisional de la OMS no es un número exacto dadas las limitaciones que hay en los estudios realizados sobre el compuesto, de hecho el compuesto no se encuentra aún clasificado según su toxicidad por esta misma organización.

En Colombia; el uso, importación o producción del compuesto están prohibidos desde 1985 por la resolución 1158 de ese mismo año, por lo que no se considera necesario establecerlo dentro de la regulación aquí propuesta.

### 1,2 DICLOROPROPANO

Es un insecticida usado en granos, suelos y otros tipos de cultivos. Es también usado como solvente y como intermediario en la producción de percloroetileno y otros productos clorados. Es un compuesto relativamente resistente a la hidrólisis y pobremente absorbido por el suelo, por lo que puede fácilmente migrar a aguas subterráneas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.04 mg/L
EPA	0.005 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	

Esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 3, es decir no cancerígeno a humanos, sin embargo los estudios realizados sobre el compuesto son escasos y muy limitados, de hecho la EPA asegura que el compuesto es cancerígeno y de hecho su valor de estandarización es mucho más estricto que el propuesto por la OMS.

El compuesto está catalogado por la OMS como obsoleto y por lo tanto no tiene una clasificación según su toxicidad. En Colombia, la información que se tiene acerca de su uso es escasa por lo que no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta.

### 1,3 DICLOROPROPANO

Es un compuesto con muchos usos en la industria, y también como parte de ciertos fumigantes, pero rara vez es encontrado en el agua. Es de toxicidad aguda baja, y no hay indicaciones de que el compuesto sea genotóxico. Igualmente no hay información suficiente acerca de sus efectos sobre la salud por lo que no se ha establecido aun un valor guía provisional por parte de la OMS. La EPA por su parte incluye al compuesto dentro del grupo de compuestos sin regular.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	

Debido a la naturaleza del compuesto, y a la poca información que se tiene acerca de este, la implementación de un estándar de calidad para el compuesto no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### 1,3 DICLOROPROPENO

Es un fumigante del suelo usado en el control de una gran variedad de plagas, particularmente nematodos en suelos arenosos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	

La IARC cataloga al compuesto dentro del GRUPO 2B, basado en estudios realizados sobre ratones y ratas donde el compuesto ha mostrado producir tumores en el estomago, la vejiga, los pulmones y el hígado de dichos animales.

La OMS no lo ha clasificado aún según su toxicidad. En Colombia es muy usado en los cultivos de papas, y de banano. Debido a esto se propone su regulación basada en sus efectos sobre la salud, es decir un estándar de calidad de 0.02 mg/L igual al propuesto por la OMS.

### DICLORPROP

Hace parte de los herbicidas clorofenoxy.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.1 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.01 mg/L

Esta catalogado dentro del GRUPO 2B de la IARC como todos los de su tipo. La OMS por su lado lo clasifica según su toxicidad como de baja toxicidad, por lo que aplica una regulación para el compuesto en el país. Sin embargo debido a la poca información que se tiene sobre su uso en el país no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### DIMETOATO

Es un insecticida organofosforado usado en el control de una gran variedad de insectos en agricultura y en el control de moscas. Su vida media varia entre 18 horas y 8 semanas, y es poco probable que persista en el agua, aunque es relativamente estable a un pH de 2-7.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.006 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Es un compuesto no cancerígeno a roedores, y si bien estudios realizados *in vitro* indican que el compuesto tiene cierto potencial mutagénico este parece no

desarrollarse *in vivo*. Sin embargo los estudios realizados sobre los roedores parecen indicar que este puede producir ciertos efectos negativos sobre el sistema reproductivo.

El compuesto está clasificado según su toxicidad como moderadamente tóxico, por lo que aplica una regulación en el país, además de ello es uno de los plaguicidas más empleados, y su presencia ha sido comprobada en varios cultivos<sup>23</sup>. Con base en esto se propone su reglamentación como un estándar de calidad, basado en sus efectos sobre la salud, es decir un valor de 0.006 mg/L, similar al que tiene actualmente.

## DIQUAT

Es herbicida no selectivo, desecativo de cultivos. Por debajo de concentraciones de 1 mg/L puede también ser usado como herbicida acuático para el control de hierbas acuáticas indeseadas. Dada su rápida degradación en el agua y fuerte adsorción en los sedimentos, es muy raro encontrarlo en agua potable.

No parece ser un compuesto cancerígeno o genotóxico, y como su aparición en el agua potable es muy rara, la OMS no ha propuesto un valor guía provisional, sino que recomienda su presencia en concentraciones por debajo de 0.006 mg/L basado en la aparición de cataratas en estudios realizados sobre ratas.

## Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.02 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

<sup>23</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Lineamientos De Política Ambiental para el Subsector de los Plaguicidas en Colombia, 1998

Según su toxicidad el compuesto está clasificado por la OMS como medianamente tóxico, pero debido a la poca información que se tiene sobre su uso en el país, no será recomendado dentro de la regulación aquí propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación..

## ENDOSULFAN

Es un insecticida muy usado en varios países para el control de plagas en frutas, vegetales, té y hasta como pesticida en los hogares, es también usado en cultivos no alimenticios como tabaco y algodón y en el control de la mosca tse-tse, transmisora de la tripanosomiasis o enfermedad del sueño.

La contaminación en el agua a causa de este pesticida es poco frecuente, de hecho su principal fuente de contacto con el hombre es a través de la comida o el cigarrillo.

Estudios realizados sobre el compuesto por la OMS han mostrado que este no es genotóxico y no hay evidencia de su potencial cancerígeno, sin embargo estudios recientes indican que puede ser un perturbador del sistema endocrino.

La OMS recomienda un valor de concentración máximo del compuesto, basado en los efectos sobre la salud, de 0.02 mg/L, pero dado que el compuesto se encuentra por lo general en concentraciones mucho menores, propone que este valor no sea un estándar de calidad.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.02 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

El compuesto está catalogado por la OMS como medianamente tóxico, sin embargo no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta debido a que el uso, importación, producción y formulación del compuesto están restringidos desde 1993 a partir de la resolución 10255 del Ministerio de Salud.

## ENDRIN

Es un insecticida que actúa contra una amplia variedad de plagas en cultivos y también es usado en el control de roedores.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0006 mg/L
EPA	0.002 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	

Los estudios realizados sobre este pesticida son relativamente pocos, por lo que no se ha establecido con seguridad el potencial cancerígeno de este. Lo único que se sabe con seguridad es que su blanco de acción es el sistema nervioso central.

En Colombia, la producción, la importación y comercialización del compuesto está prohibida desde 1984 mediante la Resolución 1849 del ICA. Debido a esta regulación el compuesto no será contemplado dentro de la estandarización aquí propuesta.



## FENITROTION

Es usado principalmente en el control de insectos en las plantaciones de arroz, cereales, frutas, y vegetales. También es usado en áreas forestales y en lugares de almacenamiento de granos y algodón, y en control de plagas urbanas como mosquitos, cucarachas y moscas.

El compuesto es estable en el agua solo en ausencia de actividad microbiológica, y del sol. Su contacto con el hombre parece ser el 95% de las veces a través de la comida. Los estudios realizados parecen indicar que el compuesto no es genotóxico, y no parece ser cancerígeno a los humanos, sin embargo está catalogado por la OMS como medianamente tóxico.

El valor recomendado por la OMS como concentración mínima en el agua, basado en sus efectos sobre la salud, es de 0.008 mg/L, pero dado que su presencia en esta es en concentraciones mucho menores, este valor no es propuesto como un estándar de calidad en el agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Debido a la poca información que se tiene sobre el uso de este compuesto en Colombia, y que se encuentra dentro de los plaguicidas más usados en el país, su regulación no será recomendada.

## FENOPROP

Hace parte de los herbicidas clorofenoxy, por lo que su vida media en el ambiente es del orden de días.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.009 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	

Como todos los herbicidas clorofenoxy está catalogado por la IARC dentro del grupo 2B, es decir probablemente cancerígeno. Sin embargo, aún cuando hace parte de este tipo de plaguicidas, está catalogado por la OMS, según su toxicidad, como obsoleto, razón además por la que no será recomendado en la regulación aquí propuesta.

## GLIFOSATO y AMPA

El glifosato es un herbicida ampliamente usado tanto en agricultura como en el control de maleza acuática y en bosques. En Colombia se ha usado en los proyectos de fumigación del gobierno para combatir los cultivos ilícitos.

Su degradación ocurre en el suelo, en sedimentos acuáticos y agua, convirtiéndose por lo general en ácido aminometilfosfónico (AMPA). Es un compuesto estable en el agua y sin degradación fotoquímica, y dada su poca movilidad en el suelo su potencial de contaminación de aguas subterráneas es muy baja. El glifosato puede sin embargo puede ser un contaminante del agua cuando este ha sido usado cerca de esta.

Tanto el glifosato como el AMPA tienen efectos toxicológicos similares. La OMS propone un valor de concentración basado en sus efectos sobre la salud de 5 mg/L, y dado que este es encontrado, por lo general, en concentraciones mucho menores, este valor no es contemplado como un estándar de calidad; igualmente, para la OMS, estos compuestos parecen no representar un riesgo para la salud.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.7 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	

La EPA, sin embargo, sí tiene el glifosato regulado dado que esta considera que el compuesto puede producir trastornos renales y problemas en la reproducción. De hecho por la misma OMS el compuesto no se encuentra clasificado según su toxicidad.

Aunque son muchas las limitaciones que se tienen sobre la información de este compuesto, debido a su amplio uso en el país contra los cultivos ilícitos, el glifosato se recomendará como uno de los compuestos por regular como estándar de calidad de agua en el país. Para ello se tomará como valor estándar el recomendado por la OMS basado en los efectos que sobre la salud tiene el compuesto.

#### HEPTACLORO y HEPTACLOREPOXIDO

Es un insecticida cuyo uso ha sido restringido en muchos países. Su principal uso es en el control de termitas mediante inyección directa en el suelo. Es además un compuesto muy persistente, sobretodo en el suelo, donde por lo general se

transforma a su epóxido, el cual es de difícil degradación. Su presencia en el agua es del orden de nanogramos por litro, pero su presencia en esta se hace cada vez menos probable debido a sus restricciones.

El heptacloro esta asociado a daños en el hígado y el sistema nervioso central, también esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B. Según su toxicidad el compuesto está catalogado como medianamente tóxico por la OMS.

La OMS recomienda un valor de máximo de concentración en el agua de 0.00003 mg/L, pero dado que el compuesto se encuentra en valores por debajo de estos, esta no considera necesario regularlo como un estándar de calidad de agua.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0.0004 mg/L para el heptacloro, 0.0002 para el heptaclorepoxido
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

La EPA sin embargo considera que el compuesto si debe estar regulado, y de hecho tiene regulaciones para ambos compuestos, aunque menos estrictas que las recomendadas por la OMS.

En Colombia, el compuesto está regulado mediante la resolución 366 de 1987 y 531, 540, 723, 724, 874 del 1988 del ICA, mediante las cuales se prohíbe la venta de cualquier insecticida que lo contenga como ingrediente activo, por lo que no se considera necesario incluirlo dentro de la regulación aquí propuesta.

## HEXACLOROBENCENO

Es un fungicida ya de poco uso en la agricultura, su presencia se debe ahora más a la formación de este como sub-producto de ciertos pesticidas o como una impureza de estos.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.001 mg/L
EPA	0.001 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

Es un pesticida muy persistente capaz de bioacumularse en el cuerpo. Es además altamente tóxico (clasificado así por la OMS), catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B.

En Colombia, el ICA nunca ha registrado para su venta el compuesto, aunque su uso no ha sido aún prohibido. Debido a esto, el compuesto no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

## ISOPROTURON

Es un herbicida selectivo, sistémico usado en el control de malezas en cultivos de cereales. Puede ser fotodegradado, hidrolizado o biodegradado, pero puede persistir en el ambiente por periodos de días hasta semanas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.009 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Es un pesticida de baja toxicidad aguda, y moderada toxicidad en exposiciones a corto y largo plazo. Parece no ser genotóxico, pero puede causar daños en el hígado. El compuesto parece ser un promotor de tumores pero no un compuesto cancerígeno.

Debido a la poca información que se tiene acerca del uso de este compuesto en el país, no será incluido dentro de la regulación propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación..

### LINDANO

Es un insecticida usado en cultivos de vegetales y frutas, y en silvicultura. Varios países han restringido su uso por lo que su presencia ha sido muy disminuida. Puede ser degradado en el suelo y pocas veces es filtrado a aguas subterráneas. En aguas superficiales generalmente es removido a través de la evaporación. Su contacto con el hombre es por lo general a través de la comida.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0003 mg/L
EPA	0.0002 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, y según su toxicidad como medianamente tóxico. En Colombia, el compuesto está regulado mediante la resolución 04166 de 1997 del Ministerio de Salud, en la que se prohíbe la importación, fabricación, formulación, comercialización y uso de los plaguicidas

con base en el compuesto, por lo que no se considera necesario regularlo como un estándar de calidad de agua.

### MALATHION

Es usado como insecticida en cultivos de frutas, vegetales, plantas y arbustos ornamentales, etc. Puede también ser encontrado en productos de uso casero para piojos y otros insectos. Bajo ciertas condiciones ambientales, por ejemplo a un bajo pH y bajo contenido orgánico, puede persistir durante meses y hasta años, pero por lo general su vida media es de apenas 1 o 2 semanas.

Dado que su ocurrencia en el agua es a muy bajas concentraciones, la OMS no propone regular este compuesto, solo recomienda un valor de concentración en el agua por debajo de 0.9 mg/L basado en estudios realizados sobre ratas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Según su toxicidad, el compuesto se encuentra catalogado por la OMS como moderadamente tóxico, por lo que aplicaría su regulación en el país. Sin embargo, dada la naturaleza degradable del compuesto, este no será incluido dentro de la regulación propuesta.

### MCPA

Es un herbicida clorofenoxy catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.002 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Está catalogado por la OMS como moderadamente tóxico, pero dada la poca información que se tiene sobre su uso en el país, no será recomendado como un estándar de calidad en la regulación aquí propuesta, se recomienda sin embargo incluirlo dentro del listado de compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### MECOPROP (MCP)

Es un herbicida clorofenoxy catalogado como todos los de su tipo por la IARC dentro del GRUPO 2B.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Está catalogado por la OMS como moderadamente tóxico, sin embargo debido a la falta de información acerca de su uso en el país, este no será incluido dentro de la regulación propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.



## METOXICLORO

Es un insecticida usado en vegetales, frutas, árboles, etc. Es poco soluble en agua y poco móvil en la mayoría de suelos en los que es usado, por lo que bajo condiciones normales de uso no parece ser de interés sanitario.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	0.04 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Su potencial genotóxico parece ser insignificante, la IARC lo cataloga dentro del GRUPO 3 y su clasificación según su toxicidad no ha sido aún establecida por la OMS. Con base en esto, y la poca información que se tiene sobre su uso en el país, este no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

## METOLACLOR

Es un herbicida selectivo usado en un gran número de cultivos. Es además un compuesto biodegradable en el suelo y de alta volatilización. Puede contaminar aguas subterráneas dada su movilidad en el suelo, pero por lo general se encuentra en aguas superficiales.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

En estudios realizados sobre ratones el compuesto parece no ser cancerígeno o genotóxico, pero si se observaron daños en el hígado y el sistema respiratorio sobre los animales en los cuales se realizaron los estudios. De hecho el compuesto está catalogado por la OMS como moderadamente tóxico.

En el país se registra su uso en cultivos de algodón principalmente, pero no es uno de los principales plaguicidas usados para ello. Sin embargo, se recomienda establecerlo como un estándar de calidad de agua, adoptando el valor establecido por la OMS, basado en los efectos que sobre la salud puede tener el compuesto, es decir un estándar de 0.01 mg/L.

## MOLINATO

Es un herbicida usado en el control de malezas en el arroz. Su persistencia en el medio ambiente es baja, su vida media es de aproximadamente 5 días, sin embargo es poca la información que se tiene acerca de la contaminación del agua debido a este compuesto.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.006 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Es poca la información que se tiene acerca de este herbicida, pero al parecer el compuesto no es cancerígeno o mutagénico en animales. El efecto más notorio en los estudios realizados sobre este compuesto parece ser el daño el sistema

reproductivo de ratas macho, pero en humanos que trabajan con el compuesto parece no haber problemas de este tipo.

Según su toxicidad, el compuesto está catalogado como medianamente tóxico por la OMS. En Colombia, hay registro de su uso<sup>24</sup>, pero la información de las cantidades y de los cultivos en que es utilizado es muy limitada, Sin embargo, se recomienda establecerlo como un estándar de calidad de agua, adoptando el valor establecido por la OMS, basado en los efectos que sobre la salud puede tener el compuesto, es decir un estándar de 0.006 mg/L.

## PARATION

Es un insecticida no sistémico usado en muchos países alrededor del mundo en varios cultivos, tanto al aire libre como en invernaderos. Por lo general el compuesto es absorbido por la capa superior del suelo y su filtración a aguas subterráneas es poco probable. Comúnmente el compuesto desaparece del agua en una semana y es poco probable la exposición al compuesto por parte de la población.

La OMS recomienda un valor de concentración máximo en el agua de 0.01 mg/L basado en estudios realizados sobre ratones donde estos desarrollaron daños en la retina e inhibición de la acetilcolinesterasa del cerebro. Dado que es poco probable que el compuesto se encuentre a dosis por encima de estas, el valor es recomendado y no regulado por esta organización.

## Valores admitidos

---

<sup>24</sup>UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – CARIBBEAN REGIONAL CO-ORDINATING UNIT, Reducing Pesticide Run-off to the Caribbean Sea, Global Environment Facility (GEF) Project, <http://www.cep.unep.org/pubs/meetingreports/GEF%20Panama/Docs/Informe%20Regional/Anexos%20I-III/Anexos%20I-III%20Final.doc>

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

Actualmente el compuesto se encuentra catalogado como extremadamente tóxico por la OMS, y en el país su uso está restringido a solamente cultivos de algodón y pastos tecnificados mediante la Resolución 2471 de 1991 del ICA. Con base en esta restricción y a la poca probabilidad de su existencia en el agua, el compuesto no será incluido dentro de la regulación propuesta.

#### PARATION-METIL

Es un insecticida no sistemático producido alrededor del mundo y muy usado en una gran variedad de cultivos, especialmente en cultivos de algodón. Su movilidad es baja y por lo tanto es poco probable que el compuesto alcance aguas subterráneas. La forma de degradación del compuesto es a través de microorganismos y su vida media en el agua puede ser desde semanas hasta meses.

El valor de concentración máxima recomendado por la OMS es de 0.009 mg/L basado en los efectos sobre la salud de ratas que estudios realizados mostraron. Sin embargo, dado que es poco probable que el compuesto se encuentre a valores por encima de este en el agua, y aunque se encuentre catalogado por la OMS como altamente tóxico, esta solo recomienda el valor y no lo propone en su regulación.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.0001 mg/L

En el país el compuesto se encuentra actualmente restringido mediante la Resolución 2471 de 1991 del ICA, en donde se limita su uso a solamente plagas de algodón y arroz tecnificado, por lo que no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

#### PENDIMETALIN

Es un herbicida poco movable en el agua y muy persistente en el suelo. Es usado en grandes cantidades en el Japón, y por lo general es descompuesto a través de fotodegradación, volatilización y biodegradación. Su potencial de filtración parece ser muy bajo.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

No parece ser un compuesto mutagénico ni cancerígeno; pero estas afirmaciones se basan en estudios realizados bajo ciertas limitaciones. Actualmente el compuesto se encuentra clasificado por la OMS como medianamente tóxico.

En el país, hay registros de su uso en cultivos de arroz y de algodón, por lo que se recomienda establecerlo como un estándar de calidad de agua, adoptando el valor

establecido por la OMS, basado en los efectos que sobre la salud puede tener el compuesto, es decir un estándar de 0.02 mg/L.

## PERMETRIN

Es un insecticida de contacto efectivo contra una gran variedad de plagas en agricultura, silvicultura y en salud pública. También es usado para el control de invertebrados en aguas. Por lo general su contacto con el hombre es a través de la comida y no del agua, pues en esta es fotodegradado rápidamente.

La OMS recomienda una concentración máxima en el agua de 0.02 mg/L, pero dado que su presencia en esta es por debajo de dicha concentración, el valor es solo recomendado y no regulado.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

Actualmente la IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 3, y la OMS según su toxicidad lo clasifica como medianamente tóxico. En el país, las referencias acerca de su uso son muy pocas, por lo que el compuesto no será incluido dentro de la regulación propuesta.

## 2-FENILFENOL

Es usado como desinfectante, bactericida y virucida tanto en agricultura como en las ciudades. Se ha determinado además, que el compuesto es de baja toxicidad

aguda, y la OMS recomienda un valor máximo de concentración en el agua de 1 mg/L, basado en los estudios realizados sobre los efectos que este puede tener sobre la salud de ciertos animales, pero dado que su presencia en el agua se encuentra muy por debajo de estas concentraciones, el valor es solamente recomendado.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

El compuesto no se encuentra clasificado por la OMS según su toxicidad, y en Colombia la información acerca de su uso es limitada, por lo tanto el compuesto no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

#### PROPANIL

Es un herbicida usado en el control de maleza, principalmente en cultivos de arroz. Es un compuesto muy móvil, pero poco persistente, transformado fácilmente a 3,4 dicloroanilina y 3,3', 4,4' – tetracloroazobenceno, compuestos mucho más tóxicos y más persistentes que este. Dada su capacidad de transformación la OMS ni siquiera recomienda un valor de concentración máximo en el agua.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

El compuesto es sin embargo, uno de los plaguicidas más exportados por el país<sup>25</sup>, uno de los más usados y también uno sobre el que mayor énfasis existe para el control de contaminación en el medio ambiente. Tomando precisamente en cuenta este control y su alta capacidad de transformación se recomienda no incluirlo dentro de la regulación propuesta, aunque sea uno de los más producidos en el país.

### SIMAZINA

Es un herbicida usado en un gran número de cultivos. Es además un compuesto muy móvil en el suelo y muy persistente.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.002 mg/L
EPA	0.004 mg/L
FRANCIA	
COLOMBIA	

El compuesto no parece ser cancerígeno, de hecho la IARC lo cataloga dentro del GRUPO 3, y la OMS no lo ha clasificado aún según su toxicidad. Dado que en el país no hay información acerca de su uso, este no será contemplado dentro de la regulación propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

---

<sup>25</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Reducción Del Escurrimiento De Plaguicidas Al Mar Caribe – Informe Final, Noviembre 2000



## 2,4,5-T

Es un herbicida clorofenoxy, catalogado por la IARC dentro del grupo 2B

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.009 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	

Está catalogado por la OMS como obsoleto, y hace parte de la “ Docena Sucia “, en el país su uso está prohibido desde 1979 mediante la Resolución 749 del ICA de dicho año. Debido a esto el compuesto no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

## TERBUTILAZINA (TBA)

Es un herbicida que hace parte del grupo de las clorotriazinas, pesticidas usados en una gran variedad de cultivos agrícolas y en silvicultura. Su degradación en el agua depende de la actividad microbológica y de la presencia de sedimentos.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.007 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	0.001 mg/L

No hay evidencia de que el compuesto sea cancerígeno o mutagénico. La OMS lo cataloga como moderadamente tóxico, pero dada la ausencia de información de

su uso en el país, el compuesto no será incluido dentro de la regulación de estándares de calidad propuesta en este estudio. Se recomienda sin embargo, incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

### TRIFURALIN

Es un herbicida usado en una gran variedad de cultivos. Es poco soluble en agua y tiene una alta afinidad por los suelos. Si bien el compuesto es usado en varios países, es poca la información que se tiene acerca de este.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	
COLOMBIA	

Su presencia pura parece no tener propiedades mutagénicas, sin embargo cuando esto no es así puede contener contaminantes nitrosos que si han demostrado ser mutagénicos. En su estado puro esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 3.

Debido a que la OMS no lo ha clasificado según su toxicidad, y que la información acerca de su uso en el país es muy limitada, el compuesto no será incluido dentro de la regulación propuesta, pero sí se recomienda incluirlo dentro de los compuestos bajo evaluación para su posterior regulación.

#### 4.1.5 Químicos Usados en el Tratamiento de Agua o en Contacto con Esta Durante su Distribución.

##### 4.1.5.1 Desinfectantes

##### CLORAMINAS (MONOCLORAMINA, DICLORAMINA, TRICLORAMINA)

Son considerados sub-productos de la cloración del agua potable, formados cuando hay presencia de amoníaco en el agua. La monocloramina es también usada para mantener la actividad de desinfección residual en los sistemas de distribución del agua. El uso de cloraminas en el agua en vez de cloro durante la desinfección reduce la formación de trihalometanos en los sistemas de distribución, pero ha demostrado ser menos eficiente a corto plazo que el cloro y es capaz igualmente de producir sub-productos como ácidos haloacéticos, haloacetoneitrilos, aldehídos y clorofenoles.

##### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	3 mg/L
EPA	4 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Si bien el compuesto ha demostrado ser mutagénico en estudios *in vitro*, no parece serlo *in vivo*. La IARC tiene catalogados a estos compuestos dentro del GRUPO 3, es decir no se cree que pueda ser cancerígeno a humanos, de hecho la EPA lo tiene catalogado dentro de su GRUPO D, no clasificable como cancerígeno dada la limitada evidencia de su potencial cancerígeno en humanos y animales.

En Colombia, su uso no es usual y de hecho el REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS 2000 (TITULO A) no hace referencia a este tipo de desinfección. Debido a esto el compuesto no será incluido dentro de la regulación de estándares de calidad propuesta en este estudio.

## CLORO

Es producido en grandes cantidades en el mundo entero y es usado industrialmente y domésticamente como desinfectante y blanqueador. Por lo general es usado en el proceso de desinfección en los sistemas de tratamiento de agua y como desinfectante en las piscinas en todo el país, es de hecho el tipo de tratamiento de desinfección preferido a nivel mundial.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	5 mg/L
EPA	1 mg/L <sup>26</sup>
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.2 – 1 mg/L <sup>27</sup>

La determinación de un estándar de calidad de agua para el cloro puede establecerse de acuerdo a varios criterios, ya sea de aceptabilidad, de salud o como un simple indicador para la vigilancia y control en la utilización adecuada de un desinfectante. El valor menos estricto de los analizados en la anterior tabla es el valor recomendado por la OMS; sin embargo, este valor guía provisional responde más a un criterio de salud que aceptabilidad como los otros aquí contemplados. En el país, la regulación de este compuesto parece adecuada y

---

<sup>26</sup> Como cloro residual libre

<sup>27</sup> como cloro residual libre

por lo tanto no será modificada en los estándares de calidad de agua aquí propuestos.

### DIÓXIDO DE CLORO (incluyendo cloratos y clorito)

Es usado como desinfectante y en el control de olores y sabores en el agua. También es usado como blanqueador en la producción de celulosa, pulpa de papel, flúor y aceites. El dióxido de cloro es rápidamente descompuesto en clorito, clorato y en iones cloruro en el agua tratada, siendo el clorito su especie predominante; esta reacción es además favorecida por condiciones alcalinas en el agua.

#### Valores admitidos para el clorito

OMS (Valor guía provisional)	0.7 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

#### Valores admitidos para clorato

OMS (Valor guía provisional)	0.7 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

La OMS no establece un valor guía provisional para el dióxido de cloro dada su rápida hidrólisis a clorito. En el caso específico del clorito la IARC concluye que el compuesto no es clasificable como cancerígeno a humanos; de hecho su principal efecto sobre la salud son daños en el las células rojas de cuerpo.

En el caso específico del clorato el principal efecto sobre la salud es también el daño en las células rojas del cuerpo, pero a diferencia del clorito la información existente acerca de este es muy escasa.

Dado que en el país el uso del dióxido de cloro en los sistemas de tratamiento es poco probable, no será incluido este compuesto ni ninguno de los compuestos relacionados a su uso dentro de la regulación aquí propuesta.

### YODO

Su presencia en el agua es en forma de yoduro. Este compuesto es usado algunas veces en el agua como desinfectante en ciertas situaciones de emergencia. La OMS no ha establecido aún un valor guía provisional para su regulación, y de hecho la información que se tiene acerca de su uso o de su presencia en el agua es muy escasa. Actualmente el compuesto no está regulado en la mayoría de países, y su regulación en el país no es necesaria, por lo que no será contemplada dentro de la regulación aquí propuesta.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

### PLATA

Ocurre por lo general en formas insolubles e inmóviles como en óxidos, sulfatos y ciertas sales. Su presencia ha sido detectada ocasionalmente en aguas

subterráneas, aguas superficiales y en aguas de consumo. La plata como tal, es un bactericida que al igual que el yodo puede ser usado en el tratamiento de agua en casos de emergencia, de hecho algunos filtros y materiales usados para prevenir el crecimiento microbiológico están impregnados con el compuesto.

En el cuerpo humano solo una pequeña parte de este es absorbido, su efecto más notable sobre la salud es una condición en la cual el pelo y el cabello son descoloridos a causa del compuesto.

Su presencia en el agua es por lo general por debajo de 5 µg/L, el cual no es un valor relevante para causar efectos sobre la salud, por lo que la OMS no recomienda un valor guía provisional para este compuesto, de hecho asegura que valores de concentración hasta 0.1 mg/L durante 70 años pueden ser tolerados por el cuerpo sin poner en riesgo la salud.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.01 mg/L

En el país el compuesto se encuentra actualmente regulado, pero dada la naturaleza del compuesto, sus efectos sobre la salud y su presencia a bajas concentraciones en el agua, su regulación no es recomendable por lo que no será incluido como un estándar de calidad en la regulación aquí propuesta.

#### 4.1.5.2 Sub-Productos De La Desinfección

#### BROMATO

El bromato de sodio y de potasio son ambos poderosos oxidantes con variados usos, el bromato de potasio es usado por ejemplo en el procesamiento del flúor, de la cerveza, la cebada, etc. Los bromatos no son encontrados por lo general en el agua, pero pueden formarse durante la ozonización cuando el ion bromuro está presente en el agua. Su presencia también se da cuando se utilizan soluciones de hipoclorito para la desinfección del agua. En aguas tratadas con dióxido de cloro, el bromuro en la presencia de luz solar puede ser oxidado a bromato en un gran rango de pHs

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	0.01 mg/L
FRANCIA	0.01 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

El bromato está actualmente clasificado por la IARC dentro del GRUPO 2B, es decir posiblemente cancerígeno, y sus efectos sobre la salud aún son desconocidos.

En el país si bien la mayoría de plantas de tratamiento utilizan la cloración como proceso de desinfección y no la ozonización, proceso a partir del cual se forman este tipo de compuestos; se recomienda regularlo con el fin de establecer un criterio de estándares de calidad de agua a futuro, para evitar tener que recurrir la revisión de esta innecesariamente. Se recomienda entonces adoptar el estándar de calidad adoptado por la mayoría de países, es decir de 0.01 mg/L.

#### CLOROFENOLES



Están presentes en el agua como resultado de la cloración de los fenoles que existen en esta, como sub-productos de la reacción del hipoclorito con ácidos fenólicos, como biocidas o como favorecedores de la degradación de herbicidas fenoxi; pero por lo general, su presencia es como sub-productos de la cloración de la forma 2-clorofenol, 2-4 diclorofenol y 2,4,6-triclorofenol.

Valores admitidos para el triclorofenol

OMS (Valor guía provisional)	0.2 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Dada la poca información que se tiene acerca de los compuestos 2-clorofenol, y 2,4-diclorofenol, la OMS no recomienda un valor de concentración máximo en el agua para dichos compuestos basado en sus efectos sobre la salud. El triclorofenol por su parte parece inducir la presencia de linfomas y leucemia en ratas y tumores hepáticos en ratones., la IARC lo cataloga dentro del GRUPO 2B.

Dado que el objetivo de este estudio es proponer una regulación de fácil implementación, los estándares de calidad propuestos aquí son aquellos prioritarios para el país; son compuestos además, sobre los cuales no hay sospechas de su presencia.

La presencia de clorofenoles en el agua, al igual que la de los trihalometanos (compuestos que serán analizados posteriormente), se deben a su formación como sub-productos de la cloración; serán precisamente estos últimos los que serán contemplados dentro de una regulación y solamente se recomienda su análisis cuando la presencia de trihalometanos sea detectada en el agua.

## FORMALDEHÍDO

Se encuentra en residuos de efluentes industriales y es emitido al aire a través de plásticos y resinas usadas en la fabricación de pegantes. Su presencia en el agua potable se debe a la oxidación de materia orgánica natural durante la ozonización principalmente y también a través de la cloración. También se encuentra en el agua a causa de desprendimientos en ciertos accesorios de plástico.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.9 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

En los estudios realizados sobre ratas y ratones sometidos por inhalación al compuesto se pudieron detectar carcinomas en la cavidad nasal, al ser consumido durante dos años a través del agua se pudo observar cierta irritación en el estómago de las ratas. La IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 2A, es decir probablemente cancerígeno.

Al igual que los clorofenoles, su presencia en el agua se debe a su formación como sub-productos de la desinfección, por lo que su regulación no es necesaria siempre y cuando se planteen otros compuestos similares que determinen o sugieran la formación de este tipo de compuestos en el agua, o que simplemente sean más relevantes en el análisis de calidad realizado, por ejemplo los bromuros, principal sub-producto de la ozonificación<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> <http://www.greenfacts.org/water-disinfectants/l-3/water-disinfectants-1.htm#3>

## MX

Es el nombre bajo el cual se conoce el compuesto 3-cloro-4-diclorometil-5-hidroxi-2(5H)-furanona, formado por la reacción del cloro con materia orgánica compleja en aguas potables. El compuesto es un potente mutágeno en bacterias y en células *in vitro*, también se ha relacionado con la presencia de ciertos tumores en ratas sometidos al compuesto.

La IARC lo tiene catalogado dentro del GRUPO 2B. La OMS por su parte recomienda un valor de concentración máximo en el agua de 1.8 µg/L, pero dado que su presencia en esta es a concentraciones mucho menores, difíciles de detectar, considera que no es necesario regularlo.

## Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Al igual que los clorofenoles, y bajo el mismo criterio, el compuesto no será incluido dentro de la regulación de estándares de calidad de agua aquí propuesta.

## TRIHALOMETANOS (Bromoformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano, cloroformo)

Son generados como sub-productos de la cloración del agua potable, pero dada su alta volatilidad la mayoría de estos son transferidos al aire rápidamente.

## Valores admitidos para el cloroformo

OMS (Valor guía provisional)	0.2 mg/L
EPA	
FRANCIA	
COLOMBIA	0.03 mg/L

#### Valores admitidos para el bromoformo

OMS (Valor guía provisional)	0.1 mg/L
EPA	
FRANCIA	
COLOMBIA	

#### Valores admitidos para el dibromoclorometano

OMS (Valor guía provisional)	0.1 mg/L
EPA	
FRANCIA	
COLOMBIA	

#### Valores admitidos para el bromodiclorometano

OMS (Valor guía provisional)	0.06 mg/L
EPA	
FRANCIA	
COLOMBIA	

#### Valores admitidos para los trihalometanos totales

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentran regulados
EPA	0.08 mg/L
FRANCIA	0.1 mg/L
COLOMBIA	0.1 mg/L

La regulación de estos compuestos se hace generalmente según su presencia total al igual que su análisis, y este valor parece estar acorde a las regulaciones de otros países por lo que será mantenido dentro de la regulación propuesta. La única recomendación que se hará en la regulación de estos compuestos es en la determinación del cloroformo como un estándar de calidad, pues basta con la relación total que se haga de los compuestos.

Entre sus efectos sobre la salud se encuentran trastornos renales, hepáticos y daños en el sistema nervioso central. El potencial cancerígeno de cada compuesto es diferente, algunos se encuentran catalogados por la IARC dentro del GRUPO 3, y otros dentro del GRUPO 2B.

### ACETATOS BROMINADOS

Los ácidos acéticos brominados se forman durante la desinfección del agua con contenidos de iones bromuro y materia orgánica. Los iones bromuro pueden ocurrir naturalmente en aguas superficiales y subterráneas, con ciertas fluctuaciones en su concentración en lugares con estaciones o a causa de la presencia de aguas saladas. Los estudios realizados sobre el compuesto son escasos por lo que la OMS no ha podido definir un valor de concentración basado en sus efectos sobre la salud.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Su regulación en el país no es recomendada en este estudio, no solo por que su presencia está relacionada a otras condiciones ambientales diferentes de las de Colombia, sino también porque su formación está relacionada a otros tipos de desinfección que a los usados actualmente en el país.

#### ACETATOS CLORADOS (monocloroacetato, dicloroacetato, tricloroacetato)

Los ácidos acéticos clorinados se forman a partir de material orgánico durante la cloración del agua. Aunque su presencia en el agua puede ser también a causa del uso de herbicidas que contaminan el agua cruda.

#### Valores admitidos para el monocloroacetato

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

#### Valores admitidos para el dicloroacetato

OMS (Valor guía provisional)	0.04 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

### Valores admitidos para el tricloroacetato

OMS (Valor guía provisional)	0.2 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

El monocloraacetato parece no tener efectos cancerígenos sobre la salud humana, pero los estudios realizados sobre el compuesto son limitados, la IARC no lo tiene aun clasificado. El ácido dicloroacetico es por otro lado considerado como potencialmente cancerígeno dados los estudios realizados en ratas y ratones donde se produjeron tumores en el hígado de estos cuando fueron sometidos al compuesto, esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B. El ácido tricloroacetico está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 3, pero ha demostrado repercutir en la salud de los animales sometidos al compuesto.

La regulación de estos compuestos no será recomendada para el país porque su presencia puede ser sospechada a partir de la presencia de trihalometanos, compuestos que sí serán incluidos dentro de la regulación propuesta.

### HIDRATO CLORAL (tricloroacetaldehido)

Se forma como sub-producto de la cloración cuando el cloro reacciona con los ácidos húmicos presentes en el agua cruda. Ha sido usado como sedante y droga hipnótica en humanos en dosis orales sin producir efectos notorios sobre la salud. Los estudios realizados sobre el compuesto son inconsistentes, por lo que la IARC tiene catalogado al compuesto dentro del GRUPO 3.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Al igual que otros sub-productos de la desinfección, este no será recomendado para hacer parte de los estándares de calidad aquí propuestos.

### CLOROACETONAS

El compuesto conocido como 1,1-Dicloroacetona se forma a partir de la reacción del cloro con otros compuestos orgánicos. Es poca la información que se tiene sobre sus efectos en la salud, aunque algunos de estos parecen indicar que su efecto más notorio es producir daños en el hígado.

Dada la poca información que se tiene acerca de este compuesto la OMS no ha recomendado o establecido un valor de concentración máxima en el agua como estándar de calidad. Al igual que los otros sub-productos de la desinfección con cloro a excepción de los trihalometanos, este no será recomendado dentro de la regulación aquí propuesta.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado



ACETONITRILOS HALOGENADOS (dicloroacetonitrilo, dibromoacetonitrilo, bromocloroacetonitrilo, tricloroacetonitrilo)

Son producidos durante la cloración o cloraminación del agua a partir de sustancias naturales presentes en el agua, incluyendo algas, ácidos fulvicos, etc. Su formación está relacionada a un aumento de la temperatura y/o una disminución del pH con la presencia de estos compuestos.

La información que se tiene acerca de estos compuestos es aún muy limitada, y más aún la información acerca de sus efectos sobre la salud, de hecho la IARC no encontró evidencia suficiente para clasificar a este tipo de compuestos de acuerdo a su potencial cancerígeno en humanos. La única información contundente acerca de ellos es que el dicloroacetonitrilo es el compuesto de los acetonitrilos halogenados más común en el agua.

Valores admitidos para el dicloroacetonitrilo

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Valores admitidos para el dibromoacetonitrilo

OMS (Valor guía provisional)	0.07 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a la falta de información y a su tipo de formación como sub-productos de la desinfección con cloro, estos compuestos no serán contemplados dentro de la regulación propuesta en este estudio.

#### CLORURO CIANOGENO

Es un sub-producto de la cloraminación cuyo principal riesgo sobre la salud es su rápida metabolización en cianuro, compuesto altamente tóxico para el ser humano. Acerca de su toxicidad es poca la información que se tiene. Su valor guía provisional está contemplado como cianuros totales y es de 70 µg/L.

Dado que en el país la desinfección con cloraminas no es empleada, y la información que se tiene respecto al compuesto es aún muy escasa, este compuesto no será incluido dentro de la regulación propuesta, pero sí se recomienda incluirlo en el listado de compuestos bajo estudio para su posterior regulación.

#### CLOROPICRIN

Se forma a partir de la reacción entre el cloro y los ácidos húmicos y amino y con el nitrofenol. Al parecer su formación se incrementa en la presencia de nitratos, sin embargo la OMS no ha establecido un valor guía provisional basado en los efectos que sobre la salud tiene el compuesto dada la poca información que se tiene acerca de este.

Al igual que como en la mayoría de sub-productos de la desinfección con cloro, este compuesto no estará incluido dentro de la regulación propuesta, por no considerarse necesario.

### 4.1.5.3 Contaminantes Provenientes Del Tratamiento Químico

#### ALUMINIO

Es un compuesto muy abundante en aguas potables debido su amplio uso como coagulante en el tratamiento de estas. En humanos el compuesto parece ser pobremente absorbido, aunque es poca la información que se tiene acerca de sus efectos sobre la salud.

La principal prueba de su presencia residual en el agua, es la aparición de olores y turbidez indeseadas, sin embargo esta depende de otros parámetros y factores operacionales involucrados en el tratamiento del agua en cuestión.

Su principal ruta de exposición al hombre es a través de la comida en que se ha usado el compuesto como aditivo, de hecho el aluminio tomado en el agua representa solo el 5% de la ingesta diaria.

Dada las limitaciones que se tienen en los estudios realizados acerca de sus efectos sobre la salud, la OMS no ha establecido un valor guía provisional basado en sus efectos sobre la salud, aunque en las Guías para la Calidad del Agua Potable anteriores (específicamente las publicadas en los años 1984 y 1993) sí fue establecido un valor de 0.2 mg/L.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0,05 – 0.2 mg/L
FRANCIA	0.2 mg/L
COLOMBIA	0.2 mg/L

Siguiendo un criterio de aceptabilidad, el estándar actual será mantenido dentro de la regulación propuesta en este estudio.

## HIERRO

Es uno de elementos más abundantes en la tierra y uno de los compuestos esenciales en la dieta humana; sin embargo, el compuesto debido a su capacidad de almacenamiento en el cuerpo, la JCFA (Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization) recomienda no exceder su consumo de 0.8 mg/Kg diarios, valor que si fuese ingerido a través del agua, equivaldría a una concentración de este de 2 mg/L en adultos.

La OMS no regula el compuesto en base a sus efectos sobre la salud dado que las concentraciones a las cuales aparece el compuesto son mucho menores que esta, además el compuesto puede ser percibido a concentraciones menores por lo que este está regulado en base a un criterio de aceptabilidad.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0,3 mg/L
FRANCIA	0.2 mg/L
COLOMBIA	0.3 mg/L

En el país el criterio de aceptabilidad bajo el cual el compuesto está regulado es aceptable, pero se recomienda que al igual que la regulación de los otros compuestos que afectan la aceptabilidad por parte del público sean así especificados, para darle una prioridad a aquellos que sí pueden tener efectos adversos sobre la salud.

## ACRILAMIDA

La presencia de su monómero residual se debe al uso del polímero “policrilamida” como coagulante en el tratamiento de aguas.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0,0005 mg/L
EPA	Depende del tipo de tratamiento
FRANCIA	0.0001 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Es un compuesto rápidamente absorbido por el cuerpo y distribuido por él. Está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2A basado en estudios realizados sobre ratas y ratones que muestran que el compuesto induce varios tipos de tumores en estos organismos.

Debido a que la información acerca de su uso en el país es muy limitada, el compuesto no será contemplado dentro de la regulación propuesta en este estudio. Se recomienda sin embargo, que al igual que el estándar de calidad determinado por la EPA, en los casos específicos en que este compuesto sea usado en el tratamiento del agua, sea regulado por la entidad de vigilancia y control respectiva.

## EPICLOROHIDRINA

Es un compuesto usado en la manufactura del glicerol y otro tipo de compuestos usados en el tratamiento del agua.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0,0004 mg/L
EPA	Depende del tipo de tratamiento
FRANCIA	0.0001 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2A, pero al igual que con la acrilamida se recomienda que el compuesto sea regulado solo en los casos específicos en que este sea usado en el tratamiento del agua.

#### **4.1.6 Contaminantes A Causa De Tuberías Y Otros Accesorios**

##### **ANTIMONIO**

Es capaz de formar aleaciones con compuestos como el cobre, el plomo y el estaño. Su presencia en el agua se debe a su uso en ciertos accesorios empleados en los sistemas de distribución del agua. Está catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B, y puede producir en el cuerpo un aumento del colesterol en la sangre, o un descenso del azúcar en esta.

##### **Valores admitidos**

OMS (Valor guía provisional)	0,018 mg/L
EPA	0,006 mg/L
FRANCIA	0.005 mg/L
COLOMBIA	0.005 mg/L

Aunque en comparación con otros países es uno de los estándares más estrictos, debido a las características de las tuberías empleadas en el país, sobre las cuales es poca la supervisión que se hace a estas, es aconsejable mantener un valor estricto de esta estándar de calidad, ayudando a controlar los sistemas de distribución.

## ASBESTO

Son introducidos al agua por la disolución de minerales que contengan las fibras y por el deterioro del cemento con su presencia en los sistemas de distribución. Las fibras de asbesto son conocidas por su alto potencial cancerígeno cuando son inhaladas, pero el conocimiento acerca de este cuando su ruta de exposición es el agua es muy limitado, por lo que la OMS no recomienda un valor máximo de su presencia en el agua. La EPA sin embargo sí regula su presencia.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	7 MFL (Millones de fibras por litro)
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a la falta de información acerca de sus efectos sobre la salud cuando las fibras son ingeridas a través del agua, este no será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

## COBRE

Es un compuesto elemental en la dieta humana, pero también un contaminante del agua. Su presencia se debe al uso en aleaciones y revestimientos en algunas de

las tuberías usadas en los sistemas de transporte del agua. Los sistemas en que los hay un pH ácido o aguas con muchos carbonatos y un pH alcalino promueven su aparición.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	2 mg/L
EPA	1.3 mg/L
FRANCIA	2 mg/L
COLOMBIA	1 mg/L

El criterio de estandarización del compuesto es de sus efectos gastrointestinales en el cuerpo, sin embargo estos no son del todo confiables dado que otros factores pueden incrementar sus efectos sobre la salud. Es el caso de las personas que padecen el la enfermedad de Wilson cuya ingesta diaria del compuesto debe estar seriamente vigilada.

Al igual que con el antimonio, es aconsejable mantener su estándar actual, previendo que sobre los actuales sistemas de distribución no hay un manejo adecuado.

#### PLOMO

Su presencia en el agua puede ser a causa de fuentes naturales, pero es principalmente a causa de su disolución en las tuberías que se presenta en esta. Su disolución depende de varios factores como pH, temperatura, dureza entre otros, siendo el agua blanda con un pH ácido su mejor promotor.

#### Valores admitidos



OMS (Valor guía provisional)	0.01 mg/L
EPA	0.015 mg/L
FRANCIA	0.025 mg/L
COLOMBIA	0.01 mg/L

Es un compuesto muy tóxico capaz de bioacumularse en el cuerpo. Sus efectos sobre la salud varían desde retardo en el desarrollo físico y/o mental, déficit en la capacidad de atención y de aprendizaje en niños, hasta trastornos renales e hipertensión. El compuesto está actualmente catalogado por la IARC dentro del GRUPO 2B.

Al igual que con otros contaminantes provenientes de los mismos sistemas de distribución, es recomendable mantener su estándar de calidad actual, previendo que el control sobre estos es poco.

## NIQUEL

Es usado principalmente en la producción de acero inoxidable y ciertas aleaciones. Su principal ruta de exposición al hombre es a través de la comida, sin tomar en cuenta la población fumadora y aquellas personas expuestas a él a causa de su trabajo.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.02 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	0.02 mg/L
COLOMBIA	0.02 mg/L

La IARC tiene actualmente catalogados ciertos de sus compuestos cuya ruta de exposición es por inhalación dentro del GRUPO 1, es decir cancerígenos al hombre, y su presencia en metales esta catalogada dentro del GRUPO 2B, pero la información acerca de sus efectos sobre la salud es limitada.

Dentro de la regulación aquí propuesta, se mantendrá su estándar de calidad actual.

#### ESTAÑO (inorgánico)

Es usado principalmente en la producción de revestimientos en comidas enlatadas, por lo que es esta precisamente su mayor ruta de exposición. Por lo general su presencia en el agua es escasa pero en los últimos años el compuesto ha venido siendo usado como inhibidor de la corrosión del plomo, por lo que su regulación se hace ahora necesaria.

Es un compuesto pobremente absorbido por el cuerpo y de poca bioacumulacion en este. En los estudios realizados sobre el compuesto este parece no ser cancerígeno y su principal efecto sobre la salud parece ser la irritación gastrointestinal producida cuando es tomado a través de comidas con la presencia del compuesto.

Dado que su presencia en el agua no representa un riesgo para la salud la OMS no recomienda ningún valor de regulación para el compuesto. Igualmente su regulación en el país no es aún necesaria, basando esta afirmación en la falta de información que se tiene actualmente sobre su uso en el país, y la prioridad que tienen otros compuestos en dicha regulación.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

DIALKYTINSHacen parte de un grupo de químicos conocidos como organoestaños compuesto por una gran cantidad de compuestos con diferentes aplicaciones y propiedades. Su principal uso es como estabilizantes en plásticos incluido el PVC, por lo que su presencia en el agua es principalmente a causa del uso de estas en los sistemas de distribución del agua.

Dado que la información que se tiene acerca de dichos compuestos y sus efectos sobre la salud es aún muy limitada, la OMS no ha propuesto un valor guía para su regulación. Igualmente su regulación en el país no es aún recomendada, debido a la limitada información acerca del compuesto

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

#### HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLINUCLEARES (PAHs)

Son el grupo de compuestos con dos o más anillos aromáticos. La mayoría están presentes en el medio ambiente como consecuencia de los procesos de combustión y pirólisis. Son compuestos poco solubles y su presencia en el agua es escasa, por lo general esta se debe a los revestimientos en alquitrán de

algunas tuberías de distribución. Sus principales fuentes de exposición con el hombre son la comida y el aire.

Valores admitidos para el benzopireno

OMS (Valor guía provisional)	0.0007 mg/L
EPA	0.0002 mg/L
FRANCIA	0.01 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulad

Estudios epidemiológicos realizados sobre trabajadores expuestos a los PAHs indican que estos son cancerígenos, pero los estudios realizados solo contemplan exposición dermal y por inhalación, por lo que no se tiene conocimiento de sus efectos sobre la salud cuando el contacto con esto por vía oral.

El compuesto PAHs sobre el que mayor información se tiene es el benzopireno, y en comparaciones realizadas con otros compuestos de este grupo, este parece ser él de mayor potencial cancerígeno, por lo que es un buen indicador de la presencia de otros, y un buen compuesto para regular. Sin embargo este compuesto no será incluido dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta, debido a falta de información que se tiene acerca de sus efectos sobre la salud cuando el compuesto es ingerido a través del agua, pero se recomienda incluirlo en el listado de compuestos bajo estudio para su posterior regulación.

## CLORURO DE VINILO

Es usado principalmente en la producción de PVC. Es un compuesto muy volátil por lo que es difícil detectar su presencia en aguas superficiales, a menos que estas estén contaminadas.

En el agua potable su presencia esta asociada a la utilización de tuberías de PVC en los sistemas de distribución, pero parece ser que la ruta más importante de exposición es por inhalación.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.0003 mg/L
EPA	0.002 mg/L
FRANCIA	0.0005 mg/L
COLOMBIA	No se encuentra regulado

El compuesto esta catalogado por la IARC dentro del GRUPO 1, es decir cancerígeno al hombre. Como se ha mencionado antes, este compuesto será incluido dentro de la regulación aquí propuesta, no solo por su alto potencial cancerígeno, sino como indicador de otros contaminantes como el 1,2-Dicloroetano, y el 1,2-Dicloroetileno, entre otros compuestos organoclorados.

El estándar de calidad con el que se incluirá en la regulación aquí propuesta, es valor recomendado por la OMS, es decir de 0.3  $\mu\text{g/L}$ , valor basado en los efectos sobre la salud que puede producir el compuesto al ser ingerido a través del agua.

#### ZINC

Es un elemento común en la comida y en el agua potable, donde se encuentra en forma de sales y complejos orgánicos. Por lo general su principal fuente de exposición es a través de la comida. Su presencia en el agua no supera los 0.01 – 0.05 mg/L, pero en ciertos lugares la disolución de ciertas tuberías puede hacer que este valor sea mayor.

El criterio de regulación basado en sus efectos sobre la salud es muchos menor que el de aceptabilidad, por lo que es este último el criterio que prima en la regulación del compuesto.

Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	5 mg/L

Debido a que el criterio de regulación del compuesto es de aceptabilidad, el análisis de su regulación se hará en el capítulo de Aspectos Organolépticos y Físicos.

#### **4.1.7 Pesticidas Usados En El Agua Cuyo Propósito Es La Salud Publica**

##### **CLOROPIRIFOS**

Es un insecticida organofosforado usado en el control de mosquitos, moscas, y otras plagas en cultivos y domésticas. Es un compuesto rápidamente absorbido por el suelo con poca capacidad de filtración. Está actualmente clasificado por la OMS como medianamente tóxico y aunque el compuesto parece no ser cancerígeno, su criterio de regulación está basado en los efectos que este tiene en la inhibición de la colinesterasa.

Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.03 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.001 mg/L

En el país no hay actualmente registro de su uso, por lo que este compuesto no será incluido específicamente dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta. Se recomienda incluirlo en el listado de compuestos bajo estudio para su posterior regulación.

#### DDT

Era un insecticida muy usado hace algunos años para el control de la malaria, la fiebre amarilla y otras enfermedades similares. Sin embargo dada su persistencia y efectos dañinos sobre la reproducción de ciertas especies, su uso fue prohibido o restringido en muchos países.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.001 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.001 mg/L

Esta clasificado por la IARC dentro del GRUPO 2B y por la OMS como moderadamente tóxico. Su principal efecto sobre la salud parece ser el impedimento o desarrollo de la reproducción en ciertas especies.

En Colombia, su importación, comercialización, producción, formulación, uso y manejo está prohibido desde 1993 mediante la Resolución 10255 del Ministerio de

Salud, por lo que su regulación como estándar de calidad de agua no es necesaria.

#### PIRIPROXIFEN

Es un insecticida usado en salud pública, sobre él que aun no se tiene mucha información dada su reciente aparición. En los estudios realizados sobre ciertos animales, el compuesto no produjo ningún tipo de cáncer, sus efectos sobre la salud de estos se centraron en el hígado.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.3 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a su reciente uso, y la limitada información que se tiene acerca del compuesto, este no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta. Se recomienda sin embargo incluirlo en el listado de compuestos bajo estudio para su posterior regulación.

#### 4.1.8 Toxinas A Causa De Cianobacterias

Las cianobacterias están presentes en una gran variedad de lagos, lagunas, o ríos de poco movimiento. Algunas de sus especies son conocidas por producir ciertas toxinas, algunas de ellas de cierta importancia en cuanto a salud pública. Las cianobacterias representan un riesgo más por la posibilidad de un episodio de



proliferación de estas en un corto periodo de tiempo, que por cualquier otra razón. Generalmente estos episodios están ligados a ciertas épocas del año.

## MICROCISTINA-LR

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.001 mg/L
EPA	No se encuentra regulado
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Las toxinas producidas por las cianobacterias pueden ser clasificadas de acuerdo a su modo de acción, como hepatotoxinas, neurotoxinas, o toxinas irritantes de la piel. Las hepatotoxinas son producidas por varias especies dentro de los géneros *Microcystis*, *Ananaena*, *Oscillatoria*, *Ondularía*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis* y *Umezakia*. La mayoría de estas toxinas son microquísticas.

Sin embargo es aun mucha la falta de información que se tiene acerca de las cianobacterias y de sus toxinas; en la regulación aquí propuesta, se regulará la presencia de microorganismo como tal, y no sus toxinas por considerarse un estándar de calidad más fácil de implementar.

## 4.2 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

El peor riesgo microbiológico asociado al consumo de agua, es el de tener contacto con agua contaminada por excretas humanas o de animales, a través de la cual se transmite gran cantidad de enfermedades. Si bien existen otros posibles riesgos que igualmente pueden afectar la salud, la mayoría de controles de tipo microbiológico se enfoca a dicho contacto.

Debido a la vulnerabilidad de los sistemas de tratamiento y distribución del agua ante estos tipos de microorganismos, la mejor manera de controlarlos es mediante una correcta higiene que disminuya sus orígenes; sobretodo, teniendo en cuenta que la calidad del agua en el aspecto microbiológico es muy variable. La disminución de picos a corto plazo en la ocurrencia de estos patógenos, causantes de grandes epidemias, debe ser un frente de acción en la comunidad.

Los agentes patógenos en el agua tienen una serie de propiedades que los distinguen de otros contaminantes químicos y que deben ser tenidos en cuenta a la hora de establecer estándares de calidad y líneas de acción para su control:

- Su presencia es discreta y no en solución
- Por lo general están adheridos a sólidos en suspensión, por lo que es difícil determinar cuantitativamente su presencia
- Si bien el grado de infección que puedan producir depende de la naturaleza del patógeno, es decir de su virulencia y su capacidad de invasión, este se ve fuertemente influenciado por la inmunidad del portador
- Si se logra desarrollar la infección, los patógenos se multiplicarán en su portador, perpetuando y hasta aumentando los riesgos de infección
- A diferencia de muchos agentes químicos, estos no son acumulativos en el cuerpo.

En el país, la regulación del agua potable en cuanto a los aspectos microbiológicos, es hoy en día muy laxa. En el decreto 475 de 1998, los únicos microorganismos contemplados como estándares de calidad en este aspecto son los coliformes totales y la *Escherichia coli*, con un estándar de calidad para ambos microorganismos de 0 microorganismos por 100 cm<sup>3</sup>.

TÉCNICA UTILIZADA MICROORGANISMOS INDICADORES	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SUSTRATO DEFINIDO	TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN "Aceptable hasta el año 2000"
Coliformes totales	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>	<2 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>
Escherichia coli	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>	Negativo

**Tabla 4-3. Normas microbiológicas para el Agua Potable según el decreto 475 de 1998**

En la tabla 3-4 se enumeran las enfermedades que se tomaron en cuenta como indicadores de mala calidad del agua potable según la Organización Panamericana de la salud (OPS) y la OMS en su documento "Agua y Salud Humana", y su incidencia en el país. En esta tabla, vale la pena destacar que las dos enfermedades asociadas a la calidad de agua, de mayor ocurrencia en el país, son el IRA (Infecciones Respiratorias Agudas) y el EDA (Enfermedades Diarreicas Agudas); ambas enfermedades superan los registros de las otras enfermedades asociadas a la calidad del agua en más de 5 veces, lo que hace pensar que las acciones tomadas para controlarlas no son aún exitosas.

ENFERMEDAD	No. TOTAL POR PATOLOGÍA ASOCIADA AL AGUA	% DE PREVALENCIA	% EN RELACIÓN CON EL NÚMERO TOTAL DE CASOS
IRA	411.135	43,286	1,926
EDA	341.135	35,901	1,597
Parasitismo	67.535	7,107	0,316
Dermatosis	33.134	3,487	0,155
Enteritis	29.042	3,056	0,136
Amebiasis	21.402	2,252	0,100
Malaria	15.358	1,616	0,072
Hepatitis	9.475	0,997	0,044
Tifoidea y Paratifoidea	5.294	0,557	0,025
Lesmaniasis	5.114	0,538	0,024
Cólera	4.485	0,472	0,021
Dengue Hemorrágico	2.926	0,308	0,014
Influenza	2.253	0,237	0,011
Infecciones Alimenticias	1.750	0,184	0,008
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>950.216</b>	<b>100</b>	<b>4,449</b>

**Tabla 4-4. Enfermedades Asociadas a la Calidad del Agua. Consolidado Nacional<sup>29</sup>**

Igualmente, en la tabla 3-5 se recopilan los porcentajes de defunciones directamente relacionadas con enfermedades intestinales y otras enfermedades parasitarias, donde es preocupante observar los altos índices de mortalidad que se relacionan a estas enfermedades, sobretodo en la población infantil. Cabe destacar igualmente, que los departamentos en que mayor es el porcentaje de mortalidad por este tipo de enfermedades son los departamentos más pobres del territorio nacional.

DEPARTAMENTO	% DE DEFUNCIONES AÑO 2001 RELACIONADAS CON ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES	% DE DEFUNCIONES AÑO 2001 RELACIONADAS CON OTRAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y PARASITARIAS
Amazonas	4,8	1,2
Antioquia	0,6	0,2

<sup>29</sup> OJEDA EDUARDO, ARIAS RAUL; Informe Nacional Sobre la Gestión del Agua en Colombia; Enero 2000

Arauca	0,4	0,2
Atlántico	1,0	0,7
Bogotá	0,4	0,3
Bolívar	1,3	0,7
Boyacá	0,6	0,2
Caldas	0,4	0,3
Caquetá	1,4	0,4
Casanare	0,6	0,2
Cauca	1,2	0,4
Cesar	1,5	0,4
Chocó	1,5	0,2
Córdoba	1,0	0,6
Cundinamarca	0,4	0,3
Guainía	2,8	2,8
Guaviare	0,2	0,9
Huila	0,8	0,3
Guajira	2,8	0,5
Magdalena	1,7	0,3
Meta	0,6	0,1
Nariño	0,8	0,2
Norte de Santander	0,9	0,4
Putumayo	1,5	0,2
Quindío	0,5	0,3
Risaralda	0,5	0,3
San Andrés y Providencia	2,5	
Santander	0,4	0,3
Sucre	0,9	0,5
Tolima	0,5	0,5
Valle	0,5	0,4

Vaupés	5,1	2,5
Vichada	3,9	1,9

**Tabla 4-5. Porcentaje de Defunciones por Departamento Relacionadas con Infecciones Intestinales y Otras Enfermedades Infecciosas y Parasitarias<sup>30</sup>**

La regulación de este tipo de aspectos como estándares de calidad es muy complicada, en parte porque establecer la dosis mínima a la cual cualquiera de estos microorganismos puede representar un riesgo para la salud, depende de muchos factores externos intrínsecos a la población expuesta<sup>31</sup>.

La mayoría de países regulan solo unos pocos microorganismos que indican el contacto del agua con heces fecales, principales transmisoras de enfermedades infecciosas y parasitarias. De hecho la EPA solo regula los siguientes microorganismos:

	MCLG	MCL	Técnica de Tratamiento
Cryptosporidium	-	TT	Sistemas que filtran deben remover 99% de cryptosporidium
Giardia Lamblia	-	TT	99.9% Muertas o inactivas
Legionella	cero	TT	Sin límite. La EPA considera que si la Giardia y los virus están inactivos la Legionella también lo estará.
Conteo de Placas de Bacterias Heterotróficas (HPC)	NA	TT	No más de 500 colonias de bacterias por mililitro

<sup>30</sup> Fuente: DANE

<sup>31</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, Microbial Aspects, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap7.htm](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/Updating/draftguidel/draftchap7.htm)

Mycobacteria	-	-	-
Coliformes Totales	cero	5%	No más del 5% de las muestras positivas para coliformes totales en un mes. Cada muestra con coliformes totales debe ser analizada para coliformes fecales, no se aceptan coliformes fecales
Turbidez	NA	TT	En ningún momento la turbidez debe ser superior a 5 NTU
Virus	cero	TT	99.9% Muertos o inactivos

**Tabla 4-6. Microorganismos Regulados por la EPA (Environmental Protection Agency) – 2004<sup>32</sup>**

En España, los parámetros microbiológicos regulados son los siguientes:

Parámetro	Valor Paramétrico
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml
3. Clostridium perfringens (incluidas esporas)	0 UFC en 100 ml

**Tabla 4-7. Microorganismos Regulados en España mediante el Real Decreto 140/2003**

En comparación con estos dos países, la regulación actual en Colombia es aún muy laxa respecto a los aspectos microbiológicos. De hecho el porcentaje de defunciones en el año 2001 a causa de infecciones intestinales es demasiado alto, sobretodo en los departamentos más pobres del país donde los problemas

<sup>32</sup> EPA Environmental Protection Agency, 2004 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories, Winter 2004.

asociados a la higiene y al consumo de agua contaminada son más altos, por lo que la regulación en estos aspectos debería ser mayor.

A continuación se describen aquellos microorganismos que pueden ser establecidos como estándares de calidad según la OMS.

#### **4.2.1.1 Bacterias De Origen Fecal**

##### **ACINETOBACTER**

Son bacterias gramnegativas aerobias, oxidasa-negativas. Han sido aisladas en enfermos de meningitis y septicemia, pero se han aislado también en la sangre, esputo, piel, líquido pleural y orina, pero su papel patógeno no ha sido claramente establecido. Generalmente son organismos patógenos oportunistas, por ejemplo en pacientes con un sistema inmune débil o que padezcan de enfermedades o heridas graves como quemaduras. Son bacterias muy inactivas metabólicamente y a menudo son resistentes a los antibióticos.

Si bien son bacterias comunes en el agua, los estudios no confirman con claridad el lazo entre la presencia de estas en el agua y la enfermedad, por lo que no serán recomendadas como parámetros de calidad del agua potable.

##### **AEROMONAS**

Pertenece a la familia de las vibrio. Son bacterias gramnegativas, oxidasa-positivas, facultativas que por lo general no son patógenos humanos importantes, sino bacterias oportunistas relacionadas a enfermedades como gastroenteritis, peritonitis, endocarditis, meningitis, septicemia, e infecciones pulmonares y urinarias.



Sin embargo al igual que las acinetobacter son bacterias sobre las cuales no se ha podido aun demostrar una relación directa entre su presencia en el agua y sus enfermedades asociadas, y al igual que estas, no serán recomendadas como estándares de calidad.

## BACILLUS

Son bacilos grampositivos, aerobios. Su estudio es importante en la determinación de la calidad de agua por su tendencia a formar esporas. Por lo general son bacterias patógenas a humanos y animales; oportunistas, relacionadas igualmente con enfermedades gastrointestinales

Sin embargo, estas no serán contempladas como estándares de calidad de agua, debido a la prioridad que se le dará a otros microorganismos que son de mayor interés sanitario en el país.

## CAMPYLOBACTER

Es un tipo de bacteria microaerofílica; el principal patógeno a los humanos de su género es el *Campylobacter jejuni* cuya dosis capaz de producir una infección es de solo 1000 organismos. Por lo general ocurre en niños y su incubación dura alrededor de 2-4 días. Los síntomas asociados a su infección son fiebre, diarrea, sangre en las heces y dolores abdominales, pero por lo general se autolimita y la recuperación ocurre en 5-8 días.

Su principal origen son las carnes y leches no pasteurizadas, sin embargo se puede encontrar en el agua, viéndose su presencia fuertemente influenciada por la época de lluvias, temperatura del agua y la presencia de aves acuáticas.

Al igual que otros microorganismos aquí contemplados, este no será incluido dentro de los estándares de calidad propuestos debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este.

### ESCHERICHIA COLI

Forma parte de la flora normal del intestino por lo que no es asociada directamente a efectos adversos sobre la salud. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, esta puede causar diarreas de comienzo súbito y en los neonatos puede causar una infección grave. Entre otras de sus enfermedades patógenas se encuentran infecciones urinarias y meningitis.

Su ruta de transmisión es a través de la comida o el agua contaminadas, las transmisiones persona a persona ocurren en comunidades en las que existe un contacto estrecho entre estas, como por ejemplo en guarderías y comunidades con poca higiene.

Las epidemias de esta bacteria a causa de aguas contaminadas han sido bien documentadas y son una clara muestra de la necesidad de tener mayor control tanto en el tratamiento como en la distribución del agua potable; uno de los episodios más recientes ocurrió en Walkerton, Canada en Mayo del 2000 donde 7 personas murieron y más de 2300 cayeron enfermos a causa de una infección asociada a estas.

Su regulación actual en el país es apropiada, aunque la vigilancia y control que se hace sobre estas debe ser mejorada. Según el “Consolidado Histórico (2001 – 2003) de los Parámetros Físicoquímicos y Bacteriológicos por Municipio, Departamento e Índice de Riesgos” del Sistema de Información para Vigilancia de Calidad de Agua Potable - SIVICAP, son muchas las aguas registradas como no aptas para consumo basadas en este mismo criterio.

## HELICOBACTER

Es una bacteria gramnegativa microaerofila, y se encuentra entre las principales bacterias causantes de gastritis crónicas, úlceras y hasta cáncer. Hay por lo menos 14 especies identificadas asociadas a diferentes hospederos, sin embargo parece ser que son los humanos su principal hospedero, aunque también ha sido encontrada en aguas, gatos domésticos y moscas. En aguas, si bien no es una bacteria de fácil crecimiento en el ambiente, sí puede sobrevivir en biofilmes.

Sobre sus rutas de transmisión hay poca información, sobretodo porque es difícil detectarlas en muestras fecales o bucales, aunque se cree q las rutas de infección son fecales-orales y orales-orales.

Debido a su naturaleza, esta no será contemplada dentro de la regulación aquí propuesta.

## LEGIONELLA

El género *Legionella* tiene aproximadamente 42 especies descubiertas, son bacterias gramnegativas cuyo ADN no muestra homologías con otras bacterias. La enfermedad producida por estas, puede manifestarse por la aparición brusca de fiebre alta, escalofríos, malestar, tos seca, hipoxia y diarrea, pero en especial es relacionada a una especie de neumonía con un periodo de incubación de 3-6 días.

La infección a diferencia de otras no se contrae por contacto directo con otros pacientes o por medio de los medios típicos de transmisión; comúnmente se contrae por aspiración de aerosoles o polvo asociados con sistemas de aire acondicionado, pues por lo general es en estos lugares donde la bacteria ocurre. Una vez entra al sistema respiratorio y penetra los pulmones, la bacteria es retenida dentro de los alvéolos.

En el agua potable la bacteria sobrevive parasitando otros microorganismos, y es relacionada con epidemias de este tipo, sin embargo son más comunes en sistemas de refrigeración y en algunos sistemas de distribución de agua.

En este estudio no será contemplado dentro de la regulación propuesta debido a la prioridad que tendrán otros microorganismos sobre este.

#### MYCOBACTERIUM AVIUM-INTRACELLULARE, COMPLEJO

Las bacterias miembros del género mycobaterium (los cuales incluyen a los agentes de la tuberculosis), son organismos acidorresistentes, con una clara tendencia a formar biopelículas en las superficies de los medios acuosos atribuido a su elevado contenido de lípidos.

Las *Mycobacterium Avium* tienen un crecimiento relativamente lento en el agua y en medios de cultivo, es muy raro además que causen enfermedades espontáneas en el ser humano. Por lo general son bacterias oportunistas por lo que tienden a ser una de las principales causas de infecciones en pacientes inmunodeficientes en quienes causan enfermedades pulmonares graves.

En el agua potable sus causas de aparición se deben a la eliminación de las biopelículas que se hayan podido formar en alguna parte del tratamiento, y por lo general son muy difíciles de eliminar completamente por medio de los procesos de tratamiento. Actualmente, los microorganismos de este tipo están contemplados por la EPA dentro de sus estándares de calidad de agua potable, pero debido a su naturaleza no serán recomendados como un estándar de calidad de agua potable para el país.

#### PSEUDOMONAS

Las pseudomonas son bacterias muy comunes en el medio ambiente, pueden ser encontradas en el suelo, el agua, las aguas negras y en el aire. En particular la *Pseudomona aeruginosa* es una bacteria que pertenece a la flora normal intestinal aunque en pequeñas proporciones. Otras especies de pseudomonas ocurren en el medio pero rara vez producen enfermedad.

La *Pseudomona aeruginosa* es patógena solamente cuando el cuerpo esta bajo de defensas o cuando hace parte de una infección mixta. Son bacterias muy comunes en quemaduras y heridas, donde producen una infección cuyo pus es de color verdeazuloso. Pueden producir además meningitis cuando son introducida por punción lumbar, infecciones en las vías urinarias cuando estas son expuestas a equipo medico contaminado, o a través de irrigación por soluciones infectadas.

Las infecciones del sistema respiratorio ocurren especialmente debido a respiradores contaminados, estas producen una neumonía necrosante es decir capaz de gangrenar los tejidos relacionados. Además de estas están relacionadas a enfermedades como la septicemia, y otitis.

Las infecciones asociadas al agua producidas por estas bacterias se producen por lo general a temperaturas tibias y ambientes húmedos, por ejemplo las piscinas cubiertas y los gimnasios. Dado que estas bacterias hacen parte de la flora común del medio ambiente, el agua es un medio perfecto de reservorio, por lo que es común encontrarla en sistemas de distribución, en tuberías de agua caliente y en las piscinas como ya fue mencionado.

Además de las enfermedades que puede causar, su presencia en el agua puede producir problemas de aceptabilidad dado que estas pueden producir sabores, olores y turbidez. Pero debido a lo común de su presencia en el medio ambiente, esta no será contemplada como un estándar de calidad de agua.

## SALMONELLA

La salmonella es también una bacteria entérica de la familia Enterobacteriaceae. Son bacilos gramnegativos, móviles, aerobios capaces de producir infecciones tanto en humanos como en animales. Clínicamente se distinguen cuatro tipos de infecciones debido a esta bacteria: la primera es la gastroenteritis, la cual puede variar desde una diarrea leve hasta fatal, con la presencia de náuseas y vómito; la segunda es una septicemia súbita con presencia de fiebre, tercero una fiebre entérica y por último una infección en la que la persona es portadora de pasadas infecciones.

Si bien esta bacteria está asociada principalmente al consumo de carnes, y productos lácteos infectados con la bacteria, epidemias a causa de la *S. Typhi* se han presentado igualmente.

#### SHIGELLA

Las shigellas son bacilos gramnegativos aerobios, inmóviles; cuyo hábitat natural está limitado al intestino del hombre y otros primates. Su periodo de incubación es de 36 a 72 horas y el consumo de solo 200 organismos puede ya causar una infección grave.

Las epidemias a causa de esta bacteria ocurren a través de moscas, comida contaminada, y contacto con heces. Si bien no es usual que la enfermedad se transmita a través del agua, algunas epidemias han sido reportadas, en especial por consumo de aguas subterráneas y otros fuentes de agua de agua contaminadas con heces. Dada la severidad de las infecciones a causa de esta bacteria, es uno de los organismos sobre los que mayor control debe existir.

Debido a que su presencia en el agua es poco común, esta no será incluida como un estándar de calidad dentro de la regulación aquí recomendada.

## ESTAPHYLOCOCO AUREUS

Es una bacteria grampositiva capaz de causar varios males en el cuerpo humano. Al igual que la mayoría de bacterias las enfermedades gastrointestinales a causa de esta se deben a la producción de enterotoxinas que producen vómito, diarrea, fiebre, dolores abdominales, pérdida de fluidos e imbalance electrolítico.

Es también una bacteria común de la microflora humana, sin embargo es también una bacteria oportunista capaz de producir graves infecciones. Sus principales rutas de transmisión son el consumo de agua y comidas contaminadas, cuando estas no han sido adecuadamente almacenadas y se ha promovido su crecimiento. Es usual que estas también se contaminen por contacto con personas que portan la bacteria y son capaces de transmitirla a través de la piel.

En el agua, la presencia de esta bacteria es un muy buen indicador de la contaminación de aguas de uso recreacional, aunque no se ha confirmado su transmisión a través del agua. Por lo general su detección en el agua es en aguas de fuentes subterráneas, pero esta no será contemplada como un estándar de calidad en la regulación propuesta debido a lo común de su presencia en el medio ambiente.

## TSUKAMURELLA

Es un género reciente creado en 1988 para acomodar a un grupo de bacterias caracterizado por la presencia de grandes cadenas de carbonos. Son actinomicetes, es decir de crecimiento filamentosos, relacionados a otros géneros como *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Mycobacteria*. Son patógenos oportunistas que colonizan principalmente en personas con inmunodeficiencia. Sus infecciones están ligadas a enfermedades pulmonares crónicas, infecciones postoperatorias, meningitis, peritonitis y abscesos subcutáneos.

Son además bacterias saprofitas encontradas en suelos, agua y espumas de lodos activados. Dado también que estos organismos están relacionados a las *Nocardias* y *Mycobacterias* estas forman parte del Conteo de Placas de Bacterias Heterotróficas (HPC)“, estándar de calidad establecido por la EPA.

Su estandarización en el país, no será recomendada en este estudio debido a la prioridad que se le dará a otros microorganismos cuya presencia en el país es más probable y sobre las cuales hay mayor información.

## YERSINIA

El género *Yersinia* consiste de siete especies dentro de la familia Enterobacteriaceae. La *Y. Enterocolitica* es un miembro ocasional de la flora intestinal humana y puede producir diarrea en perros y humanos. Muchos animales domésticos y salvajes son considerados como posibles reservorios de la bacteria, pero los que más relación tienen con el desarrollo de infecciones en los humanos son los perros y los cerdos. Muchos de estos tipos de bacterias no son patógenos a los humanos, a excepción de aquellos encontrados en la carne de cerdos.

La bacteria se puede presentar en el agua potable cuando esta por alguna razón ha tenido contacto con aguas negras, sin embargo en aguas bien tratadas es difícil encontrarla, pues es fácil evitarla con tratamientos de desinfección con cloro u ozono.

Dentro de la regulación aquí recomendada, esta no será incluida debido a la prioridad que tienen otros microorganismos dentro de dicha regulación.

## VIBRIO



Son bacilos curvos, gramnegativo, aerobios. *Vibrio Cholerae* es el de mayor atención para el ser humano por ser aquel que produce el cólera en el hombre, aunque otros vibrio pueden producir también enfermedades graves como septicemias o enteritis

En condiciones naturales, esta bacteria es patógena solo al hombre, pero se han diseñado modelos en animales donde estos la adquieren. El cólera no es una enfermedad invasiva, es decir los organismos nunca llegan a la sangre, sino que permanecen dentro del intestino desde donde liberan su toxina y se multiplican. En el 60% de los casos la enfermedad puede ser mortal si no es tratada a causa de deshidratación severa y desbalance electrolítico.

Las especies patógenas están relacionadas al agua a través de moluscos y crustáceos de regiones tropicales, la presencia de la bacteria desciende cuando el agua alcanza una temperatura por debajo de 20C.

Su presencia el agua potable es de vital importancia, no solo por los daños capaces de causar sino además porque es un tipo de bacteria muy susceptible al tratamiento del agua, ya sea a través de cloración o localmente hirviendo el agua, por lo que es un claro indicador de un mal tratamiento y de problemas de higiene.

En el país se han registrado varias epidemias de cólera, sin embargo no hay registrados brotes recientes de la enfermedad. Debido a la naturaleza esporádica de la enfermedad, este tipo de bacterias no serán contempladas como un estándar de calidad dentro de la regulación aquí propuesta.

#### **4.2.1.2 Patógenos Virales De Origen Fecal**

## ADENOVIRUS

Los adenovirus comprenden un gran grupo de virus que se encuentran ampliamente distribuidos en la especie humana, monos, ganado, perros, cerdos, ratones y pollos. Sólo en humanos se conocen 51 tipos antigénicos.

En los humanos este tipo de virus puede causar no solo problemas gastrointestinales, sino pulmonares, oculares y ciertas infecciones sub-clínicas. Su presencia en el agua está relacionada a piscinas donde se adquieren enfermedades como faringitis y conjuntivitis. En países como Estados Unidos su importancia es muy alta, y están catalogados como organismos de prioritario estudio para estándares de calidad en agua. Esto se debe a que su ocurrencia es alta en aguas y que es muy difícil de eliminar a través de procesos de purificación del agua.

Su regulación no será aquí recomendada debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este.

## ASTROVIRUS

Fueron descubiertos en 1975 gracias a estudios realizados sobre una epidemia de diarrea en una unidad de maternidad y una investigación en la etiología de la diarrea infantil en una ciudad escocesa.

En el hombre son capaces de causar gastroenteritis, pero principalmente diarrea cuya ocurrencia es mayor en niños menores de 5 años. La enfermedad comúnmente es autolimitante y de corta duración, es por eso que muchas veces es subestimada y muchos casos no son reportados.

El virus ha sido detectado en aguas que parecían haber pasado todos los estándares de aceptabilidad bacteriológica, por lo que se concluye que la mejor

manera de controlarlos es mediante un control muy exhaustivo del agua para que esta no tenga contacto con heces fecales, las cuales son su fuente de transmisión.

Debido a su difícil análisis, estos no serán contemplados como estándares de calidad dentro de la regulación aquí propuesta.

### CALCIVIRUS

Los calcivirus humanos son una de las principales causas de gastroenteritis viral aguda en todas las edades. Los síntomas son fiebre, diarrea, náusea y vómito, síntomas que pueden durar entre uno y tres días. Si bien estos síntomas son por lo general leves, las implicaciones económicas en términos de productividad y gastos médicos son muy altas debido al gran número de personas que pueden contraer la infección. Para estos virus el único hospedero conocido es el hombre y su transmisión se hace por vía fecal-oral a través de alimentos y agua contaminados.

Dentro de la regulación aquí propuesta, estos no serán contemplados como estándares de calidad, debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre estos.

### ENTEROVIRUS

Son uno de los géneros de virus más grandes que hay, existen en muchos animales como vacas, cerdos, ratones, etc. En los seres humanos son habitantes transitorios del sistema digestivo, hacen parte de este género los Poliovirus, causante de la grave enfermedad que lleva su nombre “poliomelitis”, los Coxsackievirus del grupo A, los Coxsackievirus del grupo B, los echovirus y los enterovirus.

El subgrupo de los Coxsackievirus dan lugar a enfermedades como la meningitis, cardiopatía viral, herpangina, pleurodinia, mio- y pericarditis, resfriado común y posiblemente diabetes. Los echovirus por su parte son causantes de enfermedades como la meningitis, enfermedades febriles (es decir con fiebre) con o sin erupciones en la piel, y resfriado común. Finalmente dentro de los otros grupos de enterovirus se encuentran virus causantes de la conjuntivitis hemorrágica aguda, bronquitis, meningitis, encefalitis y una especie de poliomyelitis similar a la paralítica.

Muchos estudios han demostrado la presencia de estos virus en aguas tratadas y crudas. Son virus muy estables en el medio ambiente y muy resistentes a tratamientos de desinfección. Estudios recientes desarrollados por la OMS han mostrado que la presencia de unos pocos de estos virus en el agua de consumo representa ya un riesgo para la salud.

Estos no serán contemplados dentro de la regulación aquí propuesta, debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre estos y a la factibilidad de emplearlo como un estándar de calidad cuando su resistencia a la desinfección es tan alta.

#### VIRUS DE LA HEPATITIS A

Al igual que los enterovirus pertenece a la familia de los *Picornavirus* y ha sido clasificado como un solo género del cual es el único miembro.

El periodo de incubación de la enfermedad varia entre 10 y 50 días, con un promedio de 28-30 días dependiendo de la dosis de infección. Por lo general la enfermedad no es grave, se caracteriza por la aparición de fiebre súbita, orina oscura, nausea, anorexia y finalmente ictericia. La tasa de mortalidad de la enfermedad es menor al 1.5% y por lo general estas ocurren en las personas de

mayor edad o con problemas que puedan alterar el desarrollo común de la enfermedad.

La enfermedad esta directamente asociada a agua y comida contaminada con heces fecales, por lo general los grupos más propensos a dicha enfermedad son las guarderías, las bases militares, pacientes en centros de rehabilitación hemofílicos y drogadictos que usen agujas.

Agua contaminada ha sido culpada de muchas epidemias de la enfermedad, aunque el virus puede ser controlado en esta mediante radiación UV o con cloro residual en concentraciones de 2.0-2.5 mg/L.

Debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este, no será recomendado como un estándar de calidad en la regulación aquí propuesta.

## ROTAVIRUS

En los humanos son causantes de gastroenteritis viral aguda sobretodo en niños menores de 5 años. El periodo de incubación es menor a 48 horas y los síntomas incluyen fiebre, vómito, diarrea crónica (con o sin sangre) y dolores abdominales.

Las posibles fuentes de transmisión de la enfermedad son el agua y la comida contaminadas con el virus. Dado que una persona infectada puede expulsar a través de las heces fecales más de  $10^{11}$  partículas virales por gramo, la presencia de estas en aguas contaminadas es muy alta.

A causa de agua contaminada varios estudios han demostrado la relación directa entre epidemias de gastroenteritis y el virus; igualmente, en ríos de Suiza donde se encuentran varias plantas de tratamiento de aguas residuales se ha demostrado la presencia del virus en sus aguas.

Debido a la prioridad que hay que darle a otros microorganismos en la regulación de estándares de calidad de agua potable, en donde estos deben hacerse de manera tal que sea fácil su implementación, estos no serán recomendados como estándares dentro de dicha regulación.

#### VIRUS DE LA HEPATITIS E

Al igual que el virus de la hepatitis A, este tiene su propio género. El desarrollo de la enfermedad es similar al de la hepatitis A, con una tasa de letalidad similar a la de esta, menos en mujeres embarazadas donde dicha tasa puede llegar al 20% en el tercer trimestre del embarazo<sup>33</sup>.

El reservorio de la enfermedad no se ha establecido con claridad aun, pero recientes estudios han mostrado que animales como los chimpancés, cerdos y ratas son susceptibles a la enfermedad. Al igual que la hepatitis A el contagio de la enfermedad se produce por las vías fecal-oral, con rutas de transmisión a través de agua contaminada. Pero como esta, no será contemplado dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

#### 4.2.1.3 Protozoarios De Origen Fecal

##### ACANTHAMOEBA

Son amebas que viven libremente en el ambiente, solo tres de ellas son patógenos conocidos al ser humano: *A. Castellanii*, *A. Polyphaga*, *A. Culbertsoni*. Este tipo de amebas a condiciones extremas tiene la capacidad de formar quistes muy resistentes capaces de soportar temperaturas entre los -20 y 56 C y desinfectantes.

---

<sup>33</sup> [http://geosalud.com/enfermedades\\_infecciosas/hepatitis\\_e.htm](http://geosalud.com/enfermedades_infecciosas/hepatitis_e.htm)

Las infecciones ligadas a este parásito se encuentran en el cerebro, glándulas suprarrenales, ojos, riñones, hígado, páncreas, glándula tiroides y el bazo. Este tipo de amebas se pueden encontrar en suelos, y en todo tipo de aguas incluyendo aguas de piscinas cloradas, agua potable y pozos, por lo que es un organismo que requiere especial atención. El parásito puede ser eficientemente removido mediante filtración pero es resistente a la mayoría de procesos de desinfección.

### BALANTIDIUM

El *Balantidium coli* es un ciliado gigante que se encuentra en el intestino de humanos y cerdos. Al igual que las amebas produce trofozoitos y quistes capaces de resistir condiciones ambientales extremas como pH y temperatura.

La infección producida por este se manifiesta de forma similar a la de una amibiasis, mediante diarrea, náuseas, vómito, dolor de cabeza y anorexia y en casos extremos puede llegar a formar abscesos y lesiones hemorrágicas en el intestino.

Por lo general la ruta de transmisión del parásito es a través del contacto con cerdos infectados, pero igualmente es asociada al consumo de agua y comida contaminada con heces fecales.

El único episodio ocurrido registrado de epidemias a causa del consumo de agua contaminada sucedió en 1971 cuando el agua potable se contaminó con heces fecales de cerdos después de un tifón, sin embargo es un parásito poco común en humanos. Debido precisamente a su poca presencia en el agua potable, este no será contemplado dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

## CRYPTOSPORIDIUM

Es un parásito que se desarrolla por completo al interior de un solo huésped. Su forma de transmisión es a través de la ingestión de sus ooquistes los cuales completan su ciclo vital al interior del organismo que hayan infectado.

La enfermedad se puede transmitir de humanos a humanos de animales a humanos y viceversa siendo las heces fecales su ruta de transmisión. La enfermedad producida por este se caracteriza por una intensa diarrea acuosa, dolor abdominal, anorexia, flatulencia y malestar general, se puede también presentar con vómito, fiebre y náuseas. En pacientes inmunodeficientes la enfermedad es grave y se estima que entre el 5-10% de ellos presentan criptosporidiasis cada año.

Varios brotes de la enfermedad se han relacionado con el agua de consumo donde mediante cloración es imposible destruir los quistes del parásito, igualmente son resistentes a otros desinfectantes y a altas temperaturas.

Estos microorganismos están regulados actualmente por la EPA como estándares de calidad de agua, sin embargo su regulación para Colombia no será recomendada en este estudio debido a la prioridad que otros microorganismos tienen sobre estos, y a la facilidad de su implementación en el país, además la información que se tiene acerca del parásito es aún muy limitada. Sin embargo el compuesto será incluido dentro del listado de parámetros bajo estudio para su posterior regulación.

## CYCLOSPORA

Es un coccidio intestinal capaz de producir ooquistes que son expulsados del huésped a través de las heces fecales. Parece ser que el hombre es su único verdadero hospedero, donde produce diarrea acuosa, dolores abdominales, anorexia, pérdida de peso, dolor muscular y ocasionalmente vómito y/o fiebre.



Su ruta de transmisión es a través de agua o comida contaminada, no es usual que se transmita de persona a persona mediante contacto. Solo dos brotes del parásito se han asociado a agua de consumo, el primero en Chicago en 1990 en un hospital a causa del agua de un tanque de almacenamiento contaminado, y el segundo en un grupo de soldados ingleses al beber agua mezclada de un río y aguas municipales.

Al igual que la mayoría de los parásitos, sus quistes tienden a sobrevivir en condiciones extremas y la mejor manera de tratar el agua contra estos es mediante filtración.

Su regulación no será recomendada debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este y a la poca información acerca de su presencia en aguas tratadas.

## ENTAMOEBIA

Es un parásito amebico, capaz de invadir los tejidos humanos y desarrollarse en casi todos los órganos del cuerpo a través del torrente sanguíneo. Su infección se adquiere también a través de quistes muy resistentes. Una vez los quistes han desarrollado los respectivos trofozoitos estos penetran el intestino destruyendo el tejido y dando lugar a graves úlceras amebicas. Entre los síntomas al adquirir la enfermedad se encuentran diarrea, dolores abdominales, fiebre y presencia de sangre y moco en las heces fecales.

El hombre es el principal reservorio del parásito y se ha estimado que al menos el 10% de la población mundial esta infectado con él. El parásito se contrae por el consumo de comida o agua contaminada con sus quistes, en el agua por ejemplo estos pueden durar hasta tres meses.

Dentro de este estudio no será recomendado como estándar de calidad, debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este.

## GIARDIA

Es un protozoo flagelado que se encuentra en el duodeno y el yeyuno del humano. Al igual que muchos protozoarios se desarrolla a través de quistes resistentes a condiciones extremas mediante los cuales se adquiere el parásito y posteriormente trofozoitos quienes expanden la enfermedad en el organismo.

A causa de agua contaminada se han registrado varios brotes de la enfermedad, sobretodo asociados a aguas donde el sistema de tratamiento solo incluía cloración y no había filtración

En los últimos 15 años, la Giardia Lamblia se ha reconocido como una de las enfermedades más frecuentes transmitida a través del agua, y en países como Estados Unidos, España y Francia, se ha empezado a regular su presencia. En el país actualmente este microorganismo no se encuentra regulado, pero será recomendada su regulación debido a los últimos estudios realizados sobre su presencia en el agua.

## ISOSPORA

Son coccidios, parásitos del intestino, de los cuales hay muchas especies pero solo conocidas como parásitos al hombre están la *I. Belli* y la *I. Hominis*. Entre sus especies se encuentran también parásitos como la *I. Canis* y la *I. Felis* que infectan a perros y gatos respectivamente causando enfermedades graves no en animales sanos sino en aquellos débiles o con un sistema inmune bajo, por ejemplo en animales recién nacidos. También es factible que especies del parásito lo contraigan aves domésticas y hasta reptiles.

Entre los síntomas de la enfermedad en el hombre se encuentran la diarrea acuosa, pérdida de peso y fiebre, Por lo general la enfermedad es autolimitante y no tan grave en personas con una adecuado sistema inmune. No hay evidencia exacta de la ruta de transmisión del parásito, pero se sospecha que la comida y las aguas contaminadas con heces fecales sea su más importante medio de transmisión.

Debido a la prioridad que tienen otros compuestos sobre este, no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta.

### MICROSPORIDIUM

Son parásitos intracelulares obligados, constituidos por esporas que varían en forma, método de división celular y tamaño según la especie. Al igual que muchos parásitos de su tipo los casos más graves de infección se ven en pacientes con inmunodeficiencias y niños, solo en poco casos se ven infecciones en personas sanas donde no se desarrolla la enfermedad como diarrea sino a través de infecciones oculares o encefalíticas.

Las esporas provenientes de las heces fecales de personas infectadas ingresan al cuerpo humano mediante ingestión o inhalación. Las especies de este patógeno se encuentran en la lista de patógenos prioritarios por la EPA y como “Patógeno importante emergente” por la el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades en Estados Unidos (CDC).

Se han registrado brotes de la infección asociados al consumo de agua tratada, y se ha encontrado el parásito en aguas subterráneas y crudas. Las esporas del parásito son resistentes a la cloración por lo que la mejor manera de prevenirlo es a través de microfiltración y buenas medidas de higiene.

Debido a la poca información que se tiene sobre este microorganismo, este no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta.

## TOXOPLASMA

Son parásitos intracelulares obligados que se pueden encontrar dentro del organismo ya sea como quistes o trofozoitos activos. Su principal hospedero es el gato domestico y otros felinos, donde se desarrolla en su intestino y es pasado al ser humano a través del contacto con las heces de estos ya sea a través de comida o agua contaminadas.

El caso más grave de la enfermedad es cuando esta es transmitida por la madre al feto en los primeros meses de embarazo, en donde la enfermedad se puede presentar con malformaciones en este o incluso la muerte. Si bien es una enfermedad asintomática, pueden presentarse en casos aislados síntomas similares a una gripa, linfadenitis, fiebre o dolor de cabeza en personas no inmunosuprimidas. En infecciones congénitas la enfermedad puede aparecer a través de los años mediante trastornos del sistema nervioso central, bazo o hígado agrandado, erupción, fiebre, ictericia, anemia, inflamación de la retina y trastornos psicomotores y de aprendizaje. En una persona inmunosuprimida la infección puede ser grave y provocar lesiones en el cerebro que se manifiestan con fiebre, dolor de cabeza, confusión, convulsiones o inflamación de la retina que provoca una visión borrosa.

Si bien no hay documentación específica de brotes de la enfermedad a través del agua, se cree que los quistes que son resistentes a condiciones extremas se pueden transmitir a través de esta cuando ha sido infectada por heces de animales que llevan el parásito.

Debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este, este no será incluido dentro de la regulación de estándares de calidad de agua aquí propuesta.

#### 4.2.1.4 Otros Microorganismos

##### DRACUNCULUS MEDINENSIS

En un nematodo intestinal también conocido como gusano de guinea. La enfermedad se contrae al ingerir agua con Cyclops, un crustáceo que sirve de medio de transmisión al comer las larvas del parásito, o a través de las pulgas.

La enfermedad es endémica en el África y en la India. Si bien la OMS había programado la erradicación de la enfermedad para el año 2000, en los últimos años se ha visto un crecimiento de las personas infectadas con el parásito, en parte atribuido a la situación política de las naciones que padecen de la enfermedad donde los recursos deben ser invertidos en otras prioridades.

La enfermedad se desarrolla a través de una pápula muy dolorosa en la piel, usualmente el tobillo, donde finalmente la enfermedad se desarrolla produciendo una ulceración grave del tejido. Cuando el gusano entra en contacto con el agua fresca el útero del gusano “ hembra” colapsa y libera las larvas al agua a través de las cuales se contrae la enfermedad.

Este es de los pocos parásitos que pueden ser evitados mediante métodos caseros de filtración de agua, por ejemplo un simple filtro de tela es suficiente para prevenir la enfermedad. Debido a la prioridad que tienen otros microorganismos sobre este y a la eventual erradicación de este microorganismos, este no será incluido como estándar de calidad en la regulación aquí propuesta.

##### CIANOBACTERIAS

Las cianobacterias están presentes en una gran variedad de lagos, lagunas, o ríos de poco movimiento, su principal riesgo asociado es la posibilidad de un episodio de proliferación de estas en un corto periodo de tiempo.

Debido a la poca información que se tiene sobre la presencia de este tipo de microorganismos en el país, y a la prioridad de regulación que tienen otros microorganismos sobre estos, estos no serán contemplados dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

### 4.3 ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS

Los siguientes son los criterios organolépticos y físicos especificados dentro de la regulación actual en el país:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	$\leq 15$
Olor y sabor	-	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT)	$\leq 5$
Sólidos Totales	mg/L	$\leq 500$
Conductividad	microohms/cm	50 - 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

**Tabla 4-8. Criterios Organolépticos y Físicos de la Calidad del Agua Potable**

La Organización Mundial de la Salud toma los aspectos de color, olor y sabor como aspectos determinantes de la aceptabilidad del agua que va a ser consumida, si bien estos pueden no ser factor de riesgo para la salud, la aceptación por parte del público para su consumo si es factor un primordial a la hora de tratar el agua, pues esto se verá reflejado en la credibilidad de las entidades asociadas al tratamiento de dicha agua y a la satisfacción del mismo consumidor.

#### 4.3.1 Olor Y Sabor

##### ESTANDARIZACIÓN

Dados sus posibles orígenes y el alto rango de olores y sabores que pueden ser percibidos por el ser humano su estandarización dentro de un sistema cuantitativo es aún muy difícil y hoy en día su evaluación es aún muy subjetiva. Los procedimientos para analizar olores todavía requieren mucho estudio y son muy costosos. Si bien hay algunos compuestos sobre los cuales se pueden hacer análisis con resultados favorables, los cuales por lo general tienen olores muy característicos, todavía es muy difícil mantener este estándar con un valor único cuya reglamentación pueda ser viable.

La siguiente tabla presenta los factores que deben tenerse en cuenta para la caracterización completa de un olor<sup>34</sup>, sin embargo hoy en día solo se establece como estándar la detectabilidad de estos:

---

<sup>34</sup> METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales V1, Tabla 3-7 Factores a tener en cuenta para la caracterización completa de un olor, Pág. 66, Tercera Edición, McGraw-Hill

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Carácter	Se refiere a asociaciones mentales hechas por el sujeto al percibir el olor. La determinación puede resultar muy subjetiva
Detectabilidad	El número de diluciones requerido para reducir un olor a su concentración de olor umbral mínimo detectable
Sensación	La sensación de agrado o desagrado relativo al olor sentido por un sujeto
Intensidad	La fuerza en la percepción del olor; se suele medir con el olfatómetro de butanol o se calcula según el número de diluciones hasta el umbral de detección cuando la relación es conocida

**Tabla 4-9. Factores para la Estandarización de Olores**

Son muchos los orígenes que pueden tener estos aspectos y en muchos casos pueden ser una voz de alerta de que en el tratamiento, distribución o almacenamiento del agua puede haber algún problema. Pueden ser causados por químicos contaminantes de origen orgánico e inorgánico, por procesos de origen biológico como microorganismos o toxinas de estos, como sub-productos durante los procesos de tratamiento, etc.

#### **4.3.1.1 De Origen Biológico**

Muchos de los compuestos de origen biológico que generan olores son organismos que no tienen efecto alguno comprobado sobre la salud humana pero sí son capaces de producir olores y sabores indeseables en el agua en presencia de solo nanogramos. Los dos principales compuestos capaces de dicho efecto son la geosmina y el 2-metilisoborneol (MIB), la primera, por ejemplo, es una de las sustancias químicas producida principalmente por la bacteria *Streptomyces*



*coelicolor* y algunas cianobacterias, esta confiere al agua el olor a tierra mojada que se puede percibir en muchas de las aguas provenientes de ríos o quebradas aún sin tratar.

Otro de los principales compuestos capaces de dar este peculiar olor al agua es el 2-metilisoborneol (MIB), producido también por cianobacterias, especialmente *O. Curviceps*

## COLORO

Este puede ser fácilmente detectado por la mayoría de personas al igual que la cloramina, ambos compuestos usados como agentes desinfectantes en el tratamiento de aguas. La cloramina es un compuesto de cloro y amoníaco usado ahora por las industrias encargadas del tratamiento de aguas para evitar la formación de trihalometanos, sustancias cancerígenas que se forman cuando el cloro reacciona con algunos compuestos orgánicos.

El problema de dichas sustancias es que pueden ser detectadas en concentraciones aún por debajo de 5 mg/L en el caso del cloro y en concentraciones de 0.6-1.0 mg/L en la cloramina, sin embargo son los principales compuestos usados como desinfectantes del agua en el país .

### Valores admitidos para el cloro

OMS (Valor guía provisional)	5 mg/L
EPA	1 mg/L <sup>35</sup>
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	0.2 – 1 mg/L <sup>36</sup>

<sup>35</sup> Como cloro residual libre

<sup>36</sup> como cloro residual libre

### Valores admitidos para la cloramina

OMS (Valor guía provisional)	3 mg/L
EPA	4 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

En el caso de la cloramina, debido a que esta no se encuentra ni siquiera contemplada dentro del REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS 2000 (TITULO A) como un tipo de desinfección, no será incluida dentro de la regulación propuesta en este estudio.

El cloro, sin embargo, si será contemplado en la regulación aquí propuesta, pero manteniendo el estándar de calidad actual, al considerar que este es adecuado para el país.

### MONOCLORAMINA

Es un compuesto que con el tiempo ha venido siendo usado con mayor frecuencia como agente desinfectante en el tratamiento de agua potable dadas las características de su acción, pues a diferencia de los hipocloritos usados este, actúa de manera más gradual y progresiva, disminuyendo el riesgo de contaminación en la red como usualmente sucede. Es el resultado de la reacción entre el amoníaco y el cloro, sin embargo dicha unión requiere de un cuidado especial debido a la alta probabilidad de formar di- y tri-cloramina, ambas sustancias más perceptibles por el olfato.

## CLOROFENOLES

Son derivados clorados de los fenoles, presentes en aguas residuales principalmente urbanas, o de industrias del petróleo, siderurgias o farmacéuticas. Son compuestos que se caracterizan por darle al agua olores y sabores muy desagradables, fácilmente perceptibles por el hombre, por lo que muchas veces un agua es considerada libre de riesgo a la salud si esta libre del sabor del compuesto 2,4,6 – triclorofenol.

Su regulación no será recomendada dentro del presente estudio, debido a la dificultad que su implementación conllevaría, y a la poca probabilidad de su presencia en el agua potable.

### 4.3.1.2 De Origen Químico

Definir los umbrales de olor de diferentes compuestos es de por sí una tarea difícil, pues además de muchas otras cosas depende de la capacidad perceptiva de cada persona para detectarlos. Definirlos en sustancias químicas es aún más complicado debido a los muchos factores que pueden alterarlos: temperatura, pH, humedad, etc.

## AMONÍACO

Como se analizó anteriormente, su presencia en el agua se puede dar por muchas causas, tanto naturales o como resultado de la acción humana. Es además un compuesto fácilmente detectable por el hombre en el agua. Las concentraciones a las cuales el compuesto puede ser detectado son:

En pHs alcalinos: 1.5 mg/L (olor)  
35 mg/L (sabor) para el cation amonio

Debido a su fácil percepción e inaceptación por parte del hombre, este compuesto no será incluido dentro de la regulación propuesta.

## CLORURO

El sabor salado a causa de los cloruros es muy variable y depende principalmente de la composición química del agua, por esto mismo los límites admisibles son muy variables en los cloruros y dependen principalmente del catión al que estén asociados. Por lo general concentraciones mayores a 250 mg/L son detectables, sin embargo es común que los consumidores se acostumbren a estas si se presentan de manera constante en su consumo.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	250 mg/L
EPA	250 mg/L
FRANCIA	250 mg/L
COLOMBIA	250 mg/L

Como se mencionó anteriormente, es un estándar de calidad usado en varios países, de fácil implementación, por lo que no necesita de una nueva formulación.

## COBRE

La presencia de cobre en el agua se debe principalmente a su sistema de conducción realizado en tuberías de dicho material. Además de producir efectos adversos sobre la salud, en aspectos organolépticos la presencia de cobre en el agua da a esta un sabor metálico desagradable y además forma manchas azul-verdosas.

## Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	1 mg/L
EPA	1 mg/L
FRANCIA	1 mg/L
COLOMBIA	1 mg/L

Como se mencionó anteriormente es aconsejable mantener su estándar actual, previendo que sobre los actuales sistemas de distribución no hay un manejo adecuado.

## DICLOROBENCENOS

La OMS ha establecido límites de 2-10 y 0.3-30  $\mu\text{g/L}$  para los compuestos 1,2- y 1,4- diclorobencenos respectivamente, según su detectabilidad en el agua de consumo por el hombre.

La concentración a las cuales estos compuestos representan un riesgo para la salud son mayores a las concentraciones a las cuales estos compuestos pueden ser percibidos por el hombre. Su estandarización sin embargo basada en un aspecto de detectabilidad es sumamente complicada debido a la gran margen que hay en su detección por el hombre. Es por esta razón, que estos compuestos no serán incluidos dentro de la regulación aquí propuesta como un estándar de calidad dentro de los aspectos organolépticos.

## ETILBENCENO

El etilbenceno tiene un olor aromático que puede ser detectado a partir de concentraciones por debajo de las concentraciones a las cuales el compuesto puede representar un riesgo para la salud.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.3 mg/L
EPA	0.7 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	No se encuentra regulado

Debido a la poca probabilidad de su existencia en aguas de consumo, este no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta.

#### DUREZA

La dureza en el agua puede ser fácilmente detectada por la precipitación del jabón y la necesidad de grandes cantidades de este para poder alcanzar la limpieza deseada. La aceptabilidad del grado de dureza en el agua varía mucho de comunidad a comunidad y los cambios en esta son fácilmente detectados por la comunidad. Los valores admisibles de calcio en el agua están entre los 100 – 300 mg/L, dependiendo del anión asociado. En el caso del magnesio los valores aceptados son probablemente menores que los del calcio debido a que los aniones asociados son detectados más fácilmente.

Debido a la variedad de su aceptación por parte de la población, esta no será contemplada como un estándar de calidad del agua.

#### ACIDO SULFIHIDRICO

El sabor y olor de este ácido están estimados entre 0.05-0.1 mg/L, es uno de los compuestos cuyo olor produce mayor malestar entre la comunidad. Este compuesto es el culpable de los olores de huevo podrido y su formación se debe a la reducción de los sulfatos presentes a causa de presencia bacteriana.

El sulfuro es oxidado rápidamente a sulfatos en aguas bien aireadas o agua clorada, por lo que los niveles de ácido sulfhídrico en aguas recién tratadas es normalmente muy bajo.

Si bien es poco probable que una persona pueda consumir dosis dañinas de este compuesto en el agua, y por lo tanto una valor que limite este compuesto para que no produzca daños en la salud no ha sido establecido, es fácilmente detectable.

Debido a la poca probabilidad de su presencia en el agua potable, este no será recomendado como un estándar de calidad en el agua potable.

## MANGANESO

A niveles superiores de 0,1mg/L puede causar sabores no deseados en las bebidas, aunque a esta concentración es aun aceptable pues su concentración máxima admisible basado en criterios de salud es cinco veces mayor a esta.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.1 mg/L
EPA	0,05 mg/L
FRANCIA	0.05 mg/L
COLOMBIA	0.1 mg/L

El estándar actual del compuesto que rige en Colombia se considera adecuado, por lo que será mantenido dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

#### MONOCLOROBENCENO

Es compuesto potencialmente cancerígeno por lo que su valor límite es mucho menor que el valor mínimo de concentración al cual es detectado por el hombre, estos pueden estar entre 10-20  $\mu\text{g/L}$

Debido a la poca información que se tiene acerca de su presencia en el agua, este compuesto será incluido dentro del listado de compuestos bajo estudio para su posterior regulación.

#### OXIGENO DISUELTO

Su presencia en el agua depende de varios factores como la temperatura y los procesos físicos y químicos con los cuales haya sido tratada. El agotamiento de esta en el agua puede provocar la reducción de nitratos en nitritos y sulfatos en sulfito dadas la presencia microbiológica, produciendo olores no deseados a causa de estos compuestos.

Se recomienda sin embargo la regulación es de estos últimos como estándares de calidad, y no la causa de estos, en este caso el oxígeno disuelto, debido a los efectos que estos puedan tener sobre la salud, y por lo tanto su mayor importancia como estándares de calidad.

#### ACEITES (DERIVADOS DEL PETRÓLEO)



Estos aceites pueden elevar la presencia de hidrocarburos de bajo peso molecular, cuyos umbrales de olor son muy bajos. La presencia de varios de estos compuestos a la vez parece además que hace más bajos estos umbrales.

Debido a la variedad de estos aceites, no serán contemplados como estándares de calidad de agua potable en la regulación aquí propuesta.

### SODIO

Los valores límite de concentraciones en este compuesto dependen al igual que en la dureza del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, el valor límite promedio es de 200 mg/L

Debido a la variedad de su aceptación por parte de la población, este no será contemplado como un estándar de calidad del agua dentro de la regulación aquí propuesta.

### ESTIRENO

El estireno tiene un olor dulce y sus valores límites varían entre 4-2600  $\mu\text{g/L}$ , dependiendo de la temperatura. El estireno puede entonces ser detectado en el agua a concentraciones por debajo de concentraciones que representen un riesgo para la salud.

Debido a la poca información que se tiene del compuesto, el compuesto se encuentra dentro del listado de compuestos bajo estudio para su posterior evaluación.

### SULFATOS

La presencia de sulfatos en el agua potable puede causar un sabor bastante notorio, y a concentraciones altas produce un efecto laxante en el cuerpo. Los daños que pueda causar este compuesto varían con el catión asociado; por ejemplo, el sulfato de sodio tiene un valor límite de 250 mg/L, mientras que el sulfato de calcio tiene un valor límite de 1000 mg/L. Usualmente se considera que por debajo de concentraciones de 250 mg/L de estos compuestos no hay riesgos a la salud, sin embargo por la OMS no hay un valor límite establecido de riesgo a la salud humana.

Debido a la variedad de su aceptación por parte de la población, esta no será contemplada como un estándar de calidad del agua.

#### DETERGENTES SINTÉTICOS

Hoy en día la presencia de detergentes no biodegradables ha disminuido notablemente en la mayoría de países industrializados y en los países en vía de desarrollo se parece estar tomando igual conciencia al respecto. La presencia de detergentes en el agua debe estar limitada a la presencia de espuma y problemas de sabores, sin embargo dados los muchos tipos de compuestos de los que pueden estar constituidos no hay un valor que limite su presencia en el agua, en este momento su presencia es una indicación de problemas sanitarios en la fuente.

Debido a la poca probabilidad de su presencia en agua potable, estos no serán recomendados dentro de la regulación aquí propuesta.

#### TOLUENO

El tolueno tiene un sabor dulce, picante, muy parecido al del benceno. Los umbrales de sabor de este compuesto varían entre 40 y 120  $\mu\text{g/L}$ , mientras que los de olor varían entre 24 y 170  $\mu\text{g/L}$ , ambos valores son más estrictos en

aceptabilidad que en aquellos en que el compuesto representa un riesgo para la salud.

Debido a la variedad de su aceptación por parte de la población, este no será contemplado como un estándar de calidad del agua.

### SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

La cantidad de sólidos disueltos totales en el agua esta directamente asociado a la aceptabilidad del agua de consumo. La palatibilidad del agua con concentraciones de sólidos por debajo de 600 mg/L es considerada por lo general como buena. A concentraciones por encima de 1200 mg/L el agua de consumo tiene serios problemas de palatibilidad

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	600 mg/L
EPA	500 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	500 mg/L

Respecto al valor actual no se recomienda ningún cambio al considerarse que este es adecuado como estándar de calidad de agua.

### TRICLOROBENCENOS

Los umbrales de olor de este compuesto están entre 10, 5-30 y 50  $\mu\text{g/L}$  para los siguientes compuestos 1,2,3-, 1,2,4-, y 1,3,5-triclorobencenos respectivamente. Un umbral de olor y sabor de 30  $\mu\text{g/L}$  es reportado para el 1,2,4-triclorobenceno.

Estos compuestos no serán incluidos dentro de la regulación de estándares propuestos por considerarse que su variabilidad es demasiado alta como para regularlos con un estándar de calidad.

## XILENO

Concentraciones de xileno en el rango de 300 µg/L producen un sabor y olor fácilmente detectables. Para sus isómeros, los umbrales de olor se han reportado desde los 20 hasta los 1200 µg/L. El umbral más bajo de olor esta muy por debajo de los valores reportados como riesgosos para la salud.

Debido a la variedad de su aceptación por parte de la población, este no será contemplado como un estándar de calidad del agua.

## ZINC

Su presencia produce un sabor desagradable similar a los astringentes, aunque su presencia es poco común en el agua en concentraciones por encima de 0.1 mg/L. Como sulfato de zinc, se han determinado umbrales de sabor a concentraciones de 4 mg/L. En el agua, a concentraciones superiores a 5 mg/L y muchas veces hasta en concentraciones de 3 mg/L, su presencia es detectable al formar colores tornasolados, además desarrolla una capa grasosa al ser hervido que produce un gran desagrado en los consumidores.

### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	5 mg/L
EPA	5 mg/L
FRANCIA	No se encuentra regulado
COLOMBIA	5 mg/L

No se recomienda ningún cambio en su regulación por lo que el valor actual será incluido dentro de la regulación aquí propuesta.

### 4.3.2 Apariencia

#### ALUMINIO

Su presencia en el agua se debe principalmente a su uso como coagulante. Por lo general el consumidor se queja de este compuesto cuando su presencia esta por encima de 0.1-0.2 mg/L dado que los flocs de hidróxido de aluminio se depositan en los sistemas de distribución produciendo una perturbación en estos que aumenta la coloración producida por el hierro presentes en estos.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	0,05 – 0.2 mg/L
FRANCIA	0.2 mg/L
COLOMBIA	0.2 mg/L

Siguiendo un criterio de aceptabilidad, el estándar actual será mantenido dentro de la regulación propuesta en este estudio como se mencionó anteriormente en este estudio.

### 4.3.3 Color

Idealmente no debe haber color alguno en el agua de consumo. La presencia de color en este se debe principalmente a la presencia de materia orgánica en especial los ácidos húmicos y fúlvicos asociados al humus del suelo. Igualmente el color es fuertemente influenciado por la presencia de compuestos como el hierro y otros metales, ya sea debido a impurezas de su naturaleza o a la corrosión de los sistemas de transporte de esta.

Por lo general es fácil para el consumidor detectar colores por encima de 15 UCV (Unidades de Color Verdadero) y este es el valor límite que aplican la mayoría de países.

Se reconocen dos tipos de color, el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	No se encuentra regulado
EPA	15 Unidades de Platino Cobalto (UPC)
FRANCIA	15 Unidades de Platino Cobalto (UPC)
COLOMBIA	15 Unidades de Platino Cobalto (UPC)

El estándar actual respecto a este aspecto será mantenido al considerarse que este es adecuado al ser comparado con la regulación de otros países.

#### 4.3.4 Dureza

Dependiendo de otros factores como el pH y la alcalinidad, agua con dureza por encima de 200 mg/L aproximadamente puede causar escamas relacionadas a la deposición de ciertos compuestos en los sistemas de distribución y tanques. Igualmente su presencia hace necesario el uso de cantidades mucho mayores de jabón y posteriormente espuma.

Al ser calentada, esta agua tienden a formar depósitos de carbonato de calcio. Por el contrario aguas muy suaves ( con concentraciones de dureza menores a 100 mg/L) tienen el problema de tener una alta capacidad de corrosión en los tubos de distribución.

Por lo general la dureza no es contemplada como un estándar de calidad de agua, sin embargo en Colombia esta sí es contemplada como tal, con un límite máximo de 160 mg/L como  $\text{CaCO}_3$ .

El estándar actual de este parámetro es aceptable y no se reconoce ninguna necesidad de cambiarlo por lo que será mantenido dentro de los estándares recomendados en este estudio.

#### HIERRO

Por lo general las aguas subterráneas que se encuentran a condiciones anaeróbicas contienen hierro en concentraciones de varios mg/L sin producir coloraciones o turbiedad, sin embargo una vez es bombeada fuera de este, al ser

expuesta a la atmósfera el hierro ferroso se oxida a hierro férrico dándole un color rojizo típico de las aguas con presencia de este compuesto.

La presencia de este promueve también el crecimiento de cierto tipo de bacterias, las cuales toman su energía de la oxidación de el hierro ferroso a hierro férrico produciendo una biomembrana desagradable..

A concentraciones superiores de 0.3 mg/L, el hierro tiende a producir manchas en la ropa lavada con esta agua y otros problemas asociados a su decantación. Usualmente no es reconocido por el consumidor a concentraciones por debajo de 0.3 mg/L aunque ya es posible que presente turbiedad y color.

Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.3 mg/L
EPA	0,3 mg/L
FRANCIA	0.2 mg/L
COLOMBIA	0.3 mg/L

El estándar actual de este compuesto es aceptable y no se reconoce ninguna necesidad de cambiarlo por lo que será mantenido dentro de los estándares recomendados en este estudio.

## MANGANESO

A concentraciones por encima de 0.1 mg/L, ya produce manchas en los inodoros, lavamanos, etc. y en la ropa lavada. Al igual que con el hierro, puede producir acumulación de depósitos del compuesto en los sistemas de distribución. Aun a concentraciones de 0,2 mg/L el manganeso puede formar una capa en las tuberías que una vez es removida se ve de color negro. Si bien el compuesto es



aceptable por el público a concentraciones por debajo de 0,1 mg/L al igual que como mucho compuestos, esto varía notablemente entre población y población.

Un valor provisional limite admisible para la salud humana es 5 veces mayor al umbral de aceptabilidad de 0.1 mg/L.

#### Valores admitidos

OMS (Valor guía provisional)	0.1 mg/L
EPA	0,05 mg/L
FRANCIA	0.05 mg/L
COLOMBIA	0.1 mg/L

El estándar actual del compuesto que rige en Colombia se considera adecuado, por lo que será mantenido dentro de la regulación de estándares de calidad aquí propuesta.

#### 4.3.5 pH

Si bien este no tiene un impacto directo sobre el consumidor, es uno de los factores operaciones más importantes en el tratamiento y por lo tanto en la calidad del agua. Por ejemplo en el proceso de desinfección con cloro, el pH debe ser preferiblemente menor a 8, sin embargo el agua con pH menores puede ser altamente corrosiva. El pH del agua que entra al sistema de distribución debe entonces ser controlado para minimizar la corrosión en las tuberías, y el posterior deterioramiento de la calidad del agua, ya sea en apariencia, aceptabilidad o en efectos sobre la salud.

El pH óptimo requerido variara en cada lugar, pues sus efectos sobre los sistemas de distribución y el agua misma, dependerá de la naturaleza del agua en cuestión.

Usualmente los valores de pH utilizados varían entre 6.5-8.0, pero en el país el rango aceptado es entre 6.5 y 9.0. Este valor parece apropiado para los tratamientos usados en el país por lo que no será modificado dentro de la regulación aquí propuesta.

#### **4.3.6 Turbiedad**

La turbiedad en el agua es causada por las partículas suspendidas en esta que interfieren con el paso de la luz. En el agua potable su presencia puede indicar un mal tratamiento de filtración o una re-suspensión del sedimento en los sistemas de distribución.

Altos niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos durante el proceso de desinfección por lo que esta puede promover el crecimiento bacterial en el agua.

Idealmente la turbiedad tiene valores máximos admisibles menores a 1 UNT, en Colombia dicho valor es menor a 5 UNT, si bien este valor es aceptable por el consumidor y varia de acuerdo las circunstancias, la OMS recomienda que dada su relación directa con el crecimiento de microorganismos el agua deje la planta de tratamiento con un valor preferiblemente menor a 1 UNT.

Si bien el estándar actual de calidad respecto a este factor no es el más estricto, es aún aceptable y no se ve la necesidad de recomendar un estándar diferente al actual.

#### 4.3.7 Temperatura

El agua fría es más palatable que el agua tibia, además esta tiene un impacto directo en el número de compuestos inorgánicos y contaminantes químicos que puedan afectar el sabor.

Sin embargo, debido a uno de los objetivos de este estudio, el cual es el de regular solo aquellos compuestos que realmente así lo requieran, este no será contemplado dentro de la regulación aquí propuesta, por no considerarlo como un riesgo para la salud, o un factor que produzca el suficiente desagrado como para afectar la aceptabilidad del agua por parte del público.

## 5 PROPUESTA PARA LA REGULACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

El siguiente listado recopila y resume el análisis realizado sobre los posibles estándares de calidad de agua y su aplicabilidad en el país. Su objetivo es consolidar una propuesta viable, basada en las características sociales y económicas del país; que permita a las entidades prestadoras del servicio de agua potable un fácil cumplimiento de los estándares de calidad de agua, y a las empresas encargadas de su vigilancia y control, un fácil manejo de estos.

La recomendación de estos estándares aquí incluidos se hizo en base a tres criterios:

1. La necesidad de implementarlo.
2. No había otro compuesto o microorganismo que hiciera sospechosa su presencia
3. Hay evidencia suficiente para creer que el compuesto o microorganismo se puede encontrar en el agua tratada.

El alcance de la siguiente regulación es solamente establecer aquellos compuestos y microorganismos que como conclusión de este estudio deberían estar contemplados dentro de la regulación de estándares de calidad de agua para Colombia. No se incluye en este la frecuencia con que deberían llevarse a cabo cada uno de los análisis por compuesto y/o microorganismo, pero sí se recomienda un siguiente estudio sobre este tema, pues la facilidad de su análisis y

la factibilidad económica que estos conllevan, son ambos aspectos determinantes en el éxito de este tipo de regulaciones, donde cada empresa o municipio debe velar por la calidad de su producto.

En total se analizaron 177 parámetros con que puede determinarse la calidad de agua así:

<b>ASPECTOS QUÍMICOS</b>	De origen natural		16
	De origen Industrial	Inorgánicos	4
		Orgánicos	24
	De origen agrícola	No pesticidas	2
		Pesticidas	47
	Usados en el Tratamiento de agua o en contacto con esta	Desinfectantes	5
		Sub-productos de la desinfección	20
		Provenientes del Tratamiento químico	4
	Contaminantes a causa de las tuberías y otros accesorios		10
	Pesticidas usados en salud pública		3
Toxinas a causa de la acción de las cianobacterias		1	
<b>ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS</b>	Bacterias de Origen fecal		15
	Patógenos virales de origen fecal		7
	Protozoarios de origen fecal		9
	Otros microorganismos		2
<b>ASPECTOS ORGANOLÉPTICOS Y FÍSICOS</b>	Olor y Sabor	De origen biológico	1
		De origen químico	20
	Apariencia		1
	Color		1

	Dureza	2
	PH	1
	Turbiedad	1
	Temperatura	1

**Tabla 5-1. Número de Parámetros Para Determinar la Calidad del Agua Analizados en el Presente Estudio**

De estos parámetros analizados se determinaron en total 40 compuestos químicos, 3 tipos de microorganismos y 6 aspectos organolépticos y físicos con los que se recomienda realizar una nueva regulación sobre la calidad de agua tratada en el país. Además de estos, se recomienda un segundo estudio sobre 21 compuestos y 1 microorganismo, sobre los cuales no hay aún información adecuada para su determinación como estándares de calidad.

## **5.1 Aspectos Químicos**

Dentro de los aspectos químicos, se recomienda la estandarización de 40 compuestos, de los cuales 22 hacen parte de la actual regulación. Entre estos compuestos se recomienda mantener el estándar actual de 17 compuestos, y establecer nuevos estándares para los otros 6.

Los cambios recomendados sobre los estándares actuales que poseen estos 6 compuestos es disminuir el valor admisible que los regula, pues según el estudio realizado y la comparación realizada con las regulaciones de otros países, la regulación de estos compuestos es muy severa y puede ser disminuida sin poner en riesgo la salud pública. Son estos compuestos el bario, boro, cadmio, cianuro libre y disociable, mercurio, y los fluoruros.

<b>COMPUESTO QUÍMICO</b>	<b>VALOR ADMISIBLE (mg/L)</b>
1,2 Dicloroetano	0.004
1,3 Dicloropropeno	0.02
2,4 D	0.03
Alachlor	0.01
Aldicarb	0.0001
Aluminio	0.2
Antimonio	0.005
Arsénico	0.01
Atrazina	0.002
Bario	0.7
Benceno	0.01
Boro	0.5
Bromato	0.01
Cadmio	0.005
Carbofuran	0.007
Cianuro	0.07
Cloro	0.2 – 1
Cloruros	250
Cobre	1
Cromo Hexavalente	0.01
Di(2-etilhexil)ftalato	0.008
Dimetoato	0.006
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	160
Fluoruros	1.5
Glifosato	5
Hierro	0.3
Manganeso	0.01

Mercurio	0.002
Metolaclor	0.01
Molinato	0.006
Níquel	0.02
Nitratos	10
Nitritos	0.1
Pendimetalin	0.02
Plomo	0.01
Selenio	0.01
Tetracloroetileno	0.04
THM	0.1
Tricloroetileno	0.07
Zinc	5

**Tabla 5-2. Listado de Compuestos Químicos y su Valor Admisible Recomendados para la Regulación de Estándares de Calidad en Colombia**

De los 14 nuevos compuestos químicos que se recomienda incluir dentro de la regulación del país, 8 son plaguicidas de reconocido uso en Colombia y sobre los cuales se considera necesario implementar estándares de calidad que determinen su presencia en el agua. Son estos el 2,4 D, Alachlor, Aldicarb, Carbofuran, Dimetoato, Metolaclor, Molinato y Pendimetalin.

En Colombia actualmente la regulación específica de plaguicidas en el agua es nula, pues en el decreto 475 de 1998 estos se encuentran solamente regulados por su categoría toxicológica sin tener en cuenta su posible uso en el país, su presencia en el agua, o su comportamiento en esta.

Por último se recomienda incluir dentro de la regulación actual los compuestos 1,2 Dicloroetano, 1,2 Dicloropropeno, Benceno, Bromato, Di (2-etilhexil) ftalato y



tetracloroetileno debido a su posible presencia en el agua y efectos adversos sobre la salud.

## 5.2 Aspectos Microbiológicos

Dentro de los aspectos microbiológicos se recomienda solamente incluir la *Giardia* como estándar de calidad, pues no solo es fácil su análisis sino que también en los últimos años se ha reconocido como uno de las principales microorganismos causantes de EDA (Enfermedades Diarreicas Agudas).

MICROORGANISMO	VALOR ADMISIBLE (indicador/100 cm <sup>3</sup> )
Coliformes totales	0
E. coli	0
Giardia	0

**Tabla 5-3. Listado de Microorganismos y su Valor Admisible Recomendados para la Regulación de Estándares de Calidad en Colombia**

## 5.3 Aspectos Organolépticos y Físicos

Sobre los aspectos organolépticos y físicos no se recomienda realizar ningún cambio, pues al analizar cada uno de estos aspectos y compararlo con otras regulaciones se concluye que los valores admisibles actuales de estos parámetros son adecuados y aplicables al país.

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>EXPRESADAS EN</b>	<b>VALOR ADMISIBLE</b>
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	$\leq 15$
Olor y sabor	-	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT)	$\leq 5$
Sólidos Totales	mg/L	$\leq 500$
Conductividad	microohms/cm	50 – 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

**Tabla 5-4. Listado de Parámetros Organolépticos y Físicos y su Valor Admisible Recomendados para la Regulación de Estándares de Calidad en Colombia**

#### **5.4 Parámetros Bajo Estudio Para Su Posterior Regulación**

El siguiente listado hace referencia a aquellos compuestos y microorganismos sobre los cuales no se pudo realizar una recomendación sobre su uso como estándares de calidad de agua, pues la información que se tiene acerca de la presencia de estos en el agua potable o en sus fuentes, sus efectos adversos sobre la salud, y/o su presencia en el país no es suficiente para emitir un concepto o recomendación fehaciente y acertada sobre su regulación.

<b>Parámetro Químico</b>	<b>VALOR ADMISIBLE (mg/L)</b>
1,1 Dicloroetano	
1,1 Dicloroetileno	
1,2 Dicloroetileno	
1,3 Dicloropropano	

1,4 Dioxano	
2,4 DB	
Cianazina	
Cloropirifos	
Clorotoluron	
Cloruro Cianogeno	
Diclorprop	
Estireno	
Isoproturon	
MCPA	
Mecoprop	
Metoxicloro	
Monocloroenceno	
Piriproxifen	
Simazina	
Terbutilazina	
Trifularin	

**Tabla 5-5. Compuestos Bajo Estudio Para su Posterior Regulación**

<b>Parámetro</b>	<b>VALOR ADMISIBLE (mg/L)</b>
<b>Microbiológico</b>	
Cryptosporidium	

**Tabla 5-6. Microorganismos Bajo Estudio Para su Posterior Regulación**

## 6 VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

Los parámetros mínimos con los que en la actualidad se verifica el cumplimiento del decreto 475 de 1998 son:

PARAMETRO
Ph:
Color:
Olor:
Sustancias Flotantes:
Turbiedad:
Nitritos:
Cloruros:
Sulfatos:
Hierro Total:
Dureza Total:
Cloro Residual Libre:
Coliformes totales:
Escherichia coli:

**Tabla 6-1. Parámetros Mínimos Requeridos en la Verificación del Decreto 475 de 1998**

El costo del análisis de cada uno de estos parámetros varía entre 6000 y 31600 pesos cada uno siendo, el color verdadero el análisis más barato y el hierro total el

más costoso<sup>37</sup> según los precios vigentes del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental – CIIA de la Universidad de los Andes.

Uno de los principales problemas asociados a la implementación de los estándares de calidad aquí propuesto, es el costo y la facilidad de realizar los ensayos para verificar la presencia de dichos contaminantes. El siguiente capítulo busca redefinir el listado de los estándares propuestos con base en la viabilidad de su análisis.

Los tipos de análisis más costosos a realizar son aquellos realizados sobre los plaguicidas u otros contaminantes que requieren análisis sofisticados que involucran técnicas de cromatografía de gases u otros tipos de análisis que no solo requieren equipos costosos sino también personal calificado.

Dada la condición económica del país es importante determinar una regulación que contemple análisis asequibles a las empresas prestadoras del servicio en quienes finalmente recae el deber de la realización de estos y por lo tanto el costo agregado de ellos.

Igualmente la frecuencia requerida para cada uno de los análisis que puedan incluirse dentro de una regulación de obligatorio cumplimiento pueden incrementar tanto los costos, sobretodo en empresas pequeñas donde la realización de los ensayos es a través de laboratorios dependientes de la misma empresa, que alcanzar el total cumplimiento de la regulación exigida se hace imposible de costear bajo los recursos de la empresa.

---

<sup>37</sup> UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental – CIIA Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental, Tarifas 2004

## 6.1 Métodos de Análisis para los contaminantes propuestos

A continuación se hace un estudio de los análisis con que se determina cada contaminante recomendado para determinar su viabilidad como estándar de calidad de agua potable.

### 6.1.1 Contaminantes Químicos

1,2 DICLOROETANO (químico de origen industrial)

Se analiza a través de cromatografía de gases en donde sus límites de detección son:

- 0.06-2.8             $\mu\text{g/L}$     cromatografía de gases/espectrometría de masas
- 0.03- 0.2            $\mu\text{g/L}$     cromatografía de gases con detector electrolítico
- 5                     $\mu\text{g/L}$     cromatografía de gases con detector de llama
- 0.03                 $\mu\text{g/L}$     Cromatografía de gases con detector de fotoionización

1, 3 DICLOROPROPENO (pesticida)

Se analiza a través de cromatografía de gases en donde sus límites de detección son:

- 0.34                 $\mu\text{g/L}$     Cromatografía de gases con detector electrolítico o microcolométrico para *cis*-1, 3 dicloropropeno
- 0.20                 $\mu\text{g/L}$     Cromatografía de gases con detector electrolítico o microcolométrico para *trans*-1, 3 dicloropropeno

2, 4 D (pesticida)

Se analiza a través de cromatografía gas-líquido con un límite de detección promedio de 0.1 µg/L.

#### ALACHLOR (pesticida)

Se puede analizar a través de cromatografía gas-líquido con un límite de detección promedio de 0.1 µg/L o por cromatografía de gases con detector de nitrógeno - fósforo.

#### ALDICARB (pesticida)

Es un contaminante de muy difícil análisis. Este se hace a través de cromatografía líquida de alta eficiencia con detección fluorescente

#### ALUMINIO (aceptabilidad)

Su análisis se puede realizar a través de absorción atómica con óxido nítrico, espectrofotometría de luz ultravioleta y luz visible o espectrofotometría de absorción atómica

#### ANTIMONIO (sistemas de distribución)

Puede ser analizado por cualquiera de los siguientes métodos:

- Absorción atómica con generador de hidruros con una detectabilidad de 5 µg/L.
- Espectrometría electroterma de absorción atómica con una detectabilidad de 0.01 µg/L.
- Espectrometría de masas con una detectabilidad de 0.1 – 1 µg/L

#### ARSÉNICO (químico de origen natural)

Por lo general su análisis se realiza por medio de absorción atómica con generador de hidruros

#### ATRAZINA (pesticida)

Se puede analizar a través de cromatografía de gases / espectrometría de masas, con un límite de detección promedio de 0.01 µg/L

#### BARIO (químico de origen natural)

Su análisis se realiza por medio de absorción atómica con óxido nítrico

#### BENCENO (químico de origen industrial)

Se puede analizar a través de cromatografía de gases con detector fotoiónico y confirmación por espectrometría de masas, con un límite de detección promedio de 0.2 µg/L

#### BORO (químico de origen natural)

Su análisis se realiza a través de los siguientes métodos con las siguientes detectabilidades:

- 0.2 µg/L por ICP ( Inductively Coupled Plasma) / espectrometría de masas
- 6-10 µg/L por ICP ( Inductively Coupled Plasma) / espectrometría emisión atómica

#### BROMATO (sub-productos de la desinfección)

Su análisis puede dar detectabilidades entre 0.2 - 1.5 µg/L por cromatografía iónica dependiendo del detector empleado



CADMIO (químico de origen industrial)

Su análisis es a través de absorción atómica con llama directa con detectabilidades del compuesto hasta de 2  $\mu\text{g/L}$

CARBOFURAN (pesticida)

Es un compuesto de difícil análisis. Los siguientes son los métodos reportados para su análisis:

- Cromatografía de gases con detector de nitrógeno-fosforo con una detectabilidad del compuesto en concentraciones de hasta 0.1  $\mu\text{g/L}$
- Espectrometría líquida con detector fluorescente con una detectabilidad de 9  $\mu\text{g/L}$

CIANURO (químico de origen industrial)

Es un compuesto de relativamente fácil análisis por técnicas titrimétricas y fotométricas.

CLORO (subproductos de la desinfección)

Es comúnmente analizado por cualquiera de los siguientes métodos de ensayo:

- Métodos colorimétricos con detectabilidades de 10  $\mu\text{g/L}$
- Por cromatografía iónica con una detectabilidad de hasta 0.2  $\mu\text{g/L}$

CLORUROS (químico de origen natural)

Puede ser analizado fácilmente por precipitación química y otros métodos con titulación por lo que no requiere de aparatos especiales para llevar a cabo su análisis.

COBRÉ (contaminante a causa de tuberías y otros accesorios)

Cuando su análisis es a través de espectrometría de masas puede tener detectabilidades entre 0.02 – 0.1 µg/L, sin embargo es más económico realizar su análisis a través de métodos de absorción atómica con llama directa en donde su detectabilidad se disminuye a 0.5 µg/L

CROMO HEXAVALENTE (químico de origen industrial)

Por lo general su análisis se realiza a través de absorción atómica con llama directa con detectabilidades entre 0.05 – 0.2 µg/L

DI(2-ETILHEXIL)FTALATO (químico de origen industrial)

Puede ser analizado por cromatografía de gases / espectrometría de masas con una detectabilidad de 0.1 µg/L

DIMETOATO (pesticida)

Puede ser analizado con una detectabilidad de 0.05 µg/L por cromatografía de gases / espectrometría de masas

DUREZA (como CaCO<sub>3</sub>)

Es un ensayo muy común y fácil de realizar por titulación con EDTA (sal disódica)

FLUORUROS (químico de origen natural)

Pueden ser analizados con detectabilidades de 0.01 mg/L por cromatografía iónica, 0.1 mg/L por electrodos selectivos o SPADNS ( *sulfo phenyl azo dihydroxy naphthalene disulfonic acid* ) o por métodos colorimétricos

#### GLIFOSATO (pesticida)

Es un pesticida de muy difícil análisis debido al tamaño de su molécula. En la actualidad su análisis se realiza a través de cromatografía líquida

#### HIERRO (químico de origen natural)

Su análisis se realiza a través de absorción atómica con llama directa

#### MANGANESO (químico de origen natural)

Puede ser analizado con una detectabilidad de 10  $\mu\text{g/L}$  por absorción atómica con llama directa

#### MERCURIO (químico de origen industrial)

Puede ser analizado con una detectabilidad de 0.001  $\mu\text{g/L}$  por espectrometría atómica fluorescente, 0.05  $\mu\text{g/L}$  por vapor frío absorción atómica espectrometría o 5  $\mu\text{g/L}$  por espectrometría de absorción atómica llama

#### METOLACLOR (pesticida)

Es analizado por cromatografía de gases con detección nitrógeno – fósforo con detectabilidades entre 0.75 – 0.01  $\mu\text{g/L}$

#### MOLINATO (pesticida)

Puede ser analizado con una detectabilidad de 0.01  $\mu\text{g/L}$  por cromatografía de gases / espectrometría de masas

### NÍQUEL (contaminante a causa de tuberías y otros accesorios)

Los métodos de ensayo registrados para su análisis y la detectabilidad de estos son:

- 0.1 µg/L por ICP (inductively coupled plasma) – espectrometría de masas
- 1 µg/L por absorción atómica electrotermal o ICP / espectrometría de emisión
- 15 µg/L por ICP, 20 µg/L por absorción de atómica de llama directa.

### NITRATOS (químicos de origen agrícola)

Pueden ser analizados a través de cualquiera de los siguientes métodos de ensayo con las siguientes detectabilidades:

- 0.1 mg/L por cromatografía líquida
- 0.01– 1 mg/L por técnicas espectrometricas
- 22 µg/L por cromatografía ionica

### NITRITOS (químicos de origen agrícola)

Son analizados de manera similar a los nitratos aunque con diferentes detectabilidades:

- 0.05 mg/L por cromatografía líquida
- 0.005 – 0.01 mg/L por técnicas espectrometricas
- 35 µg/L por cromatografía ionica.

### PENDIMETALIN (pesticida)

Es un pesticida de relativamente fácil análisis con un detectabilidad de 0.01 µg/L a través de cromatografía de gases / espectrometría de masas

### PLOMO (contaminantes a causa de tuberías y otros accesorios)

Puede ser analizado a través de técnicas espectrométricas de absorción atómica con detectabilidades de hasta 1 µg/L.

SELENIO (químico de origen natural)

Por lo general su análisis se realiza a través de absorción atómica con generador de hidruros, en donde la detectabilidad mínima del contaminante es de 0.05 µg/L

TETRACLOROETILENO (químico de origen industrial)

Puede ser analizado a través de los siguientes métodos de análisis y detectabilidades:

- 0.2 µg/L por cromatografía de gases con detector de captura de electrones,
- 4 µg/L por cromatografía de gases / espectrometría de masas.

THM (subproductos de la desinfección)

Por lo general su análisis se realiza con cromatografía de gases / espectrometría de masas a través del cual se tienen detectabilidades de 2.2 µg/L. También puede ser analizado a través de cromatografía de gases con detector de captura de electrones en donde la detectabilidad del compuesto puede ser de hasta 0.1 µg/L.

TRICLOROETILENO (químico de origen industrial)

Puede ser analizado a través de los siguientes métodos de análisis:

- Cromatografía de gases con detector de captura de electrones, con una detectabilidad de 0.037 µg/L
- Cromatografía de gases / espectrometría de masas con detectabilidades de 0.2 µg/L.

ZINC (contaminante a causa de tuberías y otros accesorios)

Su método más común de análisis es a través de absorción atómica por llama directa.

### **6.1.2 Contaminantes Microbiológicos**

#### **COLIFORMES TOTALES**

Los dos métodos más comunes para su análisis son por sustrato definido o por filtración por membrana, ambos son los tipos de análisis requeridos por el decreto 475 de 1998 y son los dos tipos de análisis más económicos y viables que existen para la determinación de este tipo de contaminantes.

#### **E. COLI**

Al igual que los coliformes totales, sus dos métodos de análisis más aceptados son el análisis por sustrato definido y la filtración por membrana. Ambos análisis pueden ser llevados a cabo fácilmente en cualquier laboratorio de análisis de agua potable sin la necesidad de equipos sofisticados o personal calificado.

#### **GIARDIA LAMBIA**

A diferencia de los anteriores parámetros de calidad, el análisis de este parásito en el agua no es aun común a ninguno de los laboratorios que realizan los ensayos para determinar la calidad del agua potable. Entre las técnicas con las que se puede analizar se encuentran:

- ELISA (Ag en deposiciones)
- PCR

Este ultimo de poco uso debido al alto costo de su análisis.

## 6.2 Métodos de análisis en Colombia

Los métodos de ensayo para cada uno de los contaminantes del agua pueden ser a partir de métodos relativamente sencillos como los colorimétricos, hasta métodos sumamente complicados como la cromatografía líquida de alta eficiencia con la que aún no cuenta el país. Por lo tanto los compuestos cuyo análisis requiera de este tipo de técnicas no podría contemplarse dentro de una regulación para estándares de calidad de agua potable.

En especial la mayoría de los ensayos realizados a pesticidas cuyas concentraciones en el agua son demasiado bajas deben realizarse por medio de análisis cotosos como la cromatografía de gases, cromatografía líquida, etc. En Colombia, actualmente son pocos los organismos que prestan el servicio para este tipo de análisis, entre estos se encuentran la Universidad de los Andes, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad Nacional u el Instituto Nacional de Salud.

En conclusión los métodos de análisis de agua con que actualmente cuenta el país para la determinación de parámetros de calidad de agua potable son aún muy escasos, sobretodo si se tiene en cuenta que la mayoría de análisis para determinar la calidad de esta se encuentran dentro de las mismas plantas de tratamiento que purifican el agua.

En las grandes ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Barranquilla la infraestructura con que cuentan las empresas prestadoras del servicio es buena, por lo que es fácil y viable el cumplimiento del decreto 475 de

1998. Sin embargo en municipios de escasos recursos, el cumplimiento del análisis de cada parámetro de calidad se hace difícil.

Si se analiza el Consolidado Anual de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos por Municipio, Departamento e Índice de Riesgo del Sistema de Información para la Vigilancia de Calidad de Agua Potable – SIVICAP, en la actualidad solo se están analizando los parámetros mínimos de cumplimiento del Decreto 475 de 1998, parámetros como los trihalometanos y otros contaminantes de difícil análisis no son realizados.

### 6.3 Análisis de costos

Los costos asociados al análisis de los diferentes estándares de calidad son una de las principales causas por las que una regulación propuesta puede fallar. A continuación se encuentra el listado de precios vigentes que manejan diferentes tipos de laboratorios con el fin de analizar la viabilidad de dichos análisis:

#### 6.3.1 Contaminantes Químicos

COMPUESTO QUÍMICO	CIIA – Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (UNIANDES)	CEEA – Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (UIS) <sup>38</sup>	Instituto Nacional de Salud
1,2 Dicloroetano	285000		216600
1,3 Dicloropropeno	300000		216600

<sup>38</sup> Si bien la Universidad Industrial de Santander (UIS) presta el servicio de análisis por cromatografía de gases no se tiene la información del costo de dichos ensayos



2,4 D	-		216600
Alachlor	300000		216600
Aldicarb	-		-
Aluminio	32300	28000	30900
Antimonio	52900		30900
Arsénico	52900		30900
Atrazina	300000		216600
Bario	32300	28000	30900
Benceno	285000		216600
Boro	32300		30900
Bromato	-		-
Cadmio	31600	28000	15900
Carbofuran	-		-
Cianuro	15000	28000	33500
Cloro	9000		9500
Cloruros	11500	12000	9500
Cobre	31600	28000	20400
Cromo Hexavalente	20600	28000	15900
Di(2-etilhexil)ftalato	285000		216600
Dimetoato	300000		216600
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	6500	12000	9500
Fluoruros	-		25300
Glifosato	-		-
Hierro	31600	28000	31600
Manganeso	31600		20400
Mercurio	52900	33000	29400
Metolaclor	-		-
Molinato	300000		216600
Níquel	31600	28000	15900

Nitratos	17000	16000	15900
Nitritos	16000	16000	15900
Pendimetalin	300000		216600
Plomo	31600	28000	15900
Selenio	52900	33000	30900
Tetracloroetileno	285000		216600
THM	268000		216600
Tricloroetileno	285000		216600
Zinc	31600	28000	24600

**Tabla 6-2. Listado de Precios por Laboratorio en el Análisis Químico del Agua**

La tabla anterior indica que aquellos contaminantes químicos del agua que requieren de análisis por métodos de cromatografía con excesivamente más costosos que los otros tipos de análisis, por lo tanto la regulación de estos contaminantes debería realizarse con una frecuencia menor, dejando la posibilidad de no regularlos una vez se haya comprobado la no existencia y el no riesgo de la presencia de estos en el agua cruda.

Para ello la regulación propuesta debería dar espacio a un análisis previo en el que se haga una evaluación ambiental de todo el recurso hídrico que pueda afectar de alguna manera la fuente de agua, o determinar cierto número de análisis en el agua que después de dar negativos resuelvan la no necesidad de analizarlos nuevamente.

### 6.3.2 Contaminantes Microbiológicos

PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	CIA – Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (UNIANDES)	Universidad de San Buenaventura - Cartagena	Instituto Nacional de Salud
Coliformes Totales	25000	14000	44200
E. Coli	27500	14000	
Giardia	-	-	429300 <sup>39</sup>

**Tabla 6-3. Listado de Precios por Laboratorio en el Análisis Microbiológico del Agua**

El análisis de los actuales parámetros es relativamente sencillo y su costo no es muy elevado por lo que su regulación no requiere de ninguna modificación. En el caso de la Giardia como parámetro de calidad, en la actualidad son pocos los laboratorios de aguas que realizan su ensayo, sin embargo esto parece deberse ser más a la falta de demanda que a la dificultad de su análisis.

El método más simple que hay en la actualidad para la determinación de este parásito en el agua es a través de estuches de diagnóstico basados en el método de ensayo ELISA. Si bien el costo de estos estuches puede verse elevado en un principio, el costo de cada uno de los análisis puede ser de simplemente casi 10000 pesos, por lo que puede considerarse como un parámetro viable para la determinación de estándares de calidad.

---

<sup>39</sup> Estuche para diagnóstico mediante ELISA para 50 muestras

### 6.3.3 Análisis Total

Algunos laboratorios de análisis de aguas prestan un servicio completo para determinar cada uno de los parámetros establecidos dentro del Decreto 475 de 1998. Claramente el análisis de todos estos parámetros es de un costo elevado que muchas veces no es asumido por las empresas prestadoras del servicio por no ser requerido por la Superintendencia de Industria y Comercio.

COMPUESTO QUÍMICO	CIIA – Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (UNIANDES)	CEEA - Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (UIS)	Instituto Nacional de Salud
Paquete control de calidad de aguas	1540000		1204000

**Tabla 6-4. Listado de Precios por Laboratorio para el Análisis Total de los Contaminantes Regulados en el Decreto 475 de 1998**

## 7 FRECUENCIAS

En la actualidad el decreto 475 de 1998 y en general todas las regulaciones de estándares de calidad de agua, basan la frecuencia de los análisis en la población servida. Si bien es un parámetro válido para dicha determinación, este debería estar a la vez basado en el origen del agua, ya sea superficial, subterránea o especial en el caso de estar en riesgo de contaminación ya sea a causa de la Industria o de la Agricultura.

Debido a la variada topografía del país, y a su economía variable en todo el territorio, la determinación puntual de las frecuencias de los análisis basados en el origen del agua captada es difícil y debería ser analizado durante la fase de viabilidad del proyecto, fase en la que se determinan los términos de referencia para la operación del proyecto y por lo tanto donde debería incluirse un estudio puntual para cada entidad prestadora del servicio basado en el estudio ambiental del proyecto.

Hay sin embargo parámetros que debido a su alto riesgo deberían ser evaluados constantemente y con mayor frecuencia que otros. El Segundo Inventario Nacional de Agua establece los siguientes puntajes para el cálculo de los índices de riesgo así:

PARÁMETRO	VALOR DE LA VARIABLE
Colifecales	7.5
Colitotales	5.5
Cloro Residual	4.5

PH	2.5
Turbiedad	2.5
Sulfatos	2.0
Color	1.5
Dureza Total	1.0
Hierro Total	1.0
Cloruros	1.0
Sólidos Totales	1.0

**Tabla 7-1. Valor de variable para los índices de Riesgo – Segundo Inventario Nacional de Calidad del Agua**

Basado en estos, la frecuencia de los 5 primeros parámetros debería ser mayor a la frecuencia de los análisis de los otros parámetros de calidad.

En la actualidad el análisis de los parámetros de calidad establecidos en el decreto 475 de 1998 se hacen con las siguientes frecuencias:

NÚMERO DE HABITANTES SERVIDOS	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS A ANALIZAR POR MES	INTERVALO DE DÍAS ENTRE MUESTRAS
Menos de 2.500	2	Quincenal
2.501 a 12.500	8	4 días
12.501 a 60.000	15	2 días
60.001 a 100.000	30	1 día
100.001 a 1.000.000	60	2 cada día
más de 1.000.001	240	8 cada día

**Tabla 7-2. Frecuencia de análisis para los contaminantes químicos, microbiológicos y organolépticos establecidos en el decreto 475 de 1998**

HABITANTES	FRECUENCIA MÍNIMA
1 a 500.000	1 anual
500.001 a 1.500.000	1 semestral
más de 1.500.001	1 cuatrimestral

**Tabla 7-3. Frecuencia de análisis para plaguicidas y otras sustancias tóxicas establecidos en el decreto 475 de 1998**

Como se observa cada una de estas frecuencias está basada en la cantidad el número de habitantes servidos, pero no contempla en ningún momento el contaminante en cuestión.

Se recomienda hacer un análisis de la importancia de los estándares de calidad de esta propuesta para determinar las frecuencias de los análisis de cada uno de estos, pues dentro del alcance de este estudio no se encuentra el análisis de estas.

Para ello se propone que al igual que el Segundo Inventario Nacional de la Calidad del Agua se establezcan variables basadas en el riesgo sobre la salud que tienen cada uno de los contaminantes y basados en estos y en la cantidad de la población servida se determinen la frecuencia de estos análisis.

Para el caso de los plaguicidas, debido al alto costo asociado a su análisis para el caso de municipios pequeños se recomienda basar su regulación más en un análisis de la cuenca, que en la población servida. Además se recomienda establecer dentro de la regulación el permiso de la no realización de los ensayos una vez se haya comprobado la no presencia del contaminante.

## 8 CONCLUSIONES

Basado en los efectos sobre la salud, la posibilidad de la existencia del compuesto en el país, y la viabilidad económica de su análisis se recomienda regular los siguientes compuestos como estándares de calidad de agua potable bajo los siguientes valores admisibles:

COMPUESTO QUÍMICO	VALOR ADMISIBLE (mg/L)
1,2 Dicloroetano	0.004
1,3 Dicloropropeno	0.02
2,4 D	0.03
Alachlor	0.01
Aluminio	0.2
Antimonio	0.005
Arsénico	0.01
Atrazina	0.002
Bario	0.7
Benceno	0.01
Boro	0.5
Cadmio	0.005
Cianuro	0.07
Cloro	0.2 – 1
Cloruros	250
Cobre	1
Cromo Hexavalente	0.01



Di(2-etilhexil)ftalato	0.008
Dimetoato	0.006
Dureza (como CaCO <sub>3</sub> )	160
Fluoruros	1.5
Hierro	0.3
Manganeso	0.01
Mercurio	0.002
Molinato	0.006
Níquel	0.02
Nitratos	10
Nitritos	0.1
Pendimetalin	0.02
Plomo	0.01
Selenio	0.01
Tetracloroetileno	0.04
THM	0.1
Tricloroetileno	0.07
Zinc	5

**Tabla 8-1. Listado de Compuestos Químicos y su Valor Admisible Propuestos para ser Regulados**

<b>MICROORGANISMO</b>	<b>VALOR ADMISIBLE (indicador/100 cm<sup>3</sup>)</b>
Coliformes totales	0
E. coli	0
Giardia	0

**Tabla 8-2. Listado de Microorganismos y su Valor Admisible Propuestos para ser Regulados**

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	$\leq 15$
Olor y sabor	-	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT)	$\leq 5$
Sólidos Totales	mg/L	$\leq 500$
Conductividad	microohms/cm	50 – 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

**Tabla 8-3. Listado de Organolépticos y Físicos y su Valor Admisible Propuestos para ser Regulados**

Los siguientes compuestos no pueden ser propuestos dentro de la regulación de estándares de calidad debido a la falta de recursos para su análisis:

- Aldicarb
- Bromato
- Carbofuran
- Glifosato
- Metolaclor

Son sin embargo contaminantes de riesgo en el país por lo que debe ser una prioridad de los organismos involucrados en el sector de agua potable fortalecer la infraestructura para el análisis de compuestos de este tipo, que además facilite el cumplimiento de los otros análisis de otros contaminantes.

Es necesario crear un mejor sistema de información de estándares de calidad de agua potable que concientice a la población de la necesidad de cuidar y vigilar el recurso de agua potable.

Los costos asociados al análisis de los diferentes estándares de calidad son una de las principales causas por las que una regulación propuesta puede fallar, la investigación de nuevos y mejores métodos de análisis que los determinen y permitan bajar los costos de su análisis debe ser una prioridad para la el País.

Es necesario definir una nueva regulación para la calidad del agua potable, mucho más estricta y más específica, sobretodo en contaminantes como los plaguicidas que facilite su cumplimiento y abarque de manera más completa todos aquellos contaminantes que pueden de alguna manera afectar la salud de las personas que se sirven del recurso.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

AYALA CARDOSO DIEGO, Análisis de las metodologías aplicadas por las autoridades ambientales colombianas en el establecimiento de estándares ambientales, Universidad de los Andes, 2002

BARRERA SERGIO, Notas de Clase – Problemática Ambiental, Universidad de los Andes, 2000-2.

BARRERA SERGIO, Notas de Clase – Química Ambiental, Universidad de los Andes, 2003-2.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories, Diciembre 2004

GRAY N., Calidad del Agua Potable – Problemas y Soluciones, 1996, Editorial Acribia S.A., España

JAWETZ ERNEST, JOSEPH MELNICK, EDWARD ADELBERG, Microbiología Médica, Décima edición, Editorial El Manual Moderno S.A., 1983

METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales V1, Tercera Edición, McGraw-Hill

MINISTERIO DE SALUD, Decreto Número 1594 De 1984, DIARIO OFICIAL, Julio de 1984

MINISTERIO DE SALUD, Decreto Número 475 De 1998, DIARIO OFICIAL N° 43259 del 16 de marzo de 1998

MINISTERIO DE SALUD, Segundo Inventario Nacional de Calidad del Agua, 1998, Colombia

RAMOS JUAN PABLO, Notas de Clase – Fundamentos de Política Ambiental, Universidad de los Andes, 2003-1.

TEBBUT, Fundamentos de Control de la Calidad del Agua, Séptima Edición, 1999

## 10 BIBLIOGRAFÍA (Referencias Internet)

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE INTEGRACIÓN – ALADI, Normas de Importación de los Países de la ALADI. (MAYO 2004)

<http://www.aladi.org/nsfaladi/normimp.nsf/0/6742c87b439147768325692e006b1b6b?OpenDocument>

ATSDR - AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, ToxFAQs™, (MAYO 2004)

[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts30.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts30.html)

BVSA – ACCIONES DEL PROGRAMA, INFORMACIÓN GENERAL SOBRE AGUA POTABLE, NORMAS INTERNACIONALES, Normas internacionales para la calidad del agua de bebida, Mayo 2004, (MAYO 2004)

<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>

CAPÓ V., BARRERO M., VELÁSQUEZ B., LUZARDO C., MARTÍNEZ A., ALUJAS Z., Diagnóstico de coccidias y microsporas en muestras de heces diarreicas de pacientes cubanos seropositivos al VIH: primer reporte de microsporas en Cuba, Agosto 2002, (MAYO 2004)

[http://bvs.sld.cu/revistas/mtr/vol55\\_1\\_03/mtr02103.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mtr/vol55_1_03/mtr02103.htm)

CENTRE FOR ECOLOGICAL SCIENCE, Indian Institute of Science, Energy & Wetlands Research, (MAYO 2004)

<http://144.16.93.203/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol333.htm>

CHRISTMAN K., Calidad Del Agua: Desinfección Efectiva, (ABRIL 2004)

<http://clorosur.org/espanhol/publicaciones/desinfeccion.html>

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO,  
Diagrama Institucional del Sector de Agua Potable, (MAYO 2004)

[http://www.cra.gov.co/htm/sec\\_organigrama\\_sector.htm](http://www.cra.gov.co/htm/sec_organigrama_sector.htm)

DIAZ R., CAZORLA F., El Olor De La Tierra Y La Sed De Los Camellos. (MARZO 2004)

<http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/encuentros90/olor.htm>

DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUPEFACIENTES, Los Cultivos Ilícitos en Colombia. (MAYO 2004)

<http://www.cultivosilicitoscolombia.gov.co/documentos/CultivosIllicitos/CultivosIllicitos.htm>

EDEXIM. Convenio de Róterdam – Base de Datos Europea sobre la Importación de Productos Químicos Peligrosos. (Junio 2004)

<http://ecb.jrc.it/edex/es/>

EL AGUA POTABLE, Problemas Ocasionados por los Microorganismos en el Agua, (MARZO 2004)

<http://usuarios.lycos.es/drinkingwater/Problemas%20por%20microorganismos.htm>

EPA - U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA Microbiology Home Page, (ABRIL 2004)

<http://www.epa.gov/microbes/>

EPA - U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, List of Drinking Water Contaminants & MCLs. (JULIO 2003)

<http://www.epa.gov/safewater/mcl.html>

EPA - U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Setting Standards for Safe Drinking Water. (MARZO 2004)

<http://www.epa.gov/safewater/standard/setting.html>

EPA - U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, The Safe Drinking Water Act. (MAYO 2004)

<http://www.epa.gov/safewater/sdwa/index.html>

EPA - U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Unregulated Drinking Water Contaminants. (JUNIO 2004)

[http://www.epa.gov/safewater/dw\\_unregcontaminants.html](http://www.epa.gov/safewater/dw_unregcontaminants.html)

ESPITIA M., RIVERA J., ROMERO J., Identificación, Morfología, Biología Y Manejo De Una Nueva Maleza En La Zona Algodonera Del Sinu, 2004. (JUNIO 2004)

[http://www.turipana.org.co/maleza\\_algodonera.htm](http://www.turipana.org.co/maleza_algodonera.htm)

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COLOMBIA. Sánchez Perez Germán. Desarrollo y Medio Ambiente: una Mirada a Colombia. (MAYO 2004).

[http://www.fuac.edu.co/portal/download/revista\\_economica/volumen\\_1n1/7-desarrollo.pdf](http://www.fuac.edu.co/portal/download/revista_economica/volumen_1n1/7-desarrollo.pdf)

GARCÍA A., GUERRERO A., MAGRANER J., GUNA. R., DOMÍNGUEZ V., BORRÁS R., Cyclospora y Cyclosporiasis, (MAYO 2004)

[http://www.seimc.org/control/revi\\_Para/pdf/Cyclospora.pdf](http://www.seimc.org/control/revi_Para/pdf/Cyclospora.pdf)

GEOSALUD, hepatitis E, (MAYO 2004)



[http://geosalud.com/enfermedades\\_infecciosas/hepatitis\\_e.htm](http://geosalud.com/enfermedades_infecciosas/hepatitis_e.htm)

GOBIERNO DE CHILE, - COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, Arsénico y Compuestos Relacionados, (ABRIL 2004)

[http://www.hazmat.cl/HTML/Centro\\_Doc\\_Arsenico.htm](http://www.hazmat.cl/HTML/Centro_Doc_Arsenico.htm)

GREENPEACE, Argumentos Para Rechazar el PVC. (ABRIL 2004)

<http://www.greenpeace.es/toxicos/campagnb.asp?IdSubcamp=35>

ICA - SUBGERENCIA PROTECCIÓN Y REGULACIÓN AGRÍCOLA, Restricciones y Prohibiciones de Plaguicidas de Uso Agrícola en Colombia, Junio 2002. (ABRIL 2004)

[http://www.ica.gov.co/servicios/plaguicidas/RESTRIC\\_%20PROHIBI\\_PLAGUI.pdf](http://www.ica.gov.co/servicios/plaguicidas/RESTRIC_%20PROHIBI_PLAGUI.pdf)

INGENIEROAMBIENTAL.COM, Análisis Arsénico en Aguas de Consumo y su Remoción, (ABRIL 2004)

<http://www.ingenieroambiental.com/informes/arsenicoestudio.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, Vigilancia del Agua Potable, (ABRIL 2004)

[http://www.ins.gov.co/pdf\\_investiga/datos\\_vigilancia\\_1.htm](http://www.ins.gov.co/pdf_investiga/datos_vigilancia_1.htm)

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH OF CANCER - IARC, IARC Cancer Databases and other Resources, (ABRIL 2004)

<http://www.iarc.fr/>

IZAGUIRRE G., HWANG C., KRASNER S., McGUIRE J., Geosmin and 2-Methylisoborneol from Cyanobacteria in Three Water Supply Systems, American Society for Microbiology, (ABRIL 2004)

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=241898>

LABORATORIO WUTACH, Wutacid – El producto, (MAYO 2004)

[http://www.wutach.com.uy/elproducto\\_detalle.htm](http://www.wutach.com.uy/elproducto_detalle.htm)

LALEYCOLOMBIANA.COM. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (MAYO 2004)

[http://www.laleycolombiana.com/lle\\_contenido/conspol/..%5CRec%20Nat%5CL0%5Cp0.htm](http://www.laleycolombiana.com/lle_contenido/conspol/..%5CRec%20Nat%5CL0%5Cp0.htm)

LENNTECH – WATER TREATMENT & AIR PURIFICATION, Tabla Periódica, (ABRIL 2004)

<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica.htm>

NOTICyT, Alta Contaminación De Mercurio En El Norte Del País. (ABRIL 2004)

<http://anm.encolombia.com/noticyt28-1.htm>

ORGANIZACIÓN DE CONSUMIDORES Y USUARIOS - OCU, Primer Estudio En España Sobre Nuevos Contaminantes En El Agua Del Grifo, Octubre 2002. (MAYO 2004)

<http://www.ocu.org/map/show/6651/src/35381.htm>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), Guidelines for Drinking Water Quality, Third Edition, 2003, (NOVIEMBRE 2004)

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines3rd/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines3rd/es/)

PARDO F., VIH y Sida, Infección por Cryptosporidium, 1999, (MAYO 2004)

<http://www.ctv.es/USERS/fpardo/vihcry.htm>

PEREZ A., CARILLO M., MGRINYA F., Agua e Infraestructura, Junio 2003, (ABRIL 2004)

[http://www-lacan.upc.es/perez/libro\\_agua\\_infra\\_APF\\_MC\\_FM.pdf](http://www-lacan.upc.es/perez/libro_agua_infra_APF_MC_FM.pdf)

PROGRAMA CONJUNTO FAO/PNUMA PARA LA APLICACION DEL PRINCIPIO DE INFORMACION Y CONSENTIMIENTO PREVIOS – ICP, Documentos de Orientación Para la Toma de Decisiones (Captafol, Clorobencilato, Hexaclorobenceno, Lindano, Pentaclorofenol, 2,4,5-T, (MAYO 2004)

[http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/PIC/Download/DGDs/SET3\\_ES.DOC](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/PIC/Download/DGDs/SET3_ES.DOC)

REPUBLIQUE FRANCAISE – MINISTERE DE LA SANTE ET DE LA PROTECTION SOCIALE, Arrêté du 17 Septembre 2003 Relatif aux Méthodes D'analyse des Échantillons d'Eau et À leurs Caractéristiques de Performance, (FEBRERO 2004)

<http://www.sante.gouv.fr/adm/dagpb/bo/2003/03-45/a0453490.htm>

SANTAMARTA J., Por un futuro sin Contaminantes Orgánicos Persistentes, Diciembre 2000. (MAYO 2004)

[http://www.pepe-rodriguez.com/Ecologia\\_Consumo/COP.htm](http://www.pepe-rodriguez.com/Ecologia_Consumo/COP.htm)

SANZ J., Eliminación de Disolventes Mediante Stripping, Febrero 2001. (ABRIL 2004).

<http://www.asecorp-online.com/ficheros/demo/coltec/stripping.htm>

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR, Servicio Ecuatoriano De Sanidad Agropecuaria -Sesa- Listado De Plaguicidas Registrados En El Sesa, Octubre 2002. (MAYO 2004)

<http://www.sica.gov.ec/agro/insumos/plgregecc.htm>

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS – SSPD, información del Sector. (ABRIL 2004)

<http://www.superservicios.gov.co>

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Supercifras en m<sup>3</sup>. Revista No. 6 – 2002. (ABRIL 2004).

<http://www.superservicios.com.co>

THE AQUARIA, PMF Principiante: Preparación del Agua, (MARZO 2004)

<http://faq.thekrib.com/es/empezar-agua.html>

TULANE UNIVERSITY, Diarrhoea Viruses: Astroviruses; Caliciviruses; Reoviruses (Rotaviruses), 1998, (MAYO 2004)

<http://www.tulane.edu/%7Edmsander/WWW/335/Diarrhoea.html>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – CARIBBEAN REGIONAL CO-ORDINATING UNIT, Reducing Pesticide Run-off to the Caribbean Sea, Global Environment Facility (GEF) Project, (MAYO 2004)

<http://www.cep.unep.org/pubs/meetingreports/GEF%20Panama/Docs/Informe%20Regional/Anexos%20I-III/Anexos%20I-III%20Final.doc>

UNIVERSITY OF MICHIGAN, Helicobacter Pylori, McKesson Health Solutions 2003, (MAYO 2004)

[http://www.med.umich.edu/1libr/aha/aha\\_hepylori\\_spa.htm](http://www.med.umich.edu/1libr/aha/aha_hepylori_spa.htm)

UNIVERSITY OF VIRGINIA - HEALTH SYSTEMS, Los Virus, las Bacterias y los Parásitos en el Tracto Digestivo, (MAYO 2004)

[http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/peds\\_digest\\_sp/tract.cfm](http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/peds_digest_sp/tract.cfm)

UNIVERSITY OF VIRGINIA - HEALTH SYSTEMS, Visión General de la Hepatitis Viral, (MAYO 2004)

[http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/adult\\_digest\\_sp/virhepov.cfm](http://www.healthsystem.virginia.edu/UVAHealth/adult_digest_sp/virhepov.cfm)

WWW.BUENASALUD.COM, Ordenan Cierre De Siete Minas Auríferas Por Mortandad De Peces Con Cianuro, 2001. (MAYO 2004)

<http://www.buenasalud.com/lib/emailorprint.cfm?type=news&id=3263>

ZARATE M., LUNDQUIST T., BRENT A., GREEN F., OSWALD W., Remoción de Selenio en Aguas de Drenaje Agrícola Mediante un Sistema Integrado de Lagunas de Diseño Avanzado – SILDA, XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1998. (JUNIO 2004)

<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/aguresi/remsel/remsel.html#antece>

## **ANEXO 1**

DECRETO 475 DE 1998  
MINISTERIO DE SALUD

**DECRETO NUMERO 475 DE 1998<sup>1</sup>**  
(marzo 10)<sup>2</sup>

por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.

El Presidente de la República de Colombia, en ejercicio de las facultades conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y, en desarrollo de las Leyes 09 de 1979 y 142 de 1994

**DECRETA:**

**CAPITULO I**  
**Definiciones**

**Artículo 1º.** Para los efectos del presente decreto, adóptanse las siguientes definiciones:

*Aceptable:* Calificativo que aprueba las características organolépticas del agua para consumo humano.

*Agua cruda:* Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

*Agua para consumo humano:* Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.

*Agua potable:* Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

*Agua segura:* Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana.

*Análisis de vulnerabilidad:* Es el estudio que permite evaluar los riesgos potenciales a que están sometidos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.

*Análisis microbiológico del agua:* Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

*Análisis organoléptico:* Para los fines del presente decreto se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

*Análisis físico-químico de agua:* Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

<sup>1</sup> DIARIO OFICIAL N° 43259 del 16 de marzo de 1998

<sup>2</sup> Para consultar la Ley 142 de 1994, así como sus modificaciones, concordancias más relevantes, fallos de constitucionalidad, así como el texto integrado con todas sus reformas incluida la Ley 689 de 2001, y el Decreto 990 de 2002 por medio del cual se reestructura la Superintendencia, Ver SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, Régimen Básico, edición y concordancias Guillermo Sánchez Luque, Hugo E. Pacheco De León, Guillermo Obregón González, Yezid Alvarado Rincón, Imprenta Nacional, Segunda Edición, Bogotá, junio de 2002. Una selección de los más importantes conceptos emitidos por la Oficina Jurídica entre 1999-2001, lo mismo que artículos especializados de importantes tratadistas puede consultarse en SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, Servicios Públicos Domiciliarios – Actualidad Jurídica IV- edición, compilación y concordancias Guillermo Sánchez Luque, Hugo E. Pacheco De León, Guillermo Obregón González, Yezid Fernando Alvarado Rincón, Imprenta Nacional, Primera Edición, Bogotá, noviembre de 2001. Para consultar los conceptos jurídicos institucionales de años anteriores ver SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, Servicios Públicos Domiciliarios – Actualidades Jurídicas Tomos I, II, III,-( En Disco Compacto- CD) edición, compilación y concordancias Guillermo Sánchez Luque, Hugo E. Pacheco De León, Guillermo Obregón González, Yezid Fernando Alvarado Rincón, Bogotá, enero de 2002.

*Autoridad ambiental:* Es la encargada de la vigilancia, recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso, aprovechamiento y control de los residuos naturales renovables y del medio ambiente.

*Autoridad sanitaria:* Es la entidad competente del Sistema General de Seguridad Social (S.G.S.S.), que ejerce funciones de vigilancia de los sistemas de suministro de agua en cumplimiento de las normas, disposiciones y criterios contenidos en el presente decreto, así como los demás aspectos que tengan relación con la calidad del agua para consumo humano.

*Calidad del agua:* Es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

*Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA):* Es la encargada de señalar las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios.

*Contaminación del agua:* Es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

*Control de la calidad del agua potable:* Son los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución con el objeto de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el presente decreto.

*Criterio de calidad del agua potable:* Es el valor establecido para las características del agua en el presente decreto, con el fin de conceptuar sobre su calidad.

*Desastre:* Es el daño o alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental o intencional, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social.

*Emergencia:* Es el evento repentino e imprevisto que se presenta en un sistema de suministro de agua para consumo humano, como consecuencia de fallas técnicas, de operación, de diseño, de control o estructurales, que pueden ser naturales, accidentales o provocadas que alteren su operación normal o la calidad del agua, y que obliguen a adoptar medidas inmediatas para minimizar sus consecuencias.

*Ensayo de tratabilidad:* Son los estudios efectuados a nivel de laboratorio o de planta piloto, a una fuente de abastecimiento específica, para establecer el potencial de aplicación de un proceso de tratamiento.

*Escherichia Colo, (E-coli):* Bacilo aerobio gram-negativo que no produce esporas, pertenece a la familia de los enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas b - Galactosidasa y b - gluoroanidasa. Se desarrolla a  $44 \pm 0.5$  °C en medios complejos, fermenta la lactosa liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófano y no produce oxidasa.

*Fuente de abastecimiento:* Es todo recurso de agua utilizado en un sistema de suministro de agua.

*Grupo coliforme:* Es el que comprende todas las bacterias gram Negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en un plazo de 24 a 48 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la b galactosidasa.

*Índice coliforme:* Es la cantidad estimada de microorganismos de grupo coliforme presente en cien centímetros cúbicos (100 cm<sup>3</sup>) de agua, cuyo resultado se expresa en términos de número más probable (NMP) por el método de los tubos múltiples y por el número de microorganismos en el método del filtro por membrana.

*Libro o registro de control de calidad:* Es aquel donde se anotan, como mínimo, los siguientes datos: los resultados obtenidos de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos del agua que se suministra a la población de



acuerdo con los requerimientos del presente decreto, la cantidad de agua captada y suministrada y la cantidad de productos químicos utilizados.

*LD50*: Dosis letal para el 50% de los organismos en experimentación.

*Límite de detección de un método analítico (LD)*: Es el valor resultante de multiplicar la desviación estándar de un blanco de reactivos o testigos por una constante igual a 5.5. Los rangos de lectura de los métodos analíticos utilizados para análisis del agua, deben incluir al menos la décima parte del valor máximo admisible o el de referencia.

*Muestra compuesta de agua*: Es la integración de muestras puntuales tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, preparadas a partir de mezclas de volúmenes iguales o proporcionales al flujo durante el período de toma de muestras.

*Muestra puntual de agua*: Es la toma en punto o lugar en un momento determinado.

*Norma de calidad del agua potable*: Son los valores de referencia admisibles para algunas características presentes en el agua potable, que proporcionan una base para estimar su calidad.

*Plan de atención básica -P.A.B.-*: Es el conjunto de actividades, intervenciones y procedimientos, de promoción de la salud, prevención de la enfermedad, vigilancia en salud pública y control de factores de riesgo dirigidos a la colectividad.

*Plan operacional de emergencia*: Es el procedimiento escrito que permite a las personas que prestan el servicio público de acueducto, atender en forma efectiva una situación de emergencia.

*Planta de tratamiento*: Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

*Planta piloto*: Es el modelo que permite simular operaciones, procesos y condiciones hidráulicas de la planta de tratamiento utilizando para este efecto el agua de la fuente de abastecimiento.

*Persona que presta el servicio público de acueducto*: Es toda persona natural o jurídica que tiene por objeto la prestación del servicio público de acueducto con las actividades complementarias, de acuerdo con lo establecido en el régimen de los servicios públicos domiciliarios, que cumple su objeto a través de la planeación, ejecución, operación, mantenimiento y administración del sistema o de parte de él, bajo definidos criterios de eficiencia, cobertura y calidad, establecidos en los planes de gestión y resultados.

*Población servida*: Es el número de personas abastecidas por un sistema de suministro de agua.

*Polución del agua*: Es la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas o microbiológicas del agua como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.

*Sistema de suministro de agua potable*: Es el conjunto de obras, equipos y materiales utilizados para la captación, aducción, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua potable para consumo humano.

*Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)*: Es la entidad encargada del control, inspección y vigilancia de las personas que prestan los servicios públicos domiciliarios.

*Suscriptor*: Persona natural o jurídica con la cual se ha celebrado un contrato de condiciones uniformes de servicios públicos.

*Sustancias flotantes*: Son aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua y que influyen en su apariencia.

*Tratamiento*: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas en el presente decreto.

*Usuario*: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o

como receptor directo del servicio, a este último se denomina también consumidor.

*Valor admisible:* Es el valor establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua de consumo humano no representa riesgo para la salud del consumidor.

*Vigilancia de la calidad del agua:* Son las actividades realizadas por las autoridades competentes para comprobar, examinar e inspeccionar el cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el presente decreto.

## CAPITULO II

### Disposiciones Generales

**Artículo 2º.** Las disposiciones del presente decreto son de orden público y de obligatorio cumplimiento y con ellas se regulan las actividades relacionadas con la calidad del agua potable para consumo humano.

**Artículo 3º.** El agua suministrada por la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá ser apta para consumo humano, independientemente de las características del agua cruda y de su procedencia.

Parágrafo. Los usuarios propenderán por mantener en condiciones sanitarias adecuadas las instalaciones de distribución y almacenamiento de agua para consumo humano a nivel intradomiciliario.

**Artículo 4º.** Las personas que prestan el servicio público de acueducto, son las responsables del cumplimiento de las normas de calidad del agua potable establecidas en el presente decreto, y deben garantizar la calidad del agua potable, en toda época y en cualquiera de los puntos que conforman el sistema de distribución.

Parágrafo. Las personas que prestan el servicio público de acueducto, bajo condiciones normales, deberán garantizar su abastecimiento en continuidad y presión en la red de distribución, acorde con lo dispuesto en los planes de gestión y resultados (PGR), elaborados por las personas que prestan el servicio público de acueducto y aprobados por el Ministerio de Desarrollo Económico, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 142 de 1994.

**Artículo 5º.** Para los efectos del artículo anterior, la responsabilidad de las personas que prestan el servicio público de acueducto, será señalada de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) En zonas urbanas o rurales, la responsabilidad llegará hasta los sitios en donde se hayan instalado dispositivos para regular o medir el agua consumida por los usuarios;
- b) No existiendo en zonas urbanas y rurales los dispositivos a que se refiere el literal anterior, la responsabilidad llegará hasta el punto en donde la tubería ingrese a la propiedad privada o hasta el registro o llave de paso, que haya colocado la persona que presta el servicio público de acueducto como punto final de la red de distribución, respectivamente.

## CAPITULO III

### Normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable

**Artículo 6º.** Las normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua potable establecidas en el presente decreto rigen para todo el territorio nacional y deben cumplirse en cualquier punto de la red de distribución de un sistema de suministro de agua potable.

Normas de calidad organolépticas, físicas y químicas

**Artículo 7º.** Los criterios organolépticos y físicos de la calidad del agua potable son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Coblato (UPC)	≤ 15
Olor y sabor	-	Aceptable
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT)	≤ 5
Sólidos Totales	mg/L	≤ 500

Conductividad	microohms/cm	50 - 1000
Sustancias Flotantes	-	Ausentes

**Artículo 8º.** Los criterios químicos de la calidad del agua potable son los siguientes:

a) Criterios para elementos y compuestos químicos, diferentes a los plaguicidas y otras sustancias, que al sobrepasar los valores establecidos tienen reconocido efecto adverso en la salud humana:

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Aluminio	Al	0.2
Antimonio	Sb	0.005
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.5
Boro	B	0.3
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0.05
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	0.1
Cloroformo	CHCl <sub>3</sub>	0.03
Cobre	Cu	1.0
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	0.01
Fenoles totales	Fenol	0.001
Mercurio	Hg	0.001
Molibdeno	Mo	0.07
Níquel	Ni	0.02
Nitritos	NO <sub>2</sub>	0.1
Nitratos	NO <sub>3</sub>	10
Plata	Ag	0.01
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.5
Grasas y aceites	-	Ausentes
Trihalometanos Totales	THMs	0.1

b) Criterios de calidad química para características con implicaciones de tipo económico o acción indirecta sobre la salud.

CARACTERISTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Calcio	Ca	60
Acidez	CaCO <sub>3</sub>	50
Hidróxidos	CaCO <sub>3</sub>	<LD
Alcalinidad Total	CaCO	100
Cloruros	Cl	-250
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	160
Hierro Total	Fe	0.3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0.1
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250
Zinc	Zn	5
Fluoruros	F	1.2
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.2

**Artículo 9º.** El valor admisible del cloro residual libre en cualquier punto de la red de distribución de agua potable, deberá estar comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/litro.

Parágrafo. Cuando se utilice un desinfectante diferente al cloro, los valores admisibles para el residual correspondiente u otras consideraciones al

respecto, serán establecidos por el Ministerio de Salud mediante el correspondiente acto administrativo.

**Artículo 10.** El valor para el potencial de hidrógeno, pH, para el agua potable deberán estar comprendido entre 6.5 y 9.0.

**Artículo 11.** La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente decreto es de 0.0001 mg/litro:

- a) Los plaguicidas y otras sustancias consideradas como cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas por el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo (se excluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación);
- b) Los componentes clasificados en la categoría toxicológica I (altamente tóxicos) según la clasificación vigente del Ministerio de Salud;
- c) Las sustancias cuyos valores LD50 oral más bajo sean menores o iguales a 50 mg/Kg según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud;
- d) Aquellos cuya única información, reconocida por el Ministerio de Salud, los catalogue como muy venenosos, muy tóxicos, muy letales y/o muy peligrosos;
- e) Las sustancias desconocidas, extrañas y/o nuevas de origen natural o sintético de las cuales no se tenga conocimiento científico sobre su toxicidad.

**Artículo 12.** La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente decreto, es de 0.001 mg/litro:

- a) Los plaguicidas y otras sustancias comprendidas en las categorías toxicológicas II y III (mediana y moderadamente tóxicos) según la clasificación vigente del Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo;
- b) Las sustancias cuyos valores LD50 oral más bajos se encuentren entre 51 y 5000 mg/Kg según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y/o las de la categoría toxicológica I según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo.

**Artículo 13.** La concentración máxima admisible para cada uno de los siguientes plaguicidas y otras sustancias no consideradas en los demás artículos del presente decreto, es de 0.01 mg/litro:

- a) Los plaguicidas y otras sustancias clasificadas en la categoría toxicológica IV (baja toxicidad) de acuerdo a la clasificación vigente del Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas y/o teratogénicas según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo;
- b) Las sustancias cuyos valores LD50 oral más bajos se encuentren entre 5001 y 15000 mg/Kg según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud. Se excluyen las sustancias cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y/o las de las categorías toxicológicas I, II y III según el Ministerio de Salud o las referencias reconocidas por el mismo;
- c) Aquellos cuya única información, reconocidas por el Ministerio de Salud, los catalogue como de poca, ligera o baja toxicidad.

**Artículo 14.** La concentración permisible en el agua potable, para cada uno de los plaguicidas y demás sustancias concernientes a los artículos 11, 12 y 13, será menor que el límite de detección de los métodos analíticos de referencias estandarizados.

**Artículo 15.** La concentración total de plaguicidas y demás sustancias concernientes a los artículos 11, 12 y 13, se ajustará de acuerdo a lo siguiente:

- a) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0.0001 mg/litro., podrá ser de 0.001 mg/litro como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales;
- b) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias, cuyo valor individual máximo admisible sea de 0.001 mg/litro, podrá ser de

0.01 mg/litro como máximo, en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales.

c) La suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias cuyo valor individual máximo admisible sea de 0.01 mg/litro, podrá ser de 0.1 mg/litro como máximo; en ningún caso podrán ser excedidos los valores individuales señalados en este artículo.

**Parágrafo.** Independientemente de lo considerado anteriormente, la suma total de las concentraciones de plaguicidas y demás sustancias concernientes al presente artículo no podrá ser superior a 0.1 mg/litro.

**Artículo 16.** Los plaguicidas y las demás sustancias consideradas en los artículos 11, 12 y 13 que deban analizarse en una determinada muestra, se seleccionarán con base en la información que contemple los datos suministrados por los responsables y/o afectados por la eventual presencia de esos tóxicos en el agua. De igual manera, para este efecto y cuando no se tenga la información completa y consistente, se considerarán de acuerdo a la región, las sustancias tóxicas utilizadas, los cultivos y las plagas a combatir, lo mismo que otros factores que conduzcan a establecer los posibles contaminantes, los cuales se confirmarán por los análisis de laboratorio.

**Artículo 17.** Cuando por inconvenientes o imposibilidades técnicas de realizar los análisis correspondientes al artículo 16 y/o mientras se implementan las metodologías analíticas respectivas, las personas prestadoras del servicio de acueducto, mínimo realizarán trimestralmente (o en caso de emergencia sanitaria y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran), análisis de sustancias indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas y/u otros componentes considerados en los artículos 11, 12 y 13, así:

a) Organoclorados persistentes, tales como PCBs, DDT y otros de amplio uso y/o peligrosos como alaclor, aldicarb, benomil, carbofurano, clorpirifos, clordano, 2.4-D, triazinas, hidrocarburos del petróleo, pentaclorofenol u otros que puedan analizarse mediante pruebas rápidas y específicas de inmunoensayo internacionalmente reconocidas. De esta lista se seleccionará (n) el (los) compuesto (s) a analizar de acuerdo a lo establecido en el artículo 16 del presente decreto;

b) Organofosforados y/o carbamatos inhibidores de la acetilcolinesterasa. El análisis se realizará por inhibición enzimática in vitro de la colinesterasa a través de la técnica analítica validada en el Instituto Nacional de Salud, de acuerdo a lo contemplado en el artículo 16 del presente decreto;

c) También se podrán realizar pruebas biológicas indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas u otras sustancias conforme al artículo 16 del presente decreto;

d) En el caso de no realizarse las pruebas contempladas en el presente artículo, se efectuarán los análisis correspondientes de acuerdo al presente decreto.

**Artículo 18.** El Ministerio de Salud podrá en cualquier momento establecer los valores máximos admisibles individuales y/o totales para los plaguicidas u otras sustancias, mediante el correspondiente acto administrativo.

**Artículo 19.** En la red de distribución de todo sistema de suministro de agua las personas que prestan el servicio público de acueducto, deberán practicar, como mínimo, los siguientes análisis organolépticos y físico-químicos: pH, color, olor, sustancias flotante, turbiedad, nitritos, cloruros, sulfatos, hierro total, dureza total y cloro residual libre, cuando éste se utilice como desinfectante.

**Artículo 20.** La ejecución de los análisis organolépticos, físicos y químicos, requeridos en el artículo anterior se sujetará a las siguientes reglas:

NÚMERO DE HABITANTES SERVIDOS	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS A ANALIZAR POR MES	INTERVALO DE DÍAS ENTRE MUESTRAS
Menos de 2.500	2	quincenal
2.501 a 12.500	8	4 días
12.501 a 60.000	15	2 días

60.001 a 100.000	30	1 día
100.001 a 1.000.000	60	2 cada día
más de 1.000.001	240	8 cada día

**Artículo 21.** En la red de distribución de todo sistema de suministro de agua, además de los análisis exigidos en el artículo 19 del presente decreto, se practicará un análisis organoléptico, físico y químico que incluya las otras características señaladas en los artículos 7°, 8°, 9°, 10, 11, 12, 13, 16 y 17 de esta reglamentación, con la frecuencia mínima de acuerdo al número de habitantes servidos y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran, así:

HABITANTES	FRECUENCIA MÍNIMA
1 a 500.000	1 anual
500.001 a 1.500.000	1 semestral
más de 1.500.001	1 cuatrimestral

**Artículo 22.** Para los efectos del control de la calidad organoléptica, física y química del agua potable, la persona que presta el servicio público de acueducto deberá tener en cuenta que los valores obtenidos, al ser promediados no excedan los valores admisibles señalados en los artículos 7°, 8°, 9°, 10, 11, 12 y 13 del presente decreto. Para establecer los promedios se tendrán en cuenta las siguientes reglas:

NÚMERO DE HABITANTES SERVIDOS	PERÍODO PARA ESTABLECER PROMEDIOS	FRECUENCIA DEL PROMEDIO
Hasta 2.500	Bimestral	Bimestral
2.500 a 12.500	Mensual	Mensual
12.501 a 60.000	Quincenal	Mensual
60.001 a 100.000	Semanal	Mensual
más de 100.001	Diario	Mensual

**Artículo 23.** El número mínimo de muestras exigidas en el artículo anterior, deberán ser consignadas en el libro o registro de control de calidad, por las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto.

#### Normas microbiológicas

**Artículo 24.** Los métodos aceptados para análisis microbiológico del agua son los siguientes:

Para Escherichia Coli: Filtración por membrana y sustrato definido.

Para Coliformes Totales: Filtración por membrana y sustrato definido.

Parágrafo. Método de tubos múltiples de fermentación y recuento en placa (siembra en profundidad) se seguirá empleando hasta el año 2000; por lo tanto, a partir de la entrada en vigencia del presente decreto los laboratorios que no empleen los métodos aceptados para análisis microbiológico, deberán implementarlos y estandarizarlos; igualmente se adoptarán otras metodologías debidamente validadas por el Instituto Nacional de Salud y aprobadas por el Ministerio de Salud, mediante el correspondiente acto administrativo.

**Artículo 25.** El agua para consumo humano debe cumplir con los siguientes valores admisibles desde el punto de vista microbiológico:

TÉCNICA UTILIZADA	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SUSTRATO DEFINIDO	TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN "Aceptable hasta el año 2000"
MICROORGANISMOS INDICADORES			
Coliformes totales	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>	<2 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>
Escherichia coli	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismos/100 cm <sup>3</sup>	Negativo

Parágrafo primero. Los resultados de los análisis microbiológicos se deben reportar en las unidades de NMP/100 cm<sup>3</sup> (número más probable), si se utiliza

la técnica del número más probable o la técnica enzimática de sustrato definido y en UFC/100 cm<sup>3</sup> (unidades formadoras de colonia), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

**Parágrafo segundo.** Se recomienda un valor máximo admisible de 100 Unidades Formadoras de Colonias (U.F.C.) por 100 centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>), para microorganismos mesófilos, como prueba complementaria de la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico.

**Artículo 26.** Ninguna muestra de agua potable debe contener E-coli en 100 cm<sup>3</sup> de agua, independientemente del método de análisis utilizado.

**Artículo 27.** El número de muestras para el control de la calidad del agua en análisis microbiológico que deben tomarse en la red de distribución de todo Sistema de Suministro de Agua, deberá corresponder a la población servida, tal como se establece a continuación:

POBLACIÓN SERVIDA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR MES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE MUESTRAS CONSECUTIVAS
25 a 1.000	1	Mensual
1.001 a 2.500	2	Quincenal
2.501 a 3.300	3	cada 10 días
3.301 a 4.100	4	1 semanal
4.101 a 5.800	6	cada 5 días
5.801 a 7.600	8	cada 4 días
7.6001 a 12.900	10	cada 3 días
12.901 a 17.200	15	cada 2 días
17.201 a 33.000	30	cada día
33.001 a 59.000	60	2 por día
59.001 a 96.000	90	3 por día
96.001 a 220.000	120	4 por día
220.001 a 320.000	150	5 por día
320.001 a 450.000	180	6 por día
450.001 a 600.000	210	7 por día
600.001 a 780.000	240	8 por día
780.001 a 970.000	270	9 por día
970.001 a 1.230.000	300	10 por día
1.230.001 a 1.520.000	330	11 por día
1.520.001 a 1.850.000	360	12 por día
1.850.001 a 2.270.000	390	13 por día
2.270.001 a 3.020.000	420	14 por día
3.020.001 a 3.960.000	450	15 por día
3.960.001 ó más	480	16 por día

**Artículo 28.** El número mínimo de muestras exigidas en el artículo anterior, deben ser analizadas considerando el intervalo estipulado entre muestras consecutivas. Las muestras adicionales que se realicen por incumplimiento de las normas de calidad microbiológica, se consignarán en el libro o registro de control de calidad y serán tenidas en cuenta para evaluar la calidad del agua, por las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto.

**Artículo 29.** Para los efectos del control de la calidad microbiológica del agua potable en lo que se refiere a coliformes totales, las personas encargadas de la prestación del servicio público de acueducto, obtendrán los porcentajes del total de los resultados de las muestras consignadas en el libro o registro de control de calidad; para este efecto los porcentajes se calcularán de la siguiente manera:

$$\% \text{ Aceptabilidad} = (\text{Na} \times 100) / \text{Nt}$$

Na = Número de muestras Aceptables: Son todas aquellas muestras que cumplen con lo señalado en el artículo 25 del presente decreto.

Nt = Número Total de muestras por mes: Es el total de muestras analizadas y registradas en el libro de control por mes.

**Parágrafo.** Cuando el porcentaje de aceptabilidad se encuentra entre el 95% y 100%, se considera que el agua es apta para consumo humano; pero si dicho porcentaje es menor del 95% se considera que el agua no es apta para consumo humano.

#### **CAPITULO IV Otras disposiciones**

**Artículo 30.** Las instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para determinar su calidad física, química y microbiológica, serán las señaladas por el Ministerio de Salud.

**Artículo 31.** Las personas que prestan el servicio público de acueducto deberán realizar directamente o indirectamente los análisis a que se refieren los artículos anteriores como mecanismo de control que obligatoriamente deben ejercer para garantizar la calidad del agua potable, independientemente de los practicados para estudio o vigilancia por parte de las autoridades sanitarias.

**Artículo 32.** De conformidad con la Ley 09 de 1979 el Ministerio de Salud podrá, por razones de carácter sanitario o como resultado de investigaciones de orden científico o de su acción de vigilancia, adicionar o complementar el listado de características y normas de calidad del agua potable.

**Parágrafo.** Las metodologías analíticas para determinar la calidad del agua con destino al consumo humano, deberán estandarizarse, para lo cual se fijará su límite de detección, reproducibilidad (precisión), exactitud (valor verdadero), linealidad (rango dinámico lineal), porcentaje de recuperación y reporte de interferencias. El aval correspondiente lo dará el Instituto Nacional de Salud.

**Artículo 33.** Los laboratorios que analicen agua para consumo humano deberán llevar un programa de aseguramiento de la calidad que garantice los resultados obtenidos.

**Artículo 34.** Los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, deberán ser efectuados sólo por laboratorios autorizados por el Ministerio de Salud en coordinación con la Superintendencia de Industria y Comercio quien los acreditará; estos laboratorios deberán estar participando en los programas interlaboratorios del control de calidad que liderará el Instituto Nacional de Salud a través de la red laboratorios.

Normas de calidad organolépticas, físicas y químicas del agua segura

**Artículo 35.** En la eventualidad de un desastre o emergencia, que afecte el normal suministro del agua potable a la población, se tendrán en cuenta las siguientes normas organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua segura.

**Artículo 36.** Criterios de calidad organolépticas y físicas del agua segura son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS EN	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	< 25
Olor y Sabor	–	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT)	≤ 5
Sólidos Totales	Mg/L	< 1000
Conductividad	microsiemens/cm	≤ 1500
Sustancias Flotantes	–	Aceptable

**Artículo 37.** Criterios de calidad química del agua segura son las siguientes:

a) Normas para elementos y sustancias químicas:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Aluminio	Al	2.0
Antimonio	Sb	0.02
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Boro	B	1.0
Cadmio	Cd	0.005



Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0.1
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	0.2
Cloroformo	CHCl <sub>3</sub>	0.7
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	0.025
Cobre	Cu	2.0
Fenoles totales	Fenol	0.01
Mercurio	Hg	0.002
Molibdeno	Mo	0.2
Níquel	Ni	0.1
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	1.0
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.02
Selenio	Se	0.015
Sustancias activas al azul de metileno	ABS	0.7
Grasas y Aceites	mg/L	Ausente
Trihalometanos Totales	THMs	≤1.0

b) Criterios de calidad química para agua segura:

CARACTERÍSTICAS	EXPRESADAS COMO	VALOR ADMISIBLE mg/L
Calcio	Ca	100
Acidez	CaCO <sub>3</sub>	60
Hidróxidos	CaCO	<LD.
Alcalinidad Total	CaCO	120
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	300
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	180
Hierro Total	Fe	0.5
Magnesio	Mg	60
Manganeso	Mn	0.15
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	350
Zinc	Zn	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1.7
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0.4

**Parágrafo.** En caso de que se presente una situación de emergencia o un desastre, la persona que presta el servicio público de acueducto, deberá adoptar las medidas correctivas o de mitigación a que haya lugar, e informar inmediatamente del hecho a la autoridad sanitaria competente para que ésta declare la situación de emergencia o desastre correspondiente y ordene la adopción de las medidas pertinentes.

**Artículo 38.** El valor admisible del cloro residual libre para el agua segura, deberá estar comprendido entre 0.3 y 1.3 mg/L.

**Artículo 39.** El valor para el potencial de hidrógeno, pH. para el agua segura deberá estar comprendido entre 6.5 y 9.0.

**Artículo 40.** Las normas microbiológicas y sobre el contenido de plaguicidas y otras sustancias para el agua segura, deberán ser las mismas que para el agua potable.

**Parágrafo 1.** Los parámetros de agua segura serán aceptados únicamente mientras los sistemas de suministro de agua se encuentran en una situación de emergencia o desastre.

**Parágrafo 2.** Una vez superada una emergencia o un desastre la persona que presta el servicio público de acueducto deberá suministrar a su población agua potable, de acuerdo a lo establecido en el presente Decreto.

## CAPITULO V

### Vigilancia de la calidad del agua potable

**Artículo 41.** Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, ejercerán la vigilancia sobre la Calidad del Agua Potable como parte de las acciones del Plan de Atención Básica PAB en su jurisdicción, y tomarán las medidas

preventivas y correctivas necesarias para dar cumplimiento a las disposiciones del presente decreto.

El Ministerio de Salud definirá los instrumentos y procedimientos para realizar la vigilancia en salud pública de la calidad del agua.

Parágrafo transitorio. Hasta tanto los municipios cuenten con la infraestructura necesaria para ejercer las funciones de vigilancia sobre la calidad sanitaria del agua para consumo humano, el departamento respectivo ejercerá las funciones a que se refiere el presente capítulo.

#### **Análisis organolépticos, físicos y químicos**

**Artículo 42.** Las autoridades de Salud de los distritos o municipios, deberán desarrollar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, ejecutando además de los análisis exigidos en el artículo 19 del presente decreto, los análisis organolépticos, físicos y químicos que incluyan las características señaladas en esta reglamentación, de acuerdo a la población servida, tal como se establece a continuación:

POBLACIÓN SERVIDA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS	INTERVALO MÁXIMO ENTRE MUESTRAS CONSECUTIVAS
Menos de 2.500	1	Cada 60 días
2.501 a 12.500	2	Cada 30 días
12.501 a 60.000	3	Cada 15 días
60.001 a 100.000	4	Cada 7 días
Más de 100.001	6	Cada 5 días

#### **Análisis Microbiológico**

**Artículo 43.** Las autoridades de Salud de los Distritos o Municipios, deberán desarrollar acciones de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, realizando los análisis microbiológicos de acuerdo a la población servida, tal como se establece a continuación:

POBLACIÓN SERVIDA	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR MES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE MUESTRAS
Menos de 2.500	2	Quincenal
2.501 a 10.000	3	Cada 10 días
10.001 a 50.000	4	1 Semanal
50.001 a 100.000	6	Cada 5 días
100.001 a 780.000	10	Cada 3 días
780.001 a 1.520.000	15	Cada 2 días
Más de 1.520.001	30	Cada día

Parágrafo 1º. Cuando los resultados de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, no concuerden con las normas establecidas en el presente Decreto, las autoridades de salud de los distritos o municipios procederán a tomar las muestras que sean necesarias para ubicar la posible falla y tomar las medidas correctivas del caso.

Parágrafo 2º. El resultado de estos análisis de vigilancia se compararán con los efectuados por las personas que prestan el servicio público de acueducto, con el fin de verificar que dichos análisis de control son acordes con lo establecido en el presente decreto.

Parágrafo 3º. De conformidad con lo establecido en el Decreto 1562 de 1984, mediante el cual se regulan las actividades relacionadas con la vigilancia y control epidemiológicos la información recolectada deberá cruzarse con los diferentes entes de control y vigilancia epidemiológica, según sea el nivel, en cuanto hace relación a enfermedades de origen hídrico.

**Artículo 44.** Una vez obtenidos los resultados de los análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, las direcciones departamentales de salud serán las responsables de la recolección y remisión de la información consolidada al Ministerio de Salud, de acuerdo al sistema de información que se establezca.

Parágrafo 1º. La información reportada conforme a la presente disposición se analizará por parte del Ministerio de Salud, en lo concerniente al cumplimiento

de los parámetros establecidos en el presente decreto, con el fin de adoptar los correctivos necesarios; así mismo, se comunicará a la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios, la cual con base en la Ley 142 de 1994 artículo 79.1 y 79.10 y el Decreto 548 de 1995 en su artículo 6.2 literal M, aplicará las medidas pertinentes.

Parágrafo 2º. El Ministerio de Salud, mediante la expedición del correspondiente acto administrativo, definirá los diferentes códigos que identifiquen las normas de calidad organoléptica, física, química y microbiológica del agua potable, consideradas en el presente decreto.

Parágrafo 3º. De conformidad con lo establecido en el Decreto 1562 de 1984, mediante el cual se regulan las actividades relacionadas con la vigilancia y control epidemiológicos, en especial el artículo 14 de dicha reglamentación, la información recolectada del control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, se suministrará a los diferentes entes de control y vigilancia epidemiológica, si así lo requieren.

**Artículo 45.** El Ministerio de Salud, a través de su Dirección General de Promoción y Prevención o la dependencia que haga sus veces, recibirá la información de las diferentes direcciones departamentales de salud con el fin de preparar el informe nacional de calidad de agua y fijar las políticas y estrategias a seguir en materia de calidad del agua potable.

**Artículo 46.** Las autoridades de salud de los distritos o municipios encargadas de la vigilancia de la calidad sanitaria del agua para consumo humano, previa identificación, tendrán libre acceso a los sistemas de suministro de agua, a los libros de registro estadísticos y a los diferentes inmuebles donde se abastezcan del sistema.

Parágrafo. Las demás autoridades, en especial las de policía, prestarán toda la colaboración necesaria para el cumplimiento de las funciones de vigilancia y control.

**Artículo 47.** Las autoridades de salud de los distritos o municipios podrán, en cualquier tiempo, informar a las personas que prestan el servicio público de acueducto y a la comunidad en general, las disposiciones contenidas en este decreto, garantizando su cumplimiento y protegiendo a la comunidad, previniendo sobre la existencia de tales disposiciones y los efectos o sanciones que conlleve su incumplimiento, con el objeto de que las actividades, conductas, hechos u omisiones se ajusten a lo establecido en ellas.

Así mismo deberán adelantar campañas y procesos de capacitación, orientados a ilustrar sobre los beneficios de la calidad del agua potable para la comunidad y naturalmente para la salud.

## CAPITULO VII

### Información y registro

**Artículo 48.** Toda persona que preste el servicio público de acueducto, llevará un libro o registro de control de calidad actualizado, que contenga, como mínimo la siguiente información:

- Cantidad de agua captada
- Cantidad de agua suministrada
- Resultados de los análisis organolépticos, microbiológicos, físicos y químicos del agua, de acuerdo con los requerimientos mínimos señalados en el presente decreto.
- Los valores exigidos en los artículos 21, 22, 26 y 28 del presente decreto.
- Cantidad de productos químicos utilizados, tales como coagulantes, desinfectantes, alcalinizantes y otros.

**Artículo 49.** Las personas que prestan el servicio público de acueducto deberán tener disponible para el Ministerio de Salud, la Superintendencia de Servicios Públicos, las autoridades de salud del distrito o municipio respectivas y a los demás entes de control y vigilancia, que así lo requieran, la información establecida en el artículo anterior, debidamente diligenciada.

Parágrafo 1º. Las autoridades de salud del distrito o municipio analizarán la información recibida y tomarán las medidas del caso en desarrollo de sus funciones de vigilancia.

Parágrafo 2º. El resultado de la información anteriormente citada, será determinante en la aplicación del índice de calidad de agua potable, definido por el Ministerio de Salud en coordinación con la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios, el cual será tenido en cuenta en los planes de gestión y resultados que sean sometidos a aprobación del Ministerio de Desarrollo Económico en los términos establecidos en la Ley 142 de 1994.

## **CAPITULO VIII**

### **Medidas de emergencia**

**Artículo 50.** Toda persona natural o jurídica que realice diseños o estudios para un sistema de suministro de agua, deberá incluir en éstos los riesgos y peligros potenciales, mediante un análisis de vulnerabilidad.

**Artículo 51.** Toda persona que preste el servicio público de acueducto, deberá tener un plan operacional de emergencia basado en análisis de vulnerabilidad que garantice medidas inmediatas en el momento de presentarse aquella, evitando a toda costa riesgos para la salud.

**Artículo 52.** En los planes operacionales de emergencia será prioritario tener en cuenta los riesgos de mayor probabilidad indicados en los análisis de vulnerabilidad.

**Artículo 53.** El personal que trabaje en los sistemas de suministro de agua, debe estar capacitado para actuar en situaciones de emergencia.

**Artículo 54.** Al declararse estados de emergencia en materia de suministro de agua, los medios alternativos deberán cumplir al menos con las normas sobre calidad del agua segura establecidas en este decreto.

**Artículo 55.** En caso de comprobarse el estado de emergencia, las autoridades de salud de los distritos o municipios y las Direcciones Departamentales de Salud, según el caso, podrá solicitar la suspensión del servicio público de acueducto, con el fin de tomar las medidas correctivas necesarias, para evitar riesgos en la salud de la población.

**Artículo 56.** El presente decreto rige a partir de la fecha de su publicación y deroga las normas que le sean contrarias, en especial las contenidas en el Decreto 2105 de 1983.

Publíquese y cúmplase.

Dado en Santa Fe de Bogotá, D. C. a 10 de marzo de 1998.

ERNESTO SAMPER PIZANO

La Ministra de Salud,

María Teresa Forero de Saade.

El Ministro de Desarrollo Económico,  
Carlos Julio Gaitán González.

## **ANEXO 2**

CUMPLIMIENTO DECRETO 475 DE 1998

FORMATO 4.4.11

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

**CUMPLIMIENTO DECRETO 475 DE 1998**

**FORMATO 4.4.11**

Para los aspectos sobre la calidad del agua, diligencie el formato; los espacios en blanco correspondientes, diligéncielos indicando el dato, número o en algunos casos marcando con una X.

**1. CALIDAD DEL AGUA**

Marque con una X los análisis que realiza la empresa para calidad del agua:

		Observaciones:
Ph:.....		
Color:.....		
Olor:.....		
Sustancias Flotantes:.....		
Turbiedad:.....		
Nitritos:.....		
Cloruros:.....		
Sulfatos:.....		
Hierro Total:.....		
Dureza Total:.....		
Cloro Residual Libre:.....		
Coliformes totales:.....		
Escherichia coli:.....		
Otros:.....		

Marque con una X donde se identifique la empresa y escriba el dato exacto del número de muestras físico - químicas analizadas:

Número de habitantes servidos	(X)	Número de muestras Físico - Químicas analizadas por mes
Menos de 2.500		
2.501 a 12.500		
12.501 a 60.000		
60.001 a 100.000		
100.001 a 1.000.000		
Más de 1.000.001		

Marque con una X el método que utiliza la empresa para análisis microbiológico del agua:

Filtración por membrana:.....	<input type="checkbox"/>
Sustrato definido:.....	<input type="checkbox"/>
Otro:.....	<input type="checkbox"/>

Cuál?: \_\_\_\_\_

Marque con una X donde se identifique la empresa y escriba el dato exacto del número de muestras microbiológicas analizadas:

Población Servida	(X)	Número De Muestras Microbiológicas Por Mes
25 a 1.000		
1.001 a 2.500		
2.501 a 3.300		
3.301 a 4.100		
4.101 a 5.800		
5.801 a 7.600		
7.6001 a 12.900		
12.901 a 17.200		
17.201 a 33.000		
33.001 a 59.000		
59.001 a 96.000		
96.001 a 220.000		
220.001 a 320.000		
320.001 a 450.000		
450.001 a 600.000		
600.001 a 780.000		
780.001 a 970.000		
970.001 a 1.230.000		
1.230.001 a 1.520.000		
1.520.001 a 1.850.000		
1.850.001 a 2.270.000		
2.270.001 a 3.020.000		
3.020.001 a 3.960.000		
3.960.001 ó más		

Marque con una X:

Los análisis organolépticos, físicos - químicos y microbiológicos, son efectuados por laboratorios:

Autorizados por el Ministerio de Salud:....	<input type="checkbox"/>
Inscritos en el Programa PICCAP del Instituto Nacional de Salud:.....	<input type="checkbox"/>
Otros Laboratorios:.....	<input type="checkbox"/>

Nombre del laboratorio:





Coliformes  
totales:  
Escherichia  
coli:


Hacer análisis de la información, en cuanto al cumplimiento del Decreto 475 de 1998, sobre la Calidad del Agua suministrada a la población, durante el año auditado.

---

---