

**ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD APLICADA AL VERTIMIENTO DE AGUAS
DE PRODUCCIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS HIDROCARBUROS
EN COLOMBIA.**

**ALEJANDRA PRIETO CASTAÑEDA
NATALIA GIOMARA GRAJALES GARCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2012

**ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD APLICADA AL VERTIMIENTO DE AGUAS
DE PRODUCCIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS HIDROCARBUROS
EN COLOMBIA.**

**ALEJANDRA PRIETO CASTAÑEDA
NATALIA GIOMARA GRAJALES GARCIA**
Trabajo de Grado para optar por el título de
INGENIERO DE PETRÓLEOS

Director:

Ing. CESAR AUGUSTO PINEDA
Docente UIS

Codirector:

RAUL LEONARDO TRIANA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

Hoy culminando otra etapa de nuestras vidas queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto.

A Dios, por darnos la esperanza, fortaleza y salud necesaria para culminar exitosamente este proceso.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarnos el espacio, no solo para nuestra formación académica, sino también para el crecimiento personal.

Al ingeniero Cesar Augusto Pineda, por darnos la oportunidad de trabajar a su lado, por corregirnos cada vez que fue necesario y de esta forma hacer de nosotras no solo profesionales comprometidas, sino mejores personas.

Al ingeniero Raúl Leonardo Triana por aceptar ser nuestro codirector, por su apoyo incondicional y su gran amabilidad.

A nuestra familia por su apoyo incondicional, compañía y amor verdadero que nos dieron la fortaleza necesaria para la culminación de este proyecto

A nuestros amigos por ser la compañía perfecta en los momentos de alegría, tristeza y desesperación

DEDICATORIA

A mi madre Astrid Elena García por ser una mujer fuerte, inteligente y hermosa que con su apoyo y amor incondicional me enseña día a día lo valioso de la vida, Te amo mucho!
Mami.

A mi Padre William Camilo Grajales , por ser el mejor papá del mundo y enseñarme todo lo que me hace la mujer que soy , por contarme todas esas experiencias de vida que me hacen pensar y ser una persona diferente, Te amo y te admiro mucho papi.
Sin su apoyo no estaría a punto de alcanzar este gran logro mil gracias por darme la vida y enseñarme a vivirla ustedes dos son mi razón de vivir y sólo puedo dar gracias a la vida por correr con tan buena suerte de tener los padres mas humanos, amorosos e incondicionales.

A mis hermanos Nicolas , Tania, Camila (nena), Andrés y Carlos , por ser quienes me alegran la vida , por acompañarme en todas las etapas de mi vida , por soportar el hacer que llegáramos tarde siempre , mi habilidad de extraviar cosas, mi llanto sin razón. En fin, Por ser mis amigos incondicionales, los amo demasiado y sé que para ustedes sólo vienen éxitos y cosas bonitas.

A Sandra Liliana Royá gracias por aconsejarme y siempre estar ahí, este logro también es tuyo, te quiero.

A mis tios Manuel Hernandez y Rogert Garcia por estar siempre conmigo y apoyarme en el trascurso de mi carrera los quiero mucho, mil gracias.

A mi mejor amiga Laura Camila Vargas por ser mi compañera de aventuras bumanguesas, por acompañarme estos 6 años en este camino que pasamos juntas , por hacerme reír incontrolablemente, por estar conmigo en mis momentos de tristeza, por ser mi amiga , la niña con la que vivo, la del comercial de la tarjeta de crédito, mi hermana. Sin ti no hubiera alcanzado este logro, gracias Succito te quiero mucho

A mis amigos Jair , Gerson y Juan K por hacerme pasar tantos buenos momentos, los quiero mucho.

A mis chicas Kari, Maggúe y Marce a pesar de que no fue mucho tiempo el que compartimos fue suficiente para aprender algo muy valioso de cada una de ustedes espero que hagan parte de mi vida más tiempo, las quiero.

A mi "compañerita de tesis" por ser tan alegre y a la vez seria y responsable sin esa combinación de valores creo que no hubiéramos logrado esto, por ser mi amiga y compartir alegrías, tristezas, desesperación y momentos que se quedaron en nuestras mentes, espero que en esta nueva etapa vengan muchos éxitos y buenas cosas para ti, porque eres una gran mujer te mereces eso y mucho más , me siento muy orgullosa de ser tu "compañera de tesis" gracias Allucita.

Natalia Giomara Grajales García

DEDICATORIA

Dedico a Dios este trabajo, por guiar cada uno de mis pasos durante el camino de la vida y por permitirme conocer personas maravillosas que llenan de alegría mi vida.

A mis padres Luz Doris Castañeda y Mario Fernando Prieto, por acompañarme, apoyarme y corregirme cada vez que fue necesario, porque gracias a sus consejos y ejemplos hoy soy una persona correcta que practica valores. Por su infinito amor que me ha dado la fortaleza para seguir mi camino. Los quiero mucho. Espero compartir con ustedes muchos más logros.

A mi hermano Juan Fernando Prieto C., por su intensidad, por llevarme al borde del desespero, por su cariño, porque lejos, me di cuenta que eres lo mejor de mi vida. Te amo con todo mi corazón.

A mis abuelos, por su comprensión, preocupación y compañía. Los quiero mucho.

A toda mi familia, porque ustedes son la base de una lucha constante que me dan fuerzas para seguir adelante.

A mis amigos, Alex, Carlina, Daniela, Daniel y Juan, por hacer de mi vida un mundo lleno de alegrías, risas y buenos momentos. Por ser aquellas personas que acompañaron mis momentos difíciles. Por ser los causantes de mis rabias pero también de mis más hermosos recuerdos. Anhele con todo mi corazón conservarlos por siempre.

A mi “compañera de tesis” por causarme los más fuertes dolores de cabeza, porque todas esas cosas me dieron la fuerza necesaria para culminar exitosamente este proyecto. Lo más importante, por no solo ser una compañera sino una gran amiga, definitivamente compartimos muchas cosas en la vida.

Alejandra Prieto Castañeda

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES DEL AGUA DE PRODUCCIÓN	24
1.1 ORIGEN DEL AGUA DE PRODUCCION.....	24
1.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA EL AGUA DE PRODUCCIÓN	28
1.2.1 Separación básica.	28
1.2.2 Tratadores.....	29
1.2.3 Remoción del petróleo disperso	30
1.2.4 Remoción de gas disuelto..	34
1.2.5 Remoción de sólidos en suspensión.....	34
1.2.6 Biocidas.....	36
1.2.7 Separación por membranas.	37
1.3 ALTERNATIVAS PARA EL USO DEL AGUA.....	43
1.3.1 Vertimiento.....	44
1.3.2 Inyección del agua de formación como método de recuperación mejorada (EOR).....	44
1.3.3 Inyección Subterránea del agua para su posterior uso	45
1.3.4 Inyección con Fines Hidrológicos.....	47
1.3.5 Inyección en formaciones subterráneas.....	49
1.3.6 Agua para uso industrial.	49
1.3.7 Agua para uso agrícola.	51
1.3.8 Agua para uso doméstico.	52
1.3.9 Evaporación del agua de producción.....	53

2. NORMATIVIDADES VIGENTES PARA EL VERTIMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCION EN COLOMBIA, VENEZUELA, BRASIL, MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS.	54
2.1 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA COLOMBIA	71
2.1.1 Ente regulador.	73
2.1.2 Normas de calidad y vertimientos del agua.	73
2.1.3 Proyecto de norma.	82
2.1.4 Análisis de las normas.	85
2.2 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA VENEZUELA.....	87
2.2.1 Ente regulador.	88
2.2.2 Normas para calidad y vertimientos del agua.	89
2.2.3 Análisis de las normas.....	96
2.3 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA MÉXICO.....	98
2.3.1 Ente regulador.	99
2.3.2 Normas de calidad y vertimientos del agua.	99
2.3.3 Análisis de las normas.	109
2.4 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA BRASIL	110
2.4.1 Ente regulador.	111
2.4.2 Normas de calidad y vertimiento del agua.	111
2.4.3 Análisis de las normas.....	130
2.5 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA ESTADOS UNIDOS.....	131
2.5.1 Ente regulador.	132
2.5.2 Norma de vertimiento del agua.....	132
2.5.3 Análisis de las normas.....	141
3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS NORMATIVIDADES.....	143

3.1 COMPARACIÓN ENTRE NORMATIVIDAD COLOMBIANA Y PARES INTERNACIONES ANALIZADOS	143
3.1.1 Colombia- Brasil.	143
3.1.2 Colombia – Venezuela.	149
3.1.3 Colombia – México.	153
3.1.4 Colombia – Estados Unidos.	156
3.2 ANÁLISIS GENERAL POR CONTAMINANTE DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO	157
4. ANALISIS APLICADO A UN CAMPO COLOMBIANO: CAMPO CASTILLA	166
4.1 GENERALIDADES CAMPO CASTILLA	166
4.1.2 Propiedades de fluidos y rocas	169
4.2 PRODUCCIÓN DE AGUA EN CASTILLA.....	169
4.3 AGUA DE CASTILLA RESPECTO A LAS NORMATIVIDADES COLOMBIANAS E INTERNACIONALES.....	172
4.3.1 Castilla-Colombia.	172
4.3.2 Castilla- Venezuela.	179
4.3.3 Castilla- Brasil.	185
4.3.4 Castilla- México.	191
5. PROPUESTA PARA NORMATIVIDAD DE VERTIMIENTO DE AGUA DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS EN AFLUENTES NATURALES.....	195
CONCLUSIONES.....	218
SUGERENCIAS	220
GLOSARIO.....	221
BIBLIOGRAFIA.....	230

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del agua de producción	25
Figura 2. Cambios en la tasa de producción y corte de agua a través del tiempo	27
Figura 3. Producción de agua asociada a la producción de hidrocarburos	27
Figura 4. Separador horizontal trifásico.....	28
Figura 5. Esquema del tanque de flotación.....	32
Figura 6. Esquema general de un hidrociclón	33
Figura 7. Esquema general de un filtro biológico aireado	35
Figura 8. Esquema general de separación con membranas.....	37
Figura 9. Esquema general de electrodiálisis.....	39
Figura 10. Esquema general del proceso de electro deionización.....	40
Figura 11. Esquema general de la filtración con membranas.....	42
Figura 12. Esquema general de inyección de agua como método EOR	45
Figura 13. Esquema general de inyección subterránea	46
Figura 15. Producción total de agua por superintendencias	72
Figura 14. Ubicación geográfica de las superintendencias de operaciones.....	72
Figura 16. Comparación vertimientos Colombia- Brasil.....	148
Figura 17. Comparación de aguas de vertimiento Colombia-Venezuela	152
Figura 18. Comparación para Arsénico, Bario, Cadmio, cobre y Cromo	159
Figura 19. Comparación para el plomo, níquel, fenoles, plata y mercurio.....	160
Figura 20. Comparación para DBO, sólidos suspendidos, grasas y aceites y material flotante	162
Figura 21. Comparación para sólidos sedimentables, sulfuros, nitrógeno, cianuro y selenio.....	163

Figura 22. Comparación para temperatura.....	164
Figura 23.Comparación para pH.....	165
Figura 24. Mapa de Colombia para la ubicación de la cuenca de los llanos.....	166
Figura 25. Ubicación del campo castilla	167
Figura 26. Escala del tiempo geológico.....	168
Figura 27. Producción mensual 2011- 2012 de agua del Campo Castilla.....	170
Figura 28. Esquema General de la disposición del agua de producción en castilla	171
Figura 29. Esquema general de la propuesta para la norma de vertimientos en Colombia.....	196

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los usos del agua.....	43
Tabla 2. Efectos de los parámetros evaluados	58
Tabla 3. Definiciones de la norma colombiana.....	74
Tabla 4. Calidad del agua para consumo humano y doméstico únicamente en tratamiento convencional (Colombia).....	75
Tabla 5. Calidad del agua para consumo humano y doméstico únicamente para desinfección (Colombia).....	76
Tabla 6. Calidad del agua para uso agrícola (Colombia).....	77
Tabla 7. Calidad del agua para uso pecuario. (Colombia)	78
Tabla 8. Calidad del agua con fines recreativos mediante contacto primario (Colombia)..	78
Tabla 9. Calidad del agua con fines recreativos mediante contacto secundario. (Colombia).....	79
Tabla 10. Normas de vertimiento. (Colombia).....	80
Tabla 11. Norma para el control de la carga de las sustancias de interés sanitario. (Colombia).....	80
Tabla 12. Vertimientos para la industria de extracción de petróleo crudo y gas natural. Proyecto de norma - Colombia	84
Tabla 13. Características aguas Tipo 1. (Venezuela)	90
Tabla 14. Características aguas Tipo 1. (Venezuela)	90
Tabla 15. Características aguas tipo 2. (Venezuela).....	92
Tabla 16. Características del agua para vertimientos. (Venezuela)	95
Tabla 17. Definiciones de la norma mexicana.....	100
Tabla 18. Límites permisibles de calidad del agua. (México)	101
Tabla 19. Vertimientos a cuerpos de agua. (México).....	103
Tabla 20. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en ríos. (México)..	103

Tabla 21. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en aguas costeras (México).....	104
Tabla 22. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en ríos (México).	105
Tabla 23. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en aguas costeras (México).....	106
Tabla 24. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en suelos, embalses naturales y artificiales (México).....	107
Tabla 25. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en suelos, embalses naturales y artificiales (México).	108
Tabla 26. Definiciones de la norma brasilera	112
Tabla 27. Clase 1 de aguas dulces (Brasil)	113
Tabla 28. Clase 1 de aguas dulces para pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil).....	116
Tabla 29. Clase 3 de aguas dulces (Brasil)	117
Tabla 30. Clase 1 de aguas salinas (Brasil)	120
Tabla 31. Clase 1 de agua salina, donde hay pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil).....	122
Tabla 32. Clase 2 de aguas salinas (Brasil)	123
Tabla 33. Clase 1 de aguas salobres (Brasil).....	125
Tabla 34. Clase 1 para aguas salobres, pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil).....	127
Tabla 35. Clase 2 de aguas salobres (Brasil).....	127
Tabla 36. Vertimientos de aguas residuales (Brasil).....	129
Tabla 37. Definiciones de la norma de Estados Unidos	133
Tabla 38. Limitaciones a efluentes BPT para grasas y aceites (U.S.A).....	135
Tabla 39. Limitaciones a efluentes BAT para grasas y aceites (U.S.A).....	136
Tabla 40. Limitaciones a efluentes BCT (U.S.A).....	137

Tabla 41. Limitaciones a efluentes NSPS (U.S.A).....	138
Tabla 42. Limitaciones a efluentes PSES (U.S.A).....	139
Tabla 43. Limitaciones a efluentes SNPS (U.S.A).....	139
Tabla 44. Comparación del agua para consumo humano, doméstico y riego (Colombia-Brasil)	143
Tabla 45. Comparación del agua para uso agrícola (Colombia-Brasil).....	145
Tabla 46. Comparación de aguas para uso pecuario (Colombia-Brasil)	146
Tabla 47. Comparación de aguas para contacto primario (Colombia-Brasil).....	147
Tabla 48. Comparación de vertimientos (Colombia- Brasil).....	148
Tabla 49. Comparación aguas para consumo humano, doméstico e industrial (Colombia-Venezuela)	149
Tabla 50. Comparación agua para uso agropecuario (Colombia-Venezuela)	150
Tabla 51. Comparación entre aguas de vertimiento (Colombia-Venezuela).....	151
Tabla 52. Comparación de aguas para consumo humano (Colombia-México).....	154
Tabla 53. Comparación aguas de vertimiento en ríos receptores (Colombia-México).	155
Tabla 54. Comparación aguas de vertimiento en aguas marinas (Colombia-México). ..	155
Tabla 55. Características petrofísicas de Castilla.....	169
Tabla 56. Comparación Castilla- Colombia.....	174
Tabla 57. Comparación Castilla-Venezuela.....	180
Tabla 58. Comparación Castilla- Brasil	186
Tabla 59. Comparación Castilla- México.....	192
Tabla 60. Prohibiciones de los vertimientos puntuales (propuesta)	204
Tabla 61. Límites máximos permisibles para pH y temperatura (propuesta)	209
Tabla 62. Parámetros a monitorear en vertimientos puntuales	212
Tabla 63. Valores máximos permisibles en vertimientos de aguas de producción	215

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD APLICADA AL VERTIMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN EN LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS HIDROCARBUROS EN COLOMBIA.*

AUTORES: Alejandra Prieto Castañeda, Natalia G. Grajales García**

PALABRAS CLAVE: Normatividad, vertimiento, agua de producción.

DESCRIPCION

Los parámetros de calidad para el agua han sido establecidos para proteger el recurso y asegurar la correcta disposición de residuos generados por la actividad del ser humano. El agua de producción es un residuo que resulta de la explotación de recursos hidrocarburos que genera no solo problemas operacionales y aumento en los costos sino también impactos en los ecosistemas que son influenciados por la disposición de esta.

En este trabajo se estudian y comparan las normatividades de Colombia, Venezuela, México, Brasil y Estados Unidos, intentando establecer diferencias, semejanzas y oportunidades, ubicando a Colombia en un contexto internacional y tomando como objeto de estudio el campo Castilla para la posterior evaluación de este en las normas mencionadas, entregando el nivel de cumplimiento y las oportunidades para el desarrollo de nuevos proyectos como potabilización del agua producida.

A partir del análisis realizado, se identifican posibles recomendaciones técnicas a la normativa colombiana y se plantea una propuesta específica para el área de aguas de producción de la industria de hidrocarburos, en base al proyecto de norma número cuatro planteado por el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (MADS), que permita encontrar el escenario más viable tanto económicamente como en términos de desarrollo sostenible.

* Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. César Augusto Pineda Gómez. Codirector: Ing. Raúl Leonardo Triana

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE DISCHARGE OF PRODUCTION WATER APLIED REGULATIONS IN THE EXPLOITATION OF HYDROCARBON RESOURCES IN COLOMBIA*.

AUTHORS: Alejandra Prieto Castañeda, Natalia G. Grajales García**

KEY WORDS: Regulations, discharge, production water.

DESCRIPTION

The quality parameters for water have been established to protect the resource and ensure the correct disposition of residues generated by human activity. The production water is a residue that results from the exploitation of hydrocarbon resources, and not only generates operational problems and high costs, but also a high impact in the ecosystems that are affected by its disposition.

The present study analyses and compares the regulations of Colombia, Venezuela, Mexico, Brazil and United States, having the Castilla field as a case study for further evaluation of the mentioned regulations, delivering the level of compliance and opportunities for the development of new projects such as potable water produced.

From the analysis, possible technical suggestions to the Colombian regulations are identified and a specific proposal to the production water in the hydrocarbon industry is suggested, in order to find the most likely scenario both economically and sustainably wise, based on the number four draft standard proposed by the ministry of environment and sustainable development (MADS), which allows finding the most viable scenario both financially and in terms of sustainable development.

* Degree Project

** Physical and Chemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering. Director: Ing. César Augusto Pineda. Codirector: Ing. Raúl Leonardo Triana.

INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos que acompaña en mayor o menor grado el desarrollo de las fases de la explotación comercial de recursos hidrocarburos, corresponde a la modificación de las condiciones ambientales y las zonas donde se encuentran estas acumulaciones, a medida que son intervenidos directa o indirectamente para posibilitar su rentabilidad. Estos cambios en el ecosistema suelen presentarse como consecuencia de la alteración de las condiciones físicas del suelo, del aire y/o del agua, ya sea por uso inapropiado o por la presencia de agentes físicos, químicos y/o biológicos que alteran su ciclo de recuperación natural, específicamente por la incorrecta disposición de los residuos resultantes en el proceso de explotación. Por las características del recurso hídrico y su importancia para la supervivencia de todas las formas de vida, la contaminación del agua es un tema fundamental que debe ser analizado con rigurosidad. Esta temática será el objeto de esta investigación.

En el contexto nacional, la constitución de 1991 establece en sus artículos 79 y 80, la forma en que el estado debe proteger la diversidad e integridad del ambiente, como se deben conservar las áreas de especial importancia ecológica y la relevancia de fomentar la educación ambiental. Según estos artículos, es función del estado garantizar la calidad del agua para consumo humano y demás actividades en que su uso sea necesario; así como regular aquellas que deben ser objeto de protección y control especial, fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento. Estableciendo parámetros para valorar su calidad, ejerciendo control sobre los vertimientos que se introduzcan ya sea en las aguas superficiales, subterráneas, interiores o marinas.

Este panorama, enmarca la creación de normas para establecer el grado de contaminación “aceptable” del recurso y bajo qué condiciones el agua debe ser o no arrojada. Precediendo la constitución de 1991, se encontró el decreto 1594 del 1984 que aún está vigente, el cual rige y da los parámetros bajo los cuales se pueden realizar los vertimientos de agua para los sectores industriales en el país.

La producción de hidrocarburos, implica grandes cantidades de agua. En promedio, a nivel mundial, de 3 a 5 barriles de agua se producen con cada barril de petróleo[†] y gastan millones de dólares al año para hacer frente a los problemas de agua indeseada. Debido a esto es necesario un estudio minucioso de la normatividad vigente, con el fin de establecer un balance técnico, económico y social con el fin de promover la industria en un ámbito de desarrollo sostenible.

Debido a los problemas generados en campo producto de la producción de agua, este proyecto se enfoca en la realización de un análisis técnico a las normativas vigentes para su vertimiento en afluentes naturales, considerando el mejor equilibrio entre el menor impacto tanto ambiental como económico posible. Se busca generar bases que permitan el desarrollo de estudios rigurosos para la generación de nuevas tecnologías y transformación de la visión del agua de producción como factor problema, por el de una oportunidad para la búsqueda de alternativas de uso.

En este proyecto se analizará la legislación colombiana relacionada a los vertimientos de agua de producción petrolífera dentro de un contexto de normativas existentes a nivel regional, identificando oportunidades y proponiendo cambios que las orienten hacia un marco de desarrollo sostenible. Se espera que

[†] NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. En: IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011

a corto plazo esta propuesta pueda ser aplicada en el manejo de aguas de producción y su respectiva disposición. Las normativas internacionales que se consideran como referencia son el caso norteamericano, y tres latinoamericanos (México, Venezuela y Brasil), realizando un análisis comparativo entre las normatividades internacionales y la nacional e identificando principales semejanzas, diferencias y/o oportunidades.

El desarrollo de este estudio se realizó en cuatro capítulos. En el primer capítulo se recopila toda la información referente al agua de producción, repercusiones en la industria, cifras, y tecnologías para su separación y tratamiento. En el segundo capítulo, se encuentran compendiadas todas las normatividades vigentes que reglamentan el control para el desecho de aguas en afluentes naturales de los países seleccionados con su respectivo análisis. Esta información es la base para el desarrollo del capítulo 3 en donde se realiza un paralelo de cada una de las normativas analizadas, con la normativa vigente para Colombia.

En el cuarto capítulo, se evalúan los requerimientos actuales de un campo petrolero colombiano (Castilla) respecto al nivel de cumplimiento de normativas analizadas. A partir de todos los análisis anteriores se redacta una propuesta para normatividad de vertimiento de agua de producción de la industria de los hidrocarburos en afluentes naturales la cual se muestra en el capítulo 5.

1. GENERALIDADES DEL AGUA DE PRODUCCIÓN

1.1 ORIGEN DEL AGUA DE PRODUCCION

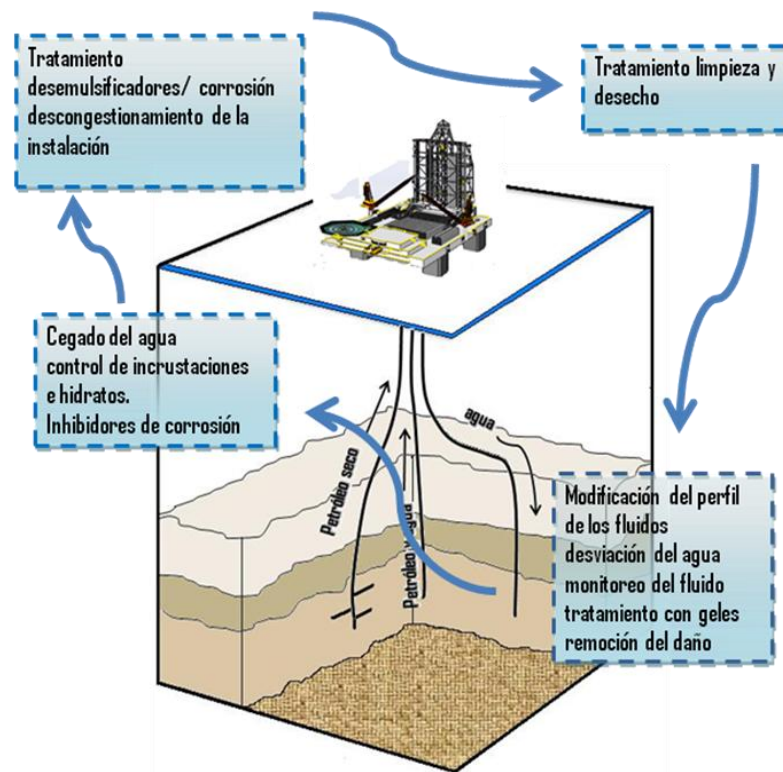
Agua de producción hace referencia al agua que está atrapada en el subsuelo y que sale a superficie acompañada de gas o aceite, adicionalmente integra aquella que ha sido inyectada, así como a los químicos que se han aplicado durante algún tipo de tratamiento o durante la producción de fluidos hidrocarburos. Esta agua presenta características químicas de la formación y de los hidrocarburos debido al contacto que ha tenido por períodos de tiempo prolongados. Sus características no son siempre las mismas, estas dependen de la ubicación geográfica del campo, las características geológicas de la unidad formadora y el tipo de hidrocarburo que está siendo producido.

El agua que se produce durante la explotación de un yacimiento es uno de los problemas más frecuentes de la industria petrolera y genera los costos más altos debido al tratamiento requerido para cumplir con la normatividad. Si se tiene en cuenta que “la producción mundial de agua es aproximadamente 210 millones de barriles por día que acompañan a los 84 millones de barriles por día de petróleo, se podría decir que muchas compañías se han convertido prácticamente en empresas productoras de agua[‡]. En campos maduros y de aceite pesado la producción de agua puede llegar a ser superior que la del mismo crudo por lo que generalmente el vertimiento surge como una solución fácil que logra mayor eficiencia administrativa, técnica y económica, pero no la mejor solución ambiental.

[‡] MEXICO, SECRETARIA DE ENERGÍA. Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2010-2025, Gobierno Federal 2011.

El agua afecta todas las etapas de la vida del campo petrolero, desde la exploración (el contacto agua-petróleo en sitio) hasta el abandono del campo, pasando por el desarrollo y la producción del mismo (Fig. 1). Cuando realizamos una extracción de petróleo de un yacimiento en cualquier momento, el agua proveniente de un acuífero subyacente, connata o de los pozos inyectores se mezcla y es producida junto con el crudo.

Figura 1. Ciclo del agua de producción



Fuente: BAILEY, Bill; CRABTREE, Mike y TYRIE, Jeb. Control del agua. En: Oilfield review Schuilemberger, Verano de 2000. (Modificado)

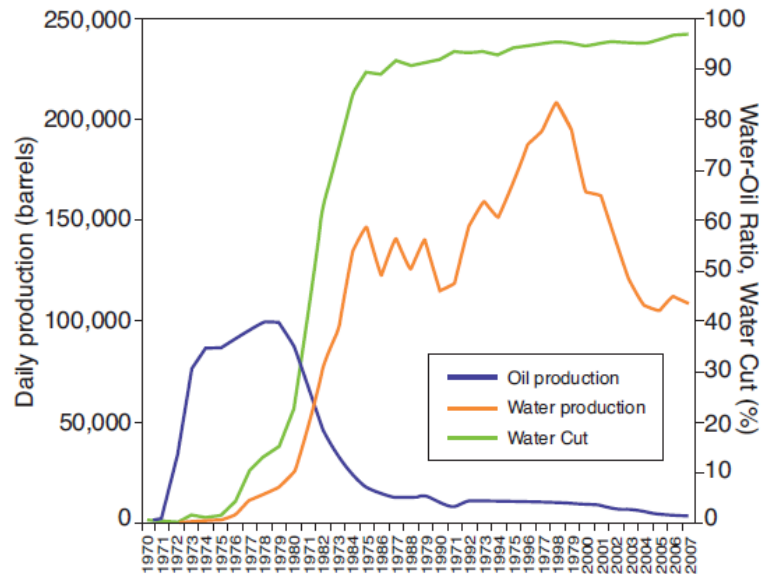
Este flujo de agua a través del yacimiento invade la tubería de producción y los equipos de procesamiento en la superficie y por último se extrae y se desecha, o bien se inyecta para mantener la presión del yacimiento.

Si bien es cierto que ningún operador quiere producir agua, hay aguas que son mejores que otras con respecto a la producción de crudo, es por esto que existen tres formas de clasificar el agua de producción de acuerdo al interés económico:

- Agua de Barrido: proviene de un pozo inyector o de un acuífero activo que contribuye al barrido del petróleo del yacimiento. El aprovechamiento de este tipo de agua es una parte fundamental del manejo del yacimiento y puede constituir un factor determinante en la productividad de los pozos y en las reservas finales.
- Agua Buena: Es el agua producida del pozo a una tasa inferior al límite económico de la relación agua-petróleo. Es una consecuencia inevitable del flujo de agua a través del yacimiento, no se puede eliminar sin perder parte de las reservas.
- Agua Mala: Se puede definir como el agua producida del pozo que no produce petróleo, o bien cuando la producción de petróleo no es suficiente para compensar el costo asociado con el manejo de agua, es decir, el agua sobrepasa el límite económico de la relación agua-petróleo.

La producción de aceite está asociada al corte de agua que alcanzan los pozos a través del tiempo. La siguiente figura muestra el comportamiento típico que se da en un campo en presencia de un acuífero.

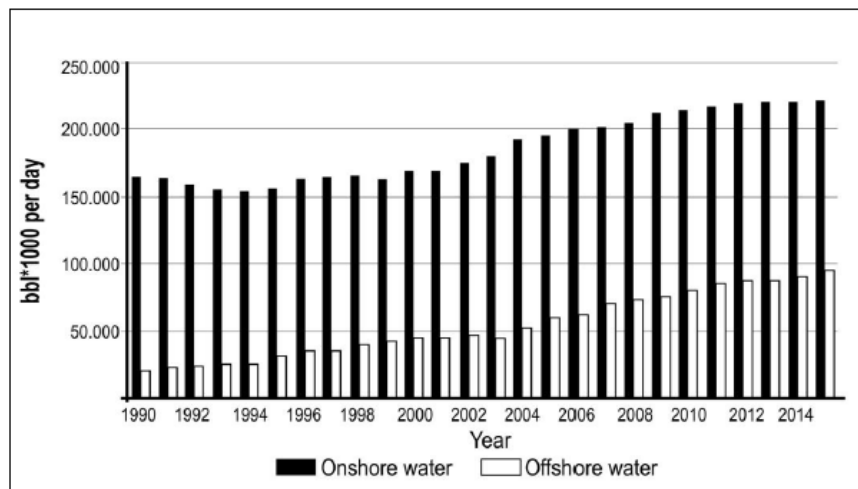
Figura 2. Cambios en la tasa de producción y corte de agua a través del tiempo



Fuente: NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. En: IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011

La figura 3 muestra la producción mundial de agua asociada a la de hidrocarburos desde 1990, mostrando una proyección hasta el año 2014.

Figura 3. Producción de agua asociada a la producción de hidrocarburos



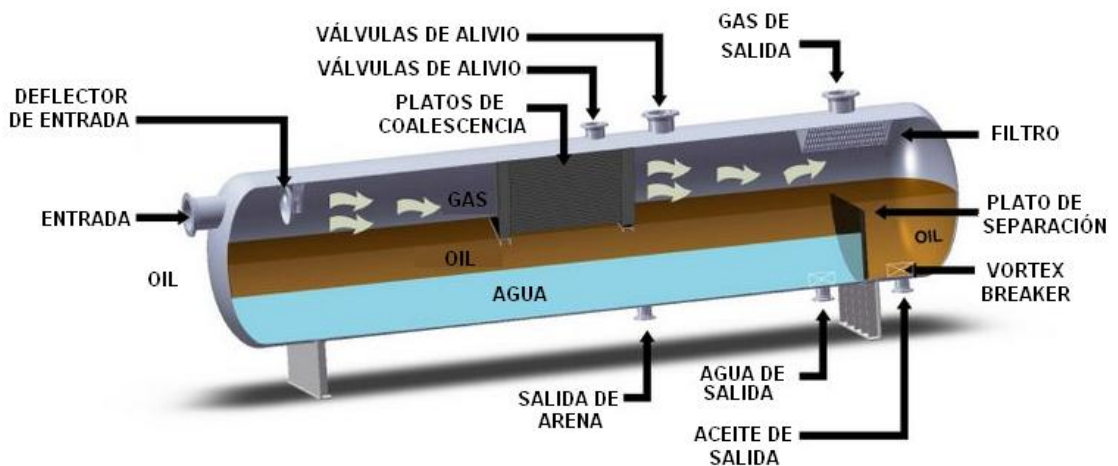
Fuente: ECOPETROL S.A

1.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA EL AGUA DE PRODUCCIÓN

Los requerimientos del tratamiento y métodos de separación utilizados dependen de la disposición final que se le vaya a dar al agua. Estos procesos pueden ser químicos o físicos dependiendo de la tecnología empleada y de la calidad requerida.

1.2.1 Separación básica. Para los pozos que producen cantidades moderadas de agua, pueden ser tratados con un separador trifásico debido a que se presenta una mezcla de fluidos que está compuesta por aceite, gas, agua de producción y algunas veces sólidos. Este tipo de separación es aplicable donde las caídas de presión en el pozo no han emulsionado el agua.

Figura 4. Separador horizontal trifásico



Fuente: TASHA MANUFACTURING COMPANY. Products, separators. [En línea]. Disponible en http://tasha-co.net/?page_id=302 > (modificado)

En los separadores horizontales el fluido entra y choca con un deflector de entrada el cual direcciona el líquido por debajo de la interfase agua-aceite. Esto hace que la mezcla pase por la fase continua de agua en el fondo del tanque y luego suba a través de la interfase agua- aceite. Este proceso es denominado lavado del agua y genera coalescencia para la separación de las gotas de agua que son arrastradas hacia la fase aceite. El deflector de entrada asegura que poco gas sea arrastrado por el líquido y el lavado del agua asegura que el líquido no va a caer en el tope de la interfase gas-aceite o aceite-agua mezclando el líquido retenido en el tanque y haciendo que el control de la interfase agua-aceite sea difícil.

1.2.2 Tratadores. Las emulsiones deben ser tratadas debido a que pueden contener desde muy poco hasta un 90% de agua. Lo que se requiere es romper la película que rodea la gota de agua y hacerla coalescer para formar gotas de mayor tamaño dejando que se precipiten y de esta forma ser removidas. Los principios básicos del tratamiento van desde: reposo, aplicación de calor, productos químicos, electricidad hasta dispositivos mecánicos, y diluyentes para reducir la viscosidad.

- **Separadores de agua libre (FWKO)**

Recipiente que proporciona un espacio para que el agua libre se separe de la emulsión. El agua libre se separa en el fondo del recipiente y la emulsión o petróleo separado sale por la parte superior y para al sistema de tratamiento. Este proceso se realiza debido a que se requiere mucha más energía calorífica para aumentar la temperatura del agua que la del aceite, haciendo que el proceso de tratamiento de la emulsión sea mucho más eficiente por la ausencia de agua libre.

- **Aplicación de calor**

Este es un proceso auxiliar que acelera el proceso de separación, debido a que una emulsión no se separa solamente con calor. Estos calentadores pueden ser directos o indirectos. En las plantas de tratamiento no se utilizan calentadores como unidades individuales sino que estos forman parte integral del sistema de tratamiento.

- **Tratamiento químico**

Para que un producto pueda actuar como un separador debe atacar el agente emulsificador que mantiene la gota de agua dispersa en el aceite si es una emulsión directa y lo contrario si la emulsión es inversa. Los químicos deben ser solubles en aceite para tratar emulsiones directas y solubles en agua para tratar emulsiones inversas.

- **Tratamiento con tratadores por calentamiento**

Es un dispositivo que combina todos los componentes necesarios para tratar la emulsión. En el recipiente se aplican productos químicos, calor, se deja sedimentar y frecuentemente se utiliza electricidad. El tratador consta de: separador aceite-gas, separador de agua libre, lavado de agua, sección de filtros, sección de estabilización, intercambiador de calor y campo electrostático.

1.2.3 Remoción del petróleo disperso. El aceite que está presente en el agua de descarga es un factor importante para cumplir con la normatividad establecida en cada país. El aceite puede causar problemas en los sistemas de inyección y efectos negativos sobre el medio ambiente. Si el agua que sale de los

separadores está cargada con mucho aceite se debe considerar el uso de tratadores como son los siguientes:

- **Tanques desnatadores**

Son recipientes grandes que proporcionan el tiempo de retención necesario para que el aceite suba a la superficie donde puede ser recogido con otro proceso.

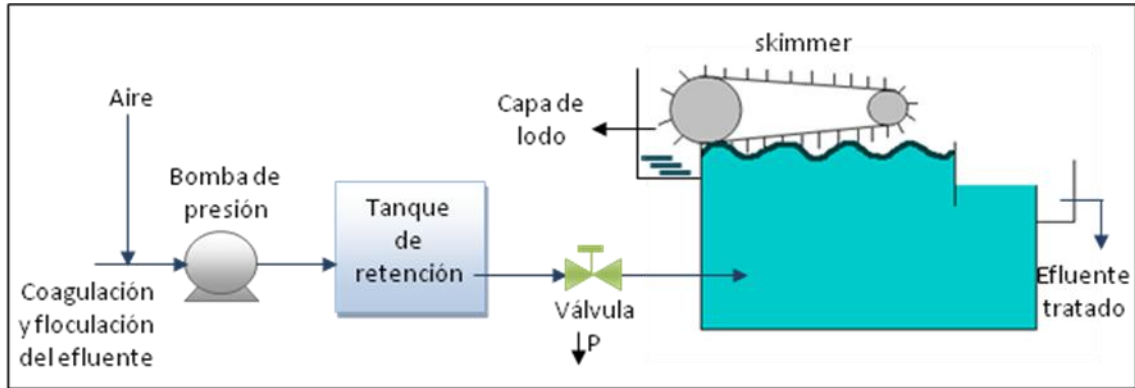
- **Separadores de placas paralelas**

Es un separador por gravedad que consiste en una pila de placas paralelas separadas donde el agua que contiene aceite pasa entre las placas y las partículas de aceite suben a la superficie donde coalescen y se traslada por la placa hasta llegar a la superficie del agua donde se desnata. Las placas reducen la distancia que el aceite debe recorrer antes de llegar a la superficie.

- **Tanques de flotación**

La flotación es un proceso en el que las burbujas finas de gas se utilizan para separar pequeñas partículas suspendidas que son difíciles de separar por decantación o sedimentación. El gas se inyecta en el agua que se va a tratar, permitiendo que las partículas y gotitas de aceite en suspensión en el agua se junten con las de gas y suban a la superficie. Como resultado, en la superficie se crea una capa de espuma la cual es normalmente eliminada por desnatado (Fig. 5). El gas disuelto puede ser aire, nitrógeno, u otro tipo de gas inerte.

Figura 5. Esquema del tanque de flotación



Fuente: COLORADO SCHOOL OF MINES. An integrated framework for treatment and management of produced water. USA, Noviembre de 2009. (Modificado)

La eficiencia del proceso de flotación depende de las diferencias de densidad del líquido y los contaminantes a ser eliminados, también depende del tamaño de la gota de aceite y la temperatura. Se estima que este método alcanza una remoción del 93% de aceite y 90% de H₂S.

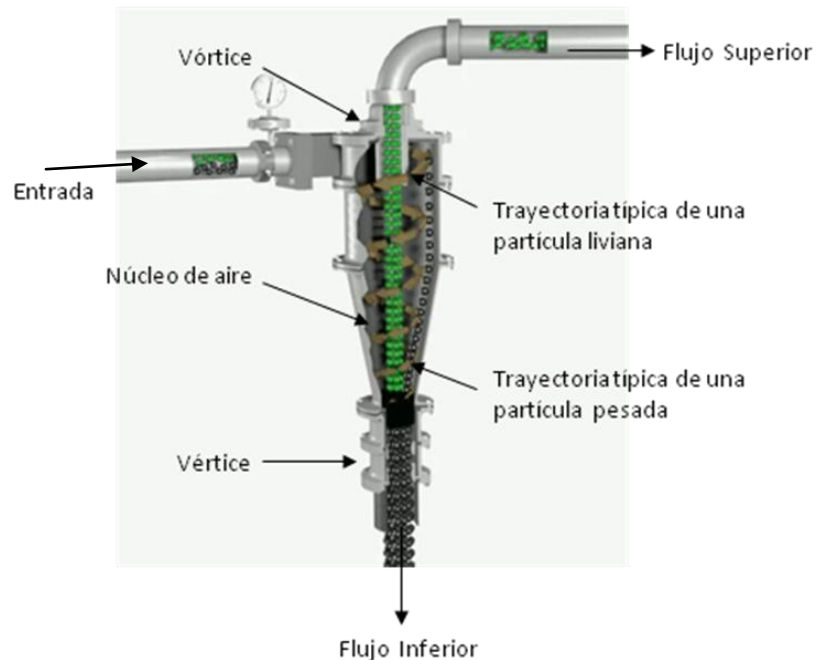
- **Coalescedores**

Son recipientes con gran superficie que a medida que el agua con aceite fluye las gotas de aceite coalescen hasta tener un tamaño suficiente para flotar y ser recogidas. Pueden ser coalescedores de medios granulares o de poliuretano el cual es un paquete mojado con aceite que luego del proceso necesita regeneración.

- **Hidrociclones**

Los Hidrociclones se utilizan para separar sólidos de líquidos basados en la densidad de los materiales a separar. Normalmente tienen una sección cilíndrica en la parte superior donde se alimenta el líquido tangencialmente y una base cónica (Fig. 5). El ángulo de la sección cónica determina el rendimiento y la capacidad de separación del hidrociclón. Puede ser de metal, plástico o cerámica y no tienen partes móviles. Tiene dos salidas, una en la parte inferior para las fracciones más pesadas y otra en la parte superior para la fracción liviana, la menos densa de la corriente total.

Figura 6. Esquema general de un hidrociclón



Fuente: LENNTECH. Centrifugation. En: Water treatment solutions. [En línea] Disponible en <<http://www.lennotech.com/library/clarification/clarification /centrifugation.htm> > (Modificado)

Los Hidrociclones se pueden utilizar para separar líquidos y sólidos o líquidos de diferentes densidades, para eliminar las partículas de aceite y de agua producida. Dependiendo del modelo de hidrociclón empleada, pueden eliminar las partículas en el intervalo de 5 a 15 micras.

1.2.4 Remoción de gas disuelto. Las plantas de tratamiento de agua se clasifican como sistemas abiertos o cerrados. En los sistemas cerrados no se permite el contacto del agua con el aire, por lo cual los gases disueltos permanecen en solución. Los equipos son costosos y los gases disueltos como H₂S y CO₂ generan corrosión, mientras que los sistemas abiertos permiten usar grandes estanques para la estabilización del agua sin embargo producen corrosión y problemas de incrustaciones.

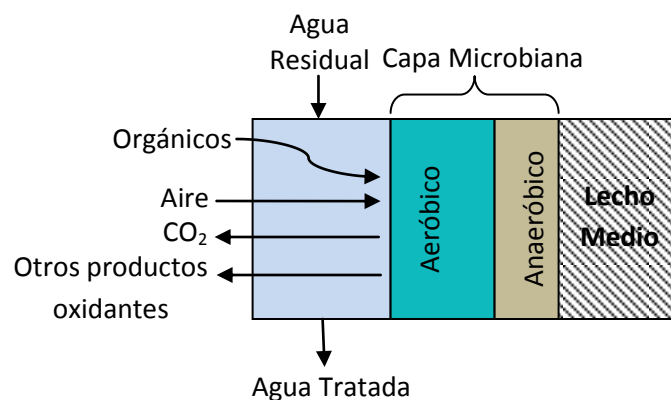
1.2.5 Remoción de sólidos en suspensión. Este tratamiento debe realizarse en cualquier agua que se vaya a inyectar debido a que puede generar taponamiento. Esta actividad se realiza mediante la utilización de diferentes tipos de filtros como lo son:

- **Filtros biológicos aireados (BAF):**

Se compone de medios permeables tales como roca, grava o plástico. El agua a tratar fluye de forma descendente a través de los medios y con el tiempo genera una película microbiana en la superficie de los mismos. Los filtros facilitan la oxidación bioquímica y eliminación de componentes orgánicos. Este es un proceso aeróbico el cual se mantiene por bombas y ventiladores en el sistema. El espesor de la capa microbiana continua aumentando a medida que el filtro se utiliza hasta que la capa se convierte en lo suficientemente gruesa que parte del fango se convierte en anaeróbico y la capa microbiana comienza a desprenderse.

Esta forma de tratamiento puede remover aceite, sólidos en suspensión, amoníaco y nitrógeno, reducir la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), hierro, manganeso, metales pesados, compuestos orgánicos solubles, trazas de compuestos orgánicos, y sulfuro de hidrógeno. La tecnología BAF no elimina constituyentes disueltos, sin embargo, las altas concentraciones de sales puede disminuir la eficacia del proceso. Esta tecnología se puede usar para tratar el agua con altas concentraciones de contaminantes orgánicos.

Figura 7. Esquema general de un filtro biológico aireado



Fuente: COLORADO SCHOOL OF MINES. An integrated framework for treatment and management of produced water. USA, Noviembre de 2009. (modificada)

La capacidad de eliminación del proceso es dependiente de la velocidad de carga hidráulica en el filtro y la calidad fisicoquímica del agua cruda. Se presenta casi un 100% de recuperación de agua en este proceso.

- **Filtración media**

La filtración puede realizarse utilizando variedad de medios como cáscara de nuez, arena, antracita, y otros. La filtración es una tecnología ampliamente utilizada para el agua de producción, especialmente los filtros de cáscara de nuez en la eliminación de aceites y grasas, se estima que la remoción alcanza el 90%. La filtración no elimina los iones disueltos y el rendimiento de los filtros no se ve afectado por altas concentraciones de sal, sino por la calidad del agua que entra en el filtro. Las eficiencias de remoción pueden ser mejoradas mediante el empleo de coagulación aguas arriba del filtro.

- **Filtros de tierra diatomácea (TD)**

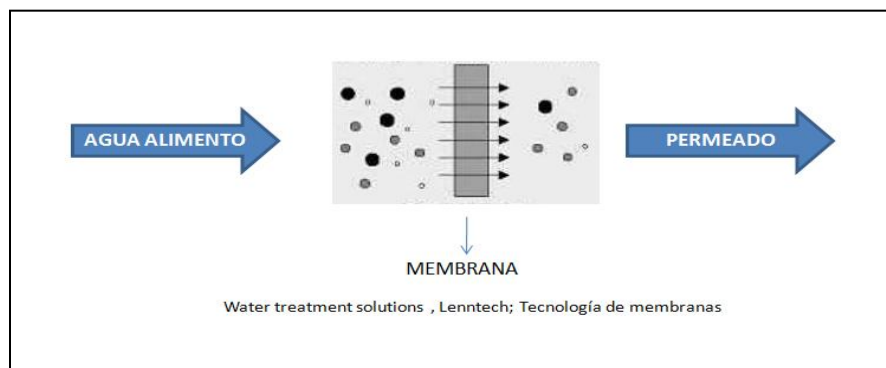
Este filtro es esencialmente sílice puro, formado por algas marinas unicelulares fosilizadas. Tanto el medio de filtración como el material filtrado se desechan. Este tipo de filtros son los más complicados entre todos los filtros en cuanto a operación y mantenimiento y solo son viables cuando los sólidos suspendidos son menores que 30-50 mg/l.

1.2.6 Biocidas. Se deben agregar al agua que se inyectará, si existen bacterias presentes en el agua, debido a que las bacterias pueden conducir a problemas en el yacimiento como taponamiento y corrosión. Las bacterias son extremadamente pequeñas y pueden configurarse como bastones, esferas o curvas. Algunas pueden duplicar su población en menos de 20 minutos, soportar variaciones de temperatura desde -10 hasta 100 °C y variaciones de pH entre 0 y 10.5. Para los fines de la industria petrolera las bacterias se clasifican entre aeróbicas, anaeróbicas y facultativas.

1.2.7 Separación por membranas. La tecnología de membrana se ha convertido en una parte importante de la separación. Su fuerza radica en el hecho de que trabaja sin la adición de productos químicos y con un uso relativamente bajo de energía. Las membranas se utilizan cada vez más en el tratamiento de aguas subterráneas, superficiales o residuales. Actualmente las membranas son competitivas para las técnicas convencionales.

El proceso de la separación por membrana se basa en la utilización de membranas semipermeables que retiene los sólidos suspendidos y otras sustancias. La filtración por membrana se puede utilizar como una alternativa a la floculación, las técnicas de purificación de sedimentos, la adsorción (filtros de arena y filtros de carbón activado, intercambiadores iónicos), extracción y destilación.

Figura 8. Esquema general de separación con membranas



Fuente: LENNTECH. Tecnología de membranas. En: Water treatment solutions, [En línea] Disponible en:
<<http://www.lenntech.es/tecnologia-de-membrana.htm>>

- **Tecnología de membranas de presión**

Esta tecnología utiliza la presión hidráulica para superar la presión osmótica[§] de la solución de alimentación y forzar el agua pura (llamada permeado) a difundirse a través de una membrana no porosa a una más densa. La corriente de alimentación residual se concentra durante el proceso y normalmente requiere la eliminación. Se utiliza típicamente para el tratamiento de las corrientes de solución salina con concentraciones de sólidos disueltos que oscilan de 500 a 40.000 mg / L.

La ósmosis inversa (OI) y nanofiltración (NF) son ejemplos de procesos de membranas impulsados por presión. Generalmente son tecnologías utilizadas para la desalinización de las aguas marinas y salobres. La tecnología OI, domina la desalinización de agua marina mundial.

- **Membranas impulsadas por carga electroquímica**

- **Electrodiálisis / Inversión de electrodiálisis (ED)**

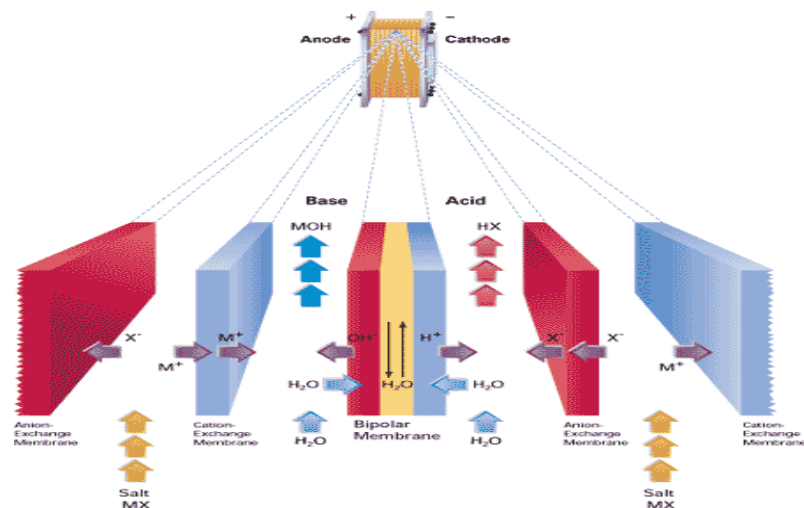
Son impulsados por los procesos electroquímicos de carga de separación en la que los iones disueltos son separados del agua a través de membranas permeables de iones, bajo la influencia de un gradiente de potencial eléctrico. Tienen la capacidad para transportar selectivamente los iones con una carga positiva o negativa y rechazar los iones de carga opuesta (Fig. 8). Esto resulta en una creciente

[§] Presión osmótica: Presión que se debe aplicar a una solución para detener el flujo neto de disolvente a través de una membrana semipermeable. Osmosis es el movimiento del agua desde soluciones con baja concentración de soluto hasta soluciones con alta concentración de soluto.

concentración de iones en un compartimiento (concentrado) y la disminución de los iones en el otro (diluido).

La eficiencia de la transferencia de iones está determinada por la densidad de corriente y el tiempo de residencia de las soluciones dentro de las células de la membrana. La selectividad disminuye con concentraciones de iones crecientes en la membrana. La eficiencia está limitada por factores, como las incrustaciones, la eficiencia actual, efectos de transporte de iones, ósmosis y difusión, precipitación de aniones, sales inorgánicas poco solubles e iones multivalentes como hierro y manganeso. Todos estos factores pueden evitarse mediante el pre tratamiento del agua de alimentación con procesos tales como la filtración de los sólidos suspendidos, ablandamiento o un descenso de pH, y la adición de anti incrustante en los compartimientos de concentrado.

Figura 9. Esquema general de electrodiálisis



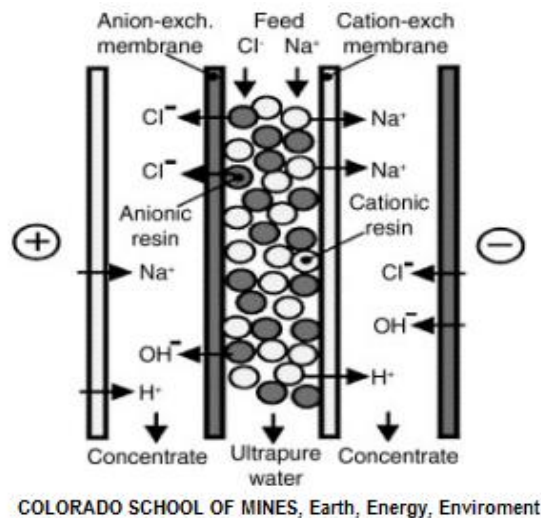
Fuente: AMERIDIA. Electrodiálisis sistema para la preparación de soluciones isotónicas (soluciones salinas).

[En línea] Disponible en < <http://www.ameridia.com/html/elep.html> >

- Electrodeionización (EDI)

Es una tecnología de desalinización comercial que combina las tecnologías ED y convencional. Se utiliza para la producción de agua ultra pura des-ionizada, especialmente en la industria de semiconductores. Se utiliza una resina de iones de lecho mixto de cambio o de fibra donde el resultado final es agua completamente des ionizada.

Figura 10. Esquema general del proceso de electro deionización



Fuente: COLORADO SCHOOL OF MINES. An integrated framework for treatment and management of produced water, Noviembre de 2009.

La principal desventaja del proceso es la utilización de corrientes relativamente pobres. Para el tratamiento de aguas residuales industriales, la precipitación de hidróxido de metal divalente es un serio problema como consecuencia de los iones metálicos que reaccionan con

los iones de hidróxido presentes en el tanque. Se requiere un estudio más profundo de dicha tecnología debido a la escasa información en la literatura y su mala aplicación en el tratamiento de agua producida.

- **Micro filtración y ultrafiltración**

La micro filtración (MF) entre los distintos sistemas de filtración de membrana tiene el mayor tamaño de poro; entre 0,1 y 3 μm . La ultrafiltración (UF). Por su parte maneja tamaños de poro variables desde 0,01 hasta 0,1 μm . En términos de tamaño de poro, la micro filtración se podría decir ocupa el espacio vacío entre la ultrafiltración y la filtración de medios granulares. La micro-filtración se suele utilizar para la reducción de la turbidez y la eliminación de sólidos en suspensión. Las membranas de ultrafiltración se utilizan para eliminar los virus, color, olor, y algunos elementos coloidales de materia orgánica. Ambos procesos requieren de baja presión transmembrana alrededor de 130 psi para operar, y ambos son utilizados como tratamiento previo a las tecnologías de desalinización, como la ósmosis inversa, nano-filtración y la electrodiálisis.

Los factores que afectan la selección de membrana son: Costos, porcentaje de recuperación, porcentaje de rechazo, características del agua cruda y tratamiento previo, mientras que los factores que influyen en el rendimiento son: características del agua cruda, presión, temperatura, mantenimiento y supervisión continua

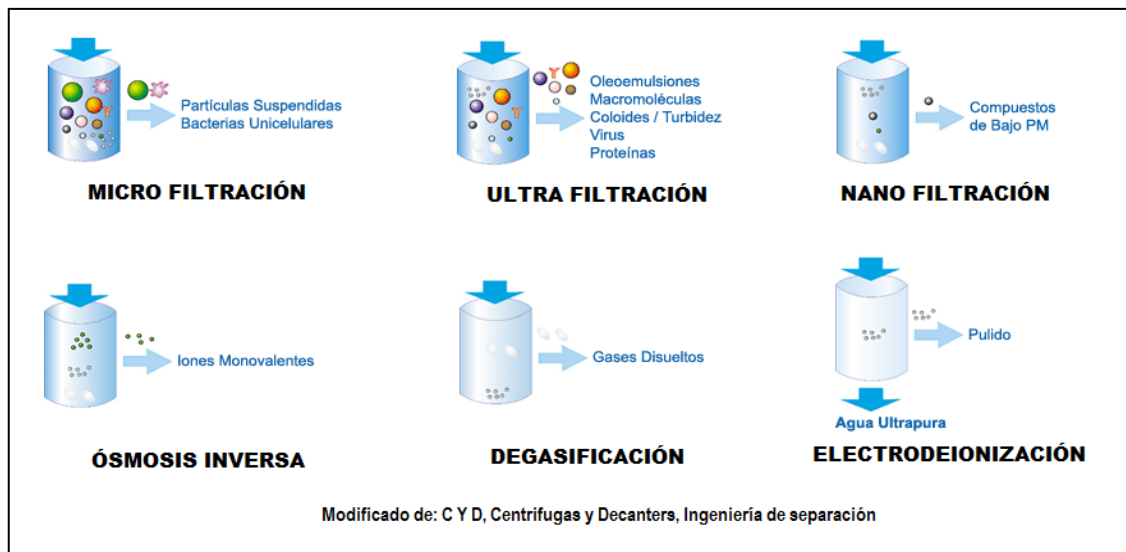
- **Membranas osmóticas**

Ósmosis progresiva (FO) es un proceso de membrana osmóticamente conducido, mediante el cual, el agua se difunde espontáneamente de una corriente de baja presión osmótica (la solución de alimentación) a una

hipertónica, solución que tiene una presión osmótica muy alta. A diferencia de la nano-filtración los sistemas de fibra óptica operan sin la necesidad de aplicar presión hidráulica. Las membranas utilizadas para este proceso son similares a las membranas de ósmosis inversa y nano-filtración, pero están compuestas por un molde hidrófilo, en una capa activa acetato de celulosa. Durante el proceso. Las membranas de ósmosis progresiva son capaces de rechazar todas las partículas y casi todos los constituyentes disueltos (mayor del 95% de remoción de TDS). Estos atributos también permiten que dicha tecnología logre recuperaciones teóricas muy altas, además de reducir al mínimo la demanda de energía y demanda química.

La ósmosis progresiva no ha sido aplicada en aguas de producción, sin embargo múltiples ensayos a escala de laboratorio se han desarrollado, utilizando suministros de agua de mar y agua salobre, estas últimas provenientes de actividades municipales e industriales. Un esquema general de los tipos de membranas se presenta en la figura 11.

Figura 11. Esquema general de la filtración con membranas



Fuente: C Y D, CENTRIFUGAS Y DECANTADORAS. Ingeniería de separación, Chile, 2009. (Modificado)

1.3 ALTERNATIVAS PARA EL USO DEL AGUA

Cuando el agua sale del yacimiento con aceite y gas, el primer paso para el tratamiento es el uso de un separado básico. Cuando los componentes son separados, las empresas utilizan una gran variedad de tecnologías y prácticas para manejar el agua, las cuales en forma general son clasificadas entre sí. Ellas son: minimización del agua, reutilización y tratamiento para disposición. Sin embargo estas pueden estar relacionadas.

Los costos de disposición final del agua dependen en gran medida de: la ubicación y distancia de la instalación de almacenamiento al lugar de producción, el método usado para tratar el agua, el tipo de residuo (cantidad y calidad) y el grado de competencia legislativo en el ámbito local o regional. Debido a estos factores económicos de la actividad de extracción del crudo pueden aumentar o disminuir por barril, de modo tal que se buscan en todos los casos utilizar diferentes alternativas para reducir costos de producción.

La tabla 1 muestra una clasificación general de los usos que se le puede dar al agua de producción para posteriormente profundizar en cada uno de ellos.

Tabla 1. Clasificación de los usos del agua

OPCION	POSIBLES TECNOLOGIAS
Reducción de las cantidades	Reducción de la cantidad de agua que invade los pozos (PVE), separación agua/aceite en el fondo del pozo (Dows, DGWS), separación en el subsuelo
Reciclaje	La reinyección de agua para las necesidades de producción y su uso dentro o fuera de sitio PWRI-WF (Inyección de agua), PWRI-PS (sostenimientos de la presión) y PWRI (Recobro mejorado), utilización de vapor en SAGD in situ.

Tabla 1. (Continuación)

OPCION		POSIBLES TECNOLOGIAS
Reutilización	In situ	Perforación, completamiento, fracturamiento, limpieza y uso domestico.
	Off site	Agricultura, actividades recreativas, aguas potable, entre otras
Reinyección		Almacenamiento, recarga al acuífero y disposición
Vertimiento		Océano, riveras, evaporación

Fuente: NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. En: IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011.

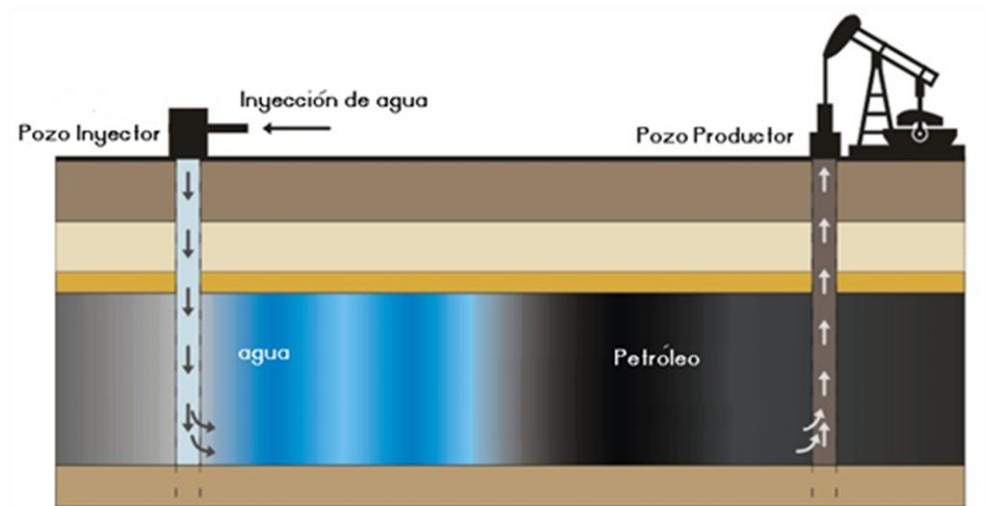
1.3.1 Vertimiento. En muchas partes del mundo, la descarga a cuerpos de agua superficiales y subterráneos representan las principales opciones para disponer del agua producida a partir de la exploración y producción de petróleo y gas.

Estas aguas traen consigo problemas, debido a que contienen sales diversas, compuestos sulfurosos y metales pesados que al ser vertidos causan contaminación de las aguas y alteraciones en los ecosistemas acuáticos. Por esta razón muchos países han establecido políticas que conllevan a la utilización de numerosos sistemas de tratamiento para alcanzar altos estándares de calidad, generando un incremento en los costos de manejo del agua hasta el punto de hacer el proceso poco rentable e inviable para la industria.

1.3.2 Inyección del agua de formación como método de recuperación mejorada (EOR). Cuando existen grandes volúmenes de producción de agua, estos pueden ser inyectados en el yacimiento para mantener la presión. En lugares como Estados Unidos es el método más usado para el manejo en tierra del agua producida.

Por medio de este método aumenta la eficiencia de barrido y por consiguiente el factor de recobro convirtiendo el agua producida en un recurso reutilizable en lugar de un producto de desecho.

Figura 12. Esquema general de inyección de agua como método EOR

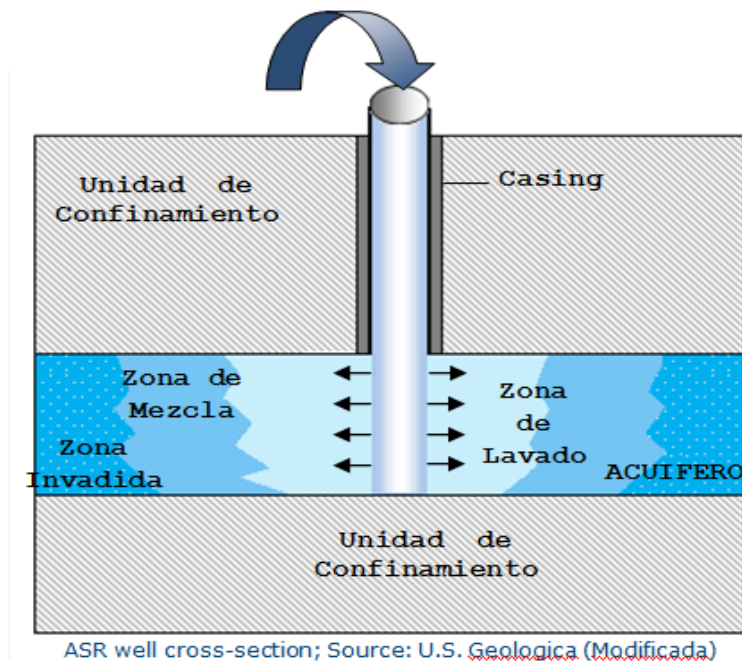


Fuente: AISA IONIC S.A. Reúso del agua de producción. En: Sistema de Filtración Ascendente de Múltiples Aplicaciones [En línea] Disponible en: <<http://www.aisaionic.com.ar/empresa-3co.php>>

Es importante asegurar que el agua que se inyecta debe ser compatible con las formaciones que recibirán el agua para evitar el prematuro taponamiento de la formación u otros daños. Por consiguiente, es necesario tratarla para controlar los sólidos disueltos, aceite en exceso, corrosión, reacciones químicas, o el crecimiento de microbios.

1.3.3 Inyección Subterránea del agua para su posterior uso. Se le conoce como almacenamiento y recuperación del acuífero (ASR). Es el proceso en el cual existe la posibilidad de inyectar agua producida en una formación subterránea, de donde puede ser retirada posteriormente para su reutilización.

Figura 13. Esquema general de inyección subterránea



Fuente: U.S GEOLOGICAL SURVEY. ASR well cross- section, 2005. (Modificado)

Cuando el vertimiento de cualquier tipo de agua está prohibido se usa el almacenamiento en un acuífero a través de la inyección u otros medios, la calidad del agua debe cumplir con todos los estándares aplicables de agua potable. Es de suma importancia que el agua producida haya sido tratada en la medida necesaria con el fin de cumplir estas normas antes de la inyección.

El costo de la eliminación de la salinidad del agua producida representa una barrera para la inyección en un acuífero y antes de seleccionar esta tecnología como opción deben evaluarse diversos factores relevantes como lo son:

- La disponibilidad de un acuífero apto para la recarga, tomando en consideración la extensión del área, el espesor, la profundidad del acuífero y la presencia y tamaño de las capas de confinamiento.

- La hidrogeología de la formación del acuífero, incluyendo su porosidad, permeabilidad, transmisibilidad, conductividad hidráulica, dirección, tipo de acuífero y velocidad del flujo.
- Las características químicas del agua que ya residen en el acuífero y las del agua de entrada. Estos deben ser comparados para asegurar que no ocurran reacciones químicas no deseadas en el acuífero.

1.3.4 Inyección con Fines Hidrológicos. Cuando se habla de Inyección con fines hidrológicos se refiere al agua producida como un líquido que puede ser utilizado para ocupar un espacio o realizar esfuerzos relacionados con la estabilidad mecánica del yacimiento.

Algunos usos hidrológicos de inyección de agua producida son:

- **Control de subsidencia**

Los pozos de control de subsidencia son pozos de inyección para reducir o remediar la pérdida de la elevación de la superficie terrestre debido a la eliminación de las aguas subterráneas, el petróleo o el gas. En su estado natural en la formación, estos fluidos proporcionan apoyo físico a la tierra y las capas de roca por encima de ellos. Cuando grandes cantidades de fluidos se extraen, las formaciones superiores pueden comprimirse o contraerse. El hundimiento de la superficie puede causar daños a los cimientos de edificios, carreteras, ferrocarriles, pozos de agua, y tuberías.

- **Pozos barrera para la intrusión de agua salada**

En algunas regiones costeras, los acuíferos de agua dulce están conectados hidráulicamente con cuerpos de agua salada, incluidos los estuarios y los océanos. Cuando se produce agua dulce con un ritmo moderado y no se rompe de manera abrupta el equilibrio natural entre el acuífero y los cuerpos de agua salada, permite que la interfaz agua salada - agua dulce puedan permanecer en o cerca de la costa, en este equilibrio los pozos en tierra pueden producir agua dulce. Sin embargo, a medida que aumentan las poblaciones costeras, la demanda de agua dulce se eleva, generando un cambio en el equilibrio hidrológico haciendo que la interfaz agua salada-agua dulce pueda trasladarse al interior del acuífero impactando los pozos en tierra.

El agua de producción podría usarse para la mitigación de este fenómeno, mediante la inyección en un acuífero de baja calidad o contaminado produciendo una barrera hidráulica que físicamente bloquea la intrusión de agua de mar y la mezcla con el agua dulce.

- **Aumento de flujo de corriente**

Muchas regiones productoras de petróleo y gas que se encuentran en climas áridos o semiáridos, cuentan con escasos recursos de agua dulce, en donde el agua de producción podría ser potencialmente utilizada para aumentar los flujos de corriente en aquellos lugares donde se permiten vertimientos, asegurando que la calidad del agua vertida cumple con las normas aplicables para descargas en cuerpos de agua superficiales.

1.3.5 Inyección en formaciones subterráneas. La inyección en formaciones subterráneas representa el enfoque más común para la gestión en tierra de agua producida. El procedimiento es similar al utilizado en inyección subterránea del agua para su posterior uso, citado anteriormente, sin embargo la diferencia radica en que este tiene como fin principal la eliminación del agua y no la futura utilización del recurso, además de cumplir condiciones específicas, como por ejemplo que el acuífero recargado no se use ni interactúe con otros y que la calidad del agua a inyectar esté garantizada.

1.3.6 Agua para uso industrial. Algunos lugares del mundo se caracterizan por los limitados suministros de agua potable y debido a la creciente demanda, los costos de la identificación y el tratamiento de nuevas fuentes de agua siguen subiendo. Es por esta razón que el agua producida podría convertirse en un recurso de reemplazo significativo en muchos procesos industriales, siempre y cuando la calidad del agua producida siga siendo la adecuada. El grado previo de tratamiento requerido depende de la calidad del agua producida y la disposición que se le vaya a dar. El agua de producción ya está siendo utilizada en varios procesos industriales sin embargo puede ser adecuada para otros.

- **Uso en fracturamiento de los campos de gas**

Muchos pozos de gas natural deben ser hidráulicamente fracturados para mejorar las operaciones de producción. Cada proceso de fracturamiento requiere cientos de miles de barriles de agua.

En las zonas donde los campos de gas natural se están expandiendo rápidamente, los suministros locales de agua pueden no ser suficientes para satisfacer la demanda de agua para el fracturamiento, siendo el agua de formación una opción viable para suplir la necesidad. El agua producida

después del proceso de fracturamiento puede ser tratada y reutilizada para nuevos proyectos del mismo tipo.

- **El agua de refrigeración y otras fuentes de electricidad**

Otro uso potencial del agua producida es agua de refrigeración. Según el Servicio Geológico de Estados Unidos,** en la industria se usaron más de 3 mil millones de barriles por día de agua potable para la refrigeración de centrales eléctricas.

Actualmente las fuentes de agua convencionales y subterránea ya no son suficientes para satisfacer las crecientes necesidades de las plantas de energía en muchas partes del mundo, y el agua producida en los yacimientos de petróleo representa una fuente de gran volumen que podría servir como agua de reposición para toda una central eléctrica.

- **Control de Polvo**

En la mayoría de los campos petroleros, los caminos no están pavimentados y el constante rodamiento de los vehículos provoca una gran cantidad de polvo, generando que sea permitido rociar el agua producida en caminos de tierra para controlarlo.

Por otro lado en las zonas con operaciones activas de minas de carbón, el procesamiento y transporte son actividades que generan mucho polvo y el agua producida puede ser utilizada para la supresión de polvo en esos lugares.

** HUTSON, Susan S; BARBER, Nancy L y KENNY, Joan F. Estimated Use of Water in the United States in 2000. En: U.S. Geological Survey, Estados Unidos, 2004.

- **Control de Incendios**

Los incendios a menudo se presentan durante los meses más secos del año. Las áreas que experimentan las condiciones de sequía son especialmente vulnerables. En muchos casos los recursos de agua en superficie y subterránea son limitados para la lucha contra el fuego, es por esto que el agua de producción sería una alternativa viable para la disposición de agua contra incendios.

1.3.7 Agua para uso agrícola. De acuerdo con estimaciones realizadas por el Servicio Geológico de Estados Unidos^{††}, la comunidad agrícola usa alrededor de 3 mil millones de barriles de agua potables por día para el riego, la ganadería y la acuicultura. Muchos campos de petróleo y de gas se encuentran en zonas que se caracterizan por climas áridos y escasos recursos de agua dulce por lo tanto el agua de producción que cumpla los requisitos de calidad del agua de los usuarios agrícolas ofrece la posibilidad de complementar y reemplazar los suministros de agua existentes.

Los requisitos de calidad para el agua de riego han señalado que los tres parámetros más críticos son: salinidad, contenido de sodio y toxicidad, por esta razón los operadores que deseen utilizar el agua sin causar daño a largo plazo de los cultivos y el suelo deben emplear "el riego administrado." Esta técnica consiste en un monitoreo cuidadoso de la composición química del suelo, donde suplementos diferentes de suelo se añaden para proporcionar el producto químico necesario y el equilibrio mineral.

^{††} HUTSON, Susan Comp. Guidelines for preparation of State water use estimates for 2005. En: USGS Techniques and Methods Book 4, Chapter E1, marzo de 2007.

- **Uso del agua de producción para uso pecuario**

El ganado puede tolerar en el agua un mayor rango de concentraciones de los contaminantes. En general, los animales pueden tolerar niveles elevados de sólidos totales disueltos (TDS) en el agua si se aclimata gradualmente. El agua con un nivel de TDS de menos de 1.000 ppm se considera que es la fuente de agua excelente sin embargo el agua con niveles de TDS de 1.000 hasta 7.000 ppm se puede utilizar para el ganado, pero puede causar diarrea.

- **Agua de producción para la supervivencia de Vida Silvestre y su hábitat**

Algunos de los proyectos en el área de las Montañas Rocosas han creado embalses que recogen y retienen grandes volúmenes de agua producida. El embalse proporciona una fuente de agua potable para el hábitat de la fauna, la oferta de peces y aves acuáticas en un entorno árido. Es importante asegurar que la calidad del agua embalsada no cree problemas de salud para la fauna. Los embalses también pueden ofrecer oportunidades adicionales de recreación para la caza, pesca, navegación y observación de aves.

1.3.8 Agua para uso doméstico. En el pasado, los costos para eliminar la salinidad y otros parámetros para los propósitos de cumplimiento de las normas de agua potable eran prohibitivamente altos. Sin embargo, en los últimos años, los costos para desarrollar e implementar tecnología de tratamiento se han reducido. Los costos del tratamiento son ahora similares a los precios del agua. Esta evolución es el incentivo fundamental para que el agua de producción sea una opción viable para este uso.

En Texas, por ejemplo, varias pruebas piloto se han realizado utilizando el agua de producción como una fuente de agua potable. La universidad Texas A & M creó un programa para desarrollar un sistema portátil de tratamiento de agua de producción que se puede mover en los campos de petróleo para convertir el agua producida en agua potable. La idea es aumentar las reservas de agua en regiones áridas, mientras que también proporciona reembolsos económicos a los explotadores en forma de largas vidas productivas de sus pozos.

1.3.9 Evaporación del agua de producción. La evaporación es un proceso natural para la transformación de agua en forma líquida al vapor de agua en el aire. La evaporación depende de la humedad local, la temperatura y el viento. Climas más secos en general, favorecen la evaporación como una técnica de manejo para el agua de producción.

La evaporación más simple del agua consiste en la colocación de esta en un estanque o laguna con una gran superficie, el agua puede entonces pasivamente evaporarse. Mientras las tasas de evaporación sean superiores a las corrientes de entradas (incluyendo las precipitaciones), la eliminación de agua producida puede ser sostenible. Las tasas de evaporación depende del tamaño y la profundidad del estanque, sin embargo la tasa de evaporación de una solución disminuirá cuando las proporciones relativas de sólidos y productos químicos aumenten.

Las tasas de evaporación pueden ser mejoradas mediante pulverización del agua a través de boquillas. Son capaces de crear muchas gotas pequeñas con superficies mayores. El agua se pulveriza en el aire y se evapora antes de golpear el suelo. Sin embargo, esta práctica puede conducir a la corrosión salina al suelo y la vegetación. ^{††}

^{††} Información adicional: Disposición y tratamiento del agua producida; Asociación regional de empresas de petróleo y gas natural en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL)

2. NORMATIVIDADES VIGENTES PARA EL VERTIMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCION EN COLOMBIA, VENEZUELA, BRASIL, MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS.

“La calidad del agua depende de su uso o de la orientación hacia la protección del uso más común entre una serie de usos existentes o planificados, debido a esto se han desarrollado lo que se conoce como criterios de calidad del agua los cuales proporcionan información básica sobre los efectos de los contaminantes en un uso específico del agua”.^{§§} La mayoría de los criterios de calidad del agua fijan un nivel máximo de concentración para determinada sustancia en un medio particular, el cual no será perjudicial si se usa para un propósito específico. Otros criterios de calidad se fijan a una concentración mínima para asegurar el mantenimiento de las funciones biológicas como lo es el oxígeno disuelto.

Los criterios de calidad del agua se han establecido ampliamente para algunas variables tradicionales como el pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

Muchos países se esfuerzan por asegurar que la calidad del agua cruda sea tal que solo sea necesario usar procesos de acondicionamiento casi naturales (filtración lenta en arena) y desinfecciones, para cumplir con los estándares de agua potable. A continuación se presentan aspectos básicos relacionados con los criterios de calidad según el uso que se le vaya a dar al agua, los objetivos de la calidad, una breve descripción de los parámetros más relevantes a valorar y su efecto.

Entre los usos que se le puede dar al agua se destacan:

^{§§} BARTHY, Katyal. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. En: International journal of environmental sciences. Volume 2, No. 1, 2011.

a) Agua para consumo humano

En búsqueda de mejorar la calidad de vida, los países han desarrollado estrictas normas para la potabilización del agua, debido a que un tratamiento insuficiente del agua puede generar efectos adversos en la salud de los consumidores hasta el punto de ser letales.

b) Agua para riego

La calidad deficiente del agua puede afectar los cultivos por acumulación de sales en la zona de la raíz, pérdida de permeabilidad del suelo debido al exceso de sodio y por la presencia de patógenos o contaminantes que son directamente tóxicos para las plantas o consumidores. Los contaminantes presentes en el agua de riego pueden acumularse en el suelo y después de un periodo pueden hacer que el suelo sea inapropiado para la agricultura.

c) Agua para uso recreativo

Los criterios de calidad del agua recreativa se usan para evaluar la pureza del agua para la natación y otras actividades acuáticas. Lo principal es proteger la salud humana al prevenir la contaminación del agua con material fecal o microorganismos que podrían causar infecciones gastrointestinales y afecciones al oído, ojo o piel. Por esto generalmente los criterios se fijan para indicadores de contaminación fecal tales como coliformes fecales y agentes patógenos.

d) Agua para pesca comercial y recreativa

Consideran principalmente la bioacumulación^{***} de los contaminantes a través de niveles sucesivos de la cadena alimentaria y su posible biomagnificación^{†††} en niveles tróficos más elevados que puedan tornar al pescado inapropiado para el consumo humano.

e) Aguas para uso paisajístico

En algunos países se han establecido criterios para la protección de las propiedades estéticas del agua. Los criterios no son cuantificables debido principalmente a la diferente percepción sensorial de los individuos y a la variabilidad de las condiciones locales.

Los objetivos de la calidad del agua hacen referencia a mantener y proteger los usos designados del agua fresca para abastecimiento público, ganadería, riego, pesca, recreación y otros fines, a la vez que sostienen la vida y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. “El establecimiento de los objetivos de calidad del agua es un proceso político que requiere evaluar con sentido crítico las prioridades nacionales. Esta evaluación se basa en consideraciones económicas, usos actuales y futuros, y otros factores socioeconómicos”.^{†††}

^{***} Bioacumulación: Proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

^{†††} Biomagnificación: Proceso de bioacumulación de una sustancia tóxica. Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica.

^{†††} UNESCO; WHO y UNEP. Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring (2nd edition), 1996.

Los objetivos de la calidad del agua son la base de los reglamentos de control de la contaminación y sirven para tomar medidas específicas de prevención, control o reducción de la contaminación y otros impactos adversos sobre los ecosistemas acuáticos.

Los criterios de calidad del agua que son evaluados en las normas para los diferentes países contemplados en el desarrollo de este trabajo se agrupan y describen en la tabla 2, donde se exponen sus características físicas y los efectos que causan en la salud humana y en el medio ambiente.

Se encontró que no existe una norma específica para vertimiento de aguas de producción a excepción de Estados Unidos, por lo que fue necesario tener en cuenta no solo las normas de vertimiento en general sino también las calidades del agua en cada contexto regional, ya que dependiendo de las características del cuerpo receptor, los límites permitidos pueden ser más estrictos que los establecidos en la norma de vertimiento.

Tabla 2. Efectos de los parámetros evaluados

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Aluminio	Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso industrial.	Causa daño al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía, temblores severos y problemas en los riñones	Los efectos son principalmente debido a los problemas de acidificación lo que produce muerte de peces y anfibios y daño a las raíces de los árboles.
Antimonio	Se usa en la construcción de baterías y acumuladores, tipos de imprenta, recubrimiento de cables cojinetes y rodamientos.	Provoca irritación de los ojos, piel y pulmones. Si la exposición es continua se pueden producir enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos severos y úlceras estomacales.	Contamina principalmente los suelos. Los animales pueden experimentar irritación ocular, pérdida de pelo y daños pulmonares.
Arsénico	Se encuentra natural como mineral de cobalto. Se emplea en materiales láser Gas, como agente acelerador en la manufactura de varios aparatos, la elaboración de vidrio, como pigmentos, en juegos pirotécnicos y en medicina.	La exposición puede causar irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones, puede generar daños en el ADN y puede ser cancerígeno.	Aumenta las posibilidades de alterar el material genético de los peces debido a la gran absorción de este elemento por parte de las plantas.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Bario	Se emplea en la manufactura de colorantes brillantes, en pirotecnia, señales luminosas, preparaciones medicinales, como agente de secado en la industria y lubricante para taladros.	Pueden causar parálisis, dificultad al respirar, incremento de la presión sanguínea, arritmia, debilidad en los músculos, cambios en los reflejos nerviosos, inflamación del cerebro y el hígado.	Presenta bioacumulación.
Bencidina	Producto manufacturado que no se encuentra naturalmente en el medio ambiente. Se usa para producir tinturas para telas, papel y cuero.	Afecta los sistemas respiratorio, endocrino, gastrointestinal, hígado, piel y órganos de los sentidos.	Permanencia a lo largo de la cadena alimenticia.
Berilio	Tiene muchos usos en la energía nuclear porque es uno de los materiales más eficientes para disminuir la velocidad de los neutrones, así como para reflejarlos.	Puede dañar los pulmones, causar neumonía, beriliosis y reacciones alérgicas.	La forma insoluble del berilio en agua causa mucho menos daño a los organismos que la forma soluble. El berilio no se acumula en los cuerpos de los peces, pero si en algunas frutas y vegetales
Biocidas	Aquellas sustancias químicas utilizadas para el control de algas, bacterias, hongos, roedores entre otros.	Producen efectos tóxicos, irritantes, y molestias. Representan total peligro en la salud humana.	Pueden causar la muerte de organismos.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Boro	Se emplea principalmente en la industria metalúrgica, en detergentes, jabones, ablandadores de agua, almidones para planchado, adhesivos, manufactura de papel, cuero y plásticos.	Produce irritación de la nariz, garganta y ojos, puede infectar el estómago, hígado, riñones y cerebro y eventualmente llevar a la muerte.	En grandes concentraciones es muy tóxico para la vegetación. En los animales los órganos reproductivos masculinos son afectados.
Cadmio	Se obtiene como subproducto de la fundición y refinamiento de los minerales de zinc. Se emplea en baterías, como reactivo químico, pigmento, como estabilizador de plásticos, en la producción de cadmio fosforado, fertilizantes y en reactores nucleares.	Daño a los riñones, produce diarrea, dolor de estómago y vómitos severos, fractura de huesos, fallos en la reproducción, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmune, desordenes psicológicos, posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.	Las lombrices y otros animales esenciales para el suelo pueden morir a muy bajas concentraciones afectando el ecosistema. En animales se presentan, aumento de la presión sanguínea, daños del hígado y daños en nervios y el cerebro.
Cianobacterias:	Se encuentran en ambientes lénticos, suelos húmedos, troncos muertos y cortezas de arboles.	Algunas cianobacterias al producir toxinas genera daños hepáticos, neurológicos y efectos cancerígenos.	Proveen de oxígeno a todo el sistema, generan variación de especies de zooplancton desequilibrando la estructura trófica del ecosistema
Cianuro	Se utiliza para producir papel, textiles, plásticos, revelar fotografías, en la galvanización, limpieza de metales, recuperación del oro y exterminar plagas e insectos.	Evita que las células del cuerpo reciban oxígeno y cuando esto ocurre, las células mueren, afectando principalmente al corazón y al cerebro. Es letal.	En animales evita que las células del cuerpo reciban oxígeno

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Cloro	Se usa en la producción de disolventes clorinados, resinas de cloruro de polivinilo (PVC), clorofluorocarbonos (CFCs) y óxido de propileno, para blanquear el papel y reducir los niveles de microorganismos en el agua	El cloro no permanece en el cuerpo, debido a su reactividad. Afecta el sistema respiratorio, produce dolor pectoral, retención de agua en los pulmones, irritación de la piel y lo ojos.	Las plantas y los animales no suelen almacenar cloro, pero la exposición repetida a cloro en el aire puede afectar al sistema inmunitario, la sangre, el corazón, y el sistema respiratorio.
Clorofila a	Forma para la estimación de la biomasa de las comunidades fitoplanctónicas, debido a que es el principal pigmento fotosintético presente en las algas.	No tiene efectos en la salud humana, por el contrario es un elemento esencial para la vida.	Indicador del grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos y un importante índice del estado fisiológico del fitoplancton.
Cloroformo	Se utiliza para fabricar otras sustancias químicas y pequeñas cantidades de cloroformo se forman como un producto no deseado durante el proceso de agregar cloro al agua	Afecta al sistema nervioso central, el hígado y los riñones. Causa fatiga, mareos, dolor de cabeza y llagas en la piel.	No se acumula en grandes cantidades en plantas y animales, pero podemos encontrar pequeñas cantidades de cloroformo en los alimentos.
Cloruro	El ion cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, y es un indicador de contaminación mas no un contaminante.	No es un perjudicial para la salud humana	Un contenido de cloruro elevado en el agua, interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Cobalto	Se usa en la preparación de aleaciones térmicas, magnéticas, dentales y quirúrgicas, para fabricación de máquinas, herramientas, fertilizantes y catalizadores	Aunque estimula la producción de glóbulos rojos, en concentraciones altas puede genera asma y neumonía, además de vómitos y náuseas, problemas de visión, problemas de Corazón y daño de la Tiroides.	Presenta bioacumulación.
Cobre	Material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros componentes eléctricos y electrónicos.	Irritación de la nariz, la boca y los ojos, causa dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarrea, daño al hígado y los riñones e incluso la muerte.	En suelos ricos en Cobre disminuye la cantidad de plantas y organismos, también se presenta bioacumulación.
Color	Es debido a la materia orgánica proveniente de vegetales muertos, sustancias inorgánicas, desechos industriales y productos de corrosión.	La importancia principal es de naturaleza estética y no objetable desde el punto de vista sanitario.	Evita el contacto de los rayos del sol y causa muerte en organismos acuáticos.
Cromo	Se usa en aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor, también como recubrimiento para galvanizados.	El Cromo (VI) puede causar irritación y sangrado de la nariz, erupciones cutáneas, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón y muerte.	El Cromo (VI) es tóxico para los organismos, puede alterar el material genético, causar cáncer y problemas respiratorios.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Detergentes	No se debe permitir concentraciones elevadas debido a que puede generar espumas o problemas de olor y sabor	Afecciones digestivas y alteran el olor y sabor de las aguas potables	Alteran de la transferencia y disolución del oxígeno en el agua, perturban la sedimentación, alteran la permeabilidad del suelo facilitando la penetración de microorganismos en las aguas subterráneas.
Dicloroetano	Se usa para fabricar ciertos tipos de plásticos flexibles como aquellos para envolver alimentos, en materiales de empaque y en adhesivos.	Puede dañar el sistema nervioso, el hígado y los pulmones.	En animales causa daño al hígado, los riñones y los pulmones, aumento en la tasa de defectos de nacimiento. No se acumula mucho en peces o en aves.
Dioxinas	Se generan por la incineración, la producción de pasta y de papel, por el uso de PVC, de disolventes y pesticidas clorados y el cloro en la industria metalúrgica.	Son cancerígenas y pueden causar alteraciones en el desarrollo, en la reproducción, en la disminución del sistema de defensas y producir cambios en la regulación hormonal.	Pueden acceder a la cadena alimentaria, apareciendo niveles detectables en animales
Fenoles	se usa en la producción de explosivos, fertilizantes, coque, gas de alumbrado, pinturas, removedores, caucho, preservadores de madera, resinas sintéticas, textiles, medicamentos, perfumes, plásticos, también se utiliza como desinfectante.	Puede producir lesión grave y ceguera, quemaduras graves, intoxicación sistémica, palidez, debilidad, sudoración, cefalea, silbido en los oídos, choque, cianosis, excitación, enfriamiento de la boca y la nariz, orina de color oscuro, lesión renal, intoxicación crónica y muerte.	Provoca efectos adversos en organismos acuáticos. puede contribuir potencialmente a la formación de ozono troposférico, daño para los cultivos y la fauna

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Fluoruro	Sustancia química usada en la producción de aluminio, la fabricación de químicos para refrigeración y en productos para higiene dental.	Cantidades excesivas de fluoruros pueden provocar fluorosis, aumentar la densidad de los huesos y producir fracturas	Contribuyen a la formación de lluvia ácida lo que genera daño en cultivos y plantas. En animales produce disminución de la fertilidad
Fósforo	Base de numerosos compuestos como los fosfatos, también se utilizan como fertilizantes, alimento para animales, ablandadores de agua, aditivos de petróleo.	Generan daño a los riñones y osteoporosis, es altamente tóxico y generalmente causa muerte inminente cuando se ingiere en forma de veneno para ratas.	Genera dependencia de organismos que vivan en el agua y genera eutrofización.
HAP'S	Hidrocarburos aromáticos presentes en la naturaleza de forma natural o como consecuencia de la incineración incompleta de petróleo, gas y sustancias orgánicas.	Se produce irritación de los ojos, la piel, el tracto respiratorio y el tracto intestinal llegando a ser carcinógenos. Generan fotosensibilización, afectan el sistema endocrino y órgano de los sentidos,	Presenta bioacumulación y son elementos carcinógenos en los animales.
Heptacloro epóxido y de heptacloro	Sustancia usada como plaguicida	Tóxica para los seres humanos, causa hiper excitación del sistema nervioso central y daños al hígado.	Efectos en la progesterona y en los niveles de estrógeno, alteración del sistema nervioso y daños al hígado. Elemento carcinógeno.
Hierro	Se usa en la fabricación de aceros estructurales, hierro fundido, hierro forjado, imanes, tintes, papel para heliográficas, pigmentos pulidores y abrasivos.	Provoca conjuntivitis y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos, puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón.	Presenta bioacumulación, disminuye el oxígeno disuelto en el agua afectando el ecosistema.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Litio	Se utiliza como espesante para grasas lubricantes, en fabricación de cerámica, formulación de esmaltes para porcelana, baterías y en soldadura para latón.	Produce tos, respiración trabajosa, falta de aire, dolor de garganta, enrojecimiento de la piel, quemaduras cutáneas, ampollas, enrojecimiento de los ojos, vómitos, debilidad y puede causar edema pulmonar.	Presenta bioacumulación, genera fallas cardíacas y daños al sistema nervioso. Afecta el ecosistema por tener un efecto corrosivo.
Manganeso	Se utiliza como agente desecante, catalizador, blanqueador para decoloración de aceites, en pinturas, barnices y como decolorante en la fabricación de vidrio.	Tóxico en elevadas concentraciones, afecta el sistema respiratorio, el cerebro ocasionado olvidos y daños en los nervios, esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio y puede causar Parkinson.	En animales causa afecciones en los pulmones e hígado, fallos en el desarrollo de fetos y daños cerebrales. En plantas puede ser tóxicos, causa inflamación de las paredes celulares y puntos marrones en las hojas.
Mercurio	Se usa en interruptores eléctricos, termómetros, barómetros, tacómetros, termostatos, en la manufactura de lámparas de vapor de mercurio y en amalgamas de plata para empastes de dientes.	Irritación de los pulmones y los ojos, reacciones en la piel, vómito, diarrea, daño al ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, defectos de nacimientos y abortos. El daño a las funciones del cerebro causa la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria.	En animales causa daños en el sistema nervioso, riñones, intestino y reproducción. Altera la capacidad de supervivencia de los organismos afectando el ecosistema.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Níquel	Se usa como ingrediente del acero y otros productos metálicos como son las joyas.	Genera fallos respiratorios, defectos de nacimiento, asma, bronquitis crónica, reacciones alérgicas y eleva la probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata.	Altas concentraciones en suelos arenosos daña las plantas y en el agua disminuye el crecimiento de las algas y microorganismos.
Nitrato	Parte esencial de abonos, también usados como transformadores de carbón y azufre.	Causa metahemoglobinemia ¹² , y aumenta el riesgo de cáncer de estómago. En bebés genera cianosis ¹³ y la muerte.	Genera procesos de eutrofización en embalses, lagos y estuarios. En las plantas da lugar al aumento del follaje, con menos rendimiento de los frutos.
Nitrito	Se usa en sales para carnes y como antídoto en caso de envenenamiento por cianuro	Causan mutaciones en los genes y deformación en los fetos, altera funciones de la tiroides y disminuye la fertilidad	Genera problemas de coordinación, dificultades en la respiración, vómito y abortos. En los peces es tóxico.

¹² Metahemoglobinemia: Trastorno sanguíneo en el cual una cantidad anormal de hemoglobina se acumula en la sangre, la cual es incapaz de transportar el oxígeno de manera efectiva a los tejidos corporales.

¹³ Cianosis: Coloración azulada de la piel y mucosas, usualmente debida a la presencia de concentraciones altas de hemoglobina sin oxígeno en los vasos sanguíneos cerca de la superficie de la piel.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Olor y sabor	Están asociados con materia orgánica en descomposición, sales orgánicas, productos metálicos de la corrosión y residuos industriales presentes en el agua.	Agua salada desagradable para el consumo humano. Infecciones por materia orgánica.	No se tiene conocimiento de los efectos causados en el medio ambiente.
pH	Concentración de iones hidrogeno en el agua. Determina el contenido de ácidos.	Alteración de las funciones de los órganos, acné, dolor muscular, mareo, hiperactividad, llenura, acidez, cólicos, esquizofrenia, leucemia y otras formas de cáncer.	Incrementa la solubilidad de contaminantes tóxicos y afecta la vida animal directamente.
Plata	Se utiliza en puntos de contactos eléctricos y electrónicos, en joyería, amalgamas dentales, pistones de motores y fotografía.	Las sales de plata son letales en concentración mínimas. Genera pigmentación azulada o negruzca de la piel, daños en la córnea, irritación de la piel, dermatitis alérgica, mareos, dificultades para respirar y dolores de cabeza	Produce depósitos en la piel y disminución del rendimiento en los animales.
Plomo	Su uso común es en la aleación de metales.	Producen envenenamiento por exposición excesiva, perturbación de la biosíntesis de hemoglobina, anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro	Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadas afectando el ecosistema.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Selenio	Se usa en decoloración de vidrios teñidos por compuestos de hierro, pigmento en plásticos, pinturas, barnices, vidrio, cerámica, tintas, exposímetros fotográficos y como aditivo metalúrgico.	Provocar mareos, fatiga, irritaciones de las membranas mucosas, pelo quebradizo, uñas deformadas, sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos, retención de líquido en los pulmones y bronquitis.	Se acumula en los tejidos corporales de los organismos y afecta toda la cadena alimentaria. En los animales causa defectos de nacimiento y fallo reproductivo.
Sólidos totales disueltos (TDS)	Comprende sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica.	El efecto es sobre el sabor desagradable del agua que puede presentarse con concentraciones muy elevadas, o insípido a niveles bajos.	No se tiene indicios de efectos negativos sobre los organismos.
Sulfato	Se utiliza en la fabricación de vidrio, como aditivo en detergentes, en la fabricación de papel y radiografías.	Genera diarrea y deshidratación.	Genera efectos laxativos, y es un indicador de punto de vertido cerca.
Sulfuro	Es empleado en la metalurgia, para la obtención de hierro, plomo, estaño o manganeso, entre otros muchos metales	Genera efectos neurológicos y cambios comportamentales, alteración de la circulación sanguínea, daños cardiacos, desórdenes estomacales y gastrointestinales, daños en las funciones del hígado y los riñones, defectos en la audición, alteraciones del metabolismo hormonal.	Puede provocar irritaciones en los ojos y garganta de los animales, daños cerebrales, atrofia el sistema nervioso, daños vasculares en las venas del cerebro, corazón y riñones, daños fetales y defectos congénitos.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Temperatura	La más deseable en el agua es aquella que consideremos fresca. Esta fluctúa según la época del año.	No se tiene conocimientos de efectos sobre la salud humana.	Puede causar daños a la flora y fauna al interferir en la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos.
Tetracluro de carbono	Debido a sus efectos perjudiciales, para muchas industrias su uso está prohibido, solamente se usa en ciertas aplicaciones industriales.	Puede causar daño del hígado, los riñones, el sistema nervioso central., intoxicación dolores de cabeza, mareo, somnolencia, náusea , vómitos y Puede llevar a desde un coma hasta la muerte.	Forma sustancias químicas que pueden destruir la capa de ozono No existe bioacumulación en animales.
Tricloroetano	Se usa en el desengrasado de metales, como solvente, en la fabricación del ácido cloroacético. Y para la extracción de sustancias naturales.	Puede producir vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, debilidad, náuseas, pérdidas del conocimiento, dolor y enrojecimiento de los ojos y dolor abdominal.	Contribuye en pequeña medida a la formación de smog, puede concentrarse hasta el punto de dañar a las bacterias anaeróbicas.
Turbidez	Producto de la presencia de arcillas, limo, materia orgánica, plancton y otros materiales inorgánicos en suspensión.	Generalmente no afecta la salud humana. Es de simple carácter estético.	Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, reduciendo así la concentración de oxígeno.
Uranio	Se utiliza en centrales nucleares y en algunos diseños de armamento nuclear.	Grandes cantidades de uranio pueden provocar enfermedades del hígado y cáncer.	Las plantas absorben uranio a través de sus raíces y lo almacenan allí. Cuando los vegetales se lavan el uranio será eliminado. No presentan Bioacumulación en peces.

Tabla 2. (Continuación)

Parámetro	Características	Efectos en la salud humana	Efectos en el medio ambiente
Vanadio	Varios de sus compuestos se emplean en la industria química, en la fabricación de catalizadores de oxidación, y en la industria cerámica como agentes colorantes.	Causa irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales, daño cardíaco y vascular, en el sistema nervioso sangrado del hígado y riñones, irritación de la piel, temblores severos, parálisis, sangrado de la nariz y dolor de cabeza,	se encuentra en bajos niveles en plantas Causa la inhibición de ciertas enzimas de animales, lo cual tiene efectos neurológicos.
Grasas y aceites	Presentes en: usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, procesadoras de carnes y embutidos e industria cosmética.	Vegetales y animales no existen registros de efectos en la salud. Afecta el sistema digestivo, causa dolor de cabeza, náuseas, vomito, inflamación del tracto respiratorio e intoxicación.	Ocasionan perturbaciones en la vida acuática al formar películas sobre la superficie, obstaculizando la fotosíntesis al disminuir la aeración y paso de la luz, además de interrumpir en la reproducción de las especies.
Zinc	Se utiliza en el galvanizado del acero, en la industria aeroespacial para misiles y cápsulas espaciales, en baterías y en la fabricación de pinturas al óleo.	Genera pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, pequeñas llagas, y erupciones cutáneas. úlcera de estómago, irritación de la piel, vómito, náuseas y anemia.	Puede incrementar la acidez de las aguas afectando las plantas. En suelos ricos en Zinc sólo algunas plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Tiene influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices.

Fuente: Autores

2.1 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA COLOMBIA

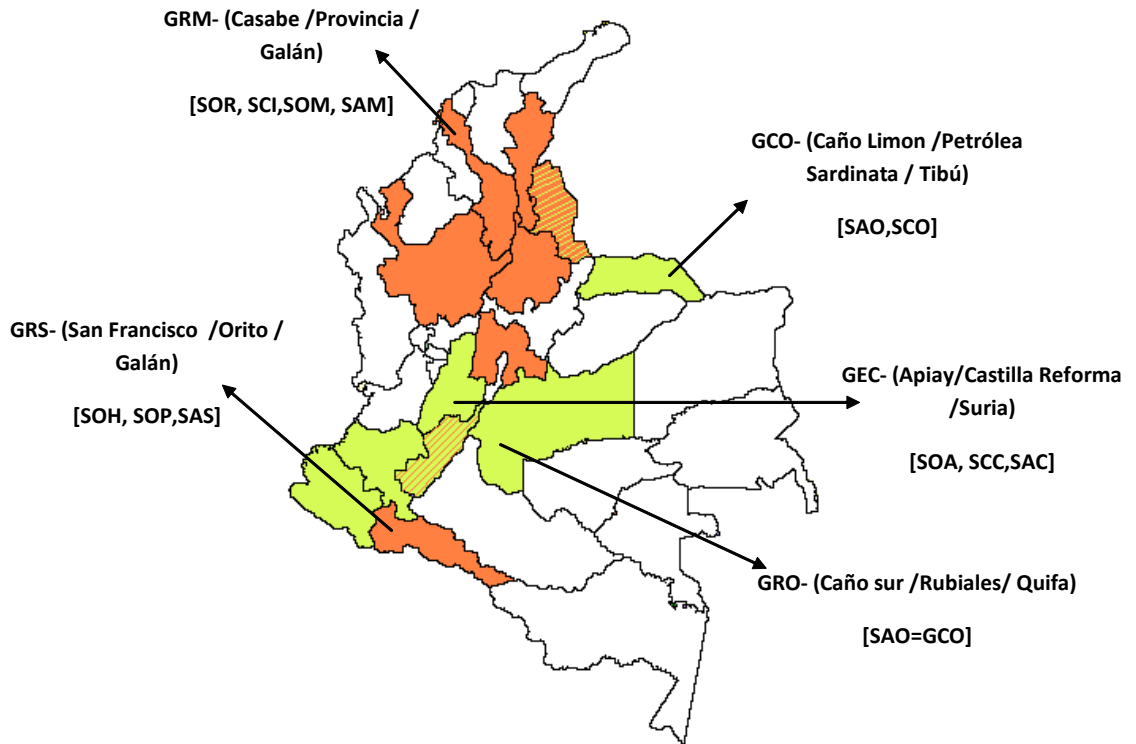
Colombia es el cuarto productor latinoamericano de crudo después de Venezuela, México y Brasil y registra un auge en la inversión en petróleo y minería desde el 2002. La inversión extranjera en Colombia superó US\$10.000 millones en el 2011, de los cuales más de US\$8.000 millones han ido al sector de hidrocarburos y minería.

Las cifras registradas finalizando el mes de diciembre dejan ver que la producción alcanzó los 982 mil barriles, resultado que se aproximó al hito histórico del millón de barriles por día. Lo más positivo fue que el número de pozos perforados pasaron de 75 en 2009, a 112 en 2010 y a 126 en 2011. Así mismo, la actividad sísmica muestra niveles históricos relativamente altos. Actualmente Colombia produce más de un millón de barriles diarios, entre petróleo y gas. La meta, propuesta entre el Ministerio de Minas y Energía, la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos) y la empresa estatal Ecopetrol, es llegar a los 1,5 millones en 2015.

Como se había mencionado en el primer capítulo, la producción de crudo siempre está asociada a la de agua en una relación de 1 a 5 y siguiendo este patrón se puede concluir que la producción nacional de agua está alrededor de los 7 millones de barriles diarios. Los campos que mas producen agua son Caño Limón y rubiales con un estimado de 4 millones de barriles por día. Este hecho hace necesario el estudio detallado de la calidad del agua producida y el planteamiento de nuevas tecnologías que permitan reducir el impacto sobre la salud humana y el ecosistema directamente relacionado.

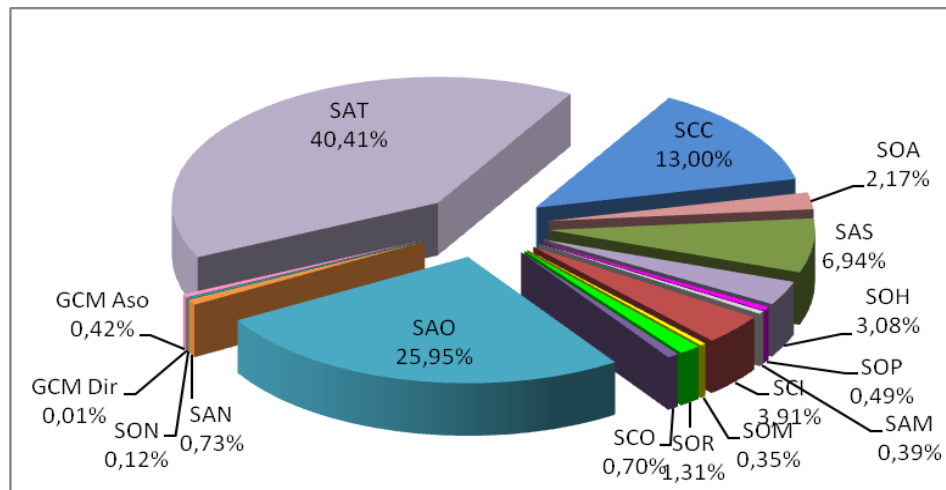
La producción de agua por superintendencias se muestra en la figura 15 y el área de acción de cada una se muestra en la figura 14.

Figura 14. Ubicación geográfica de las superintendencias de operaciones



Fuente: Autores

Figura 15. Producción total de agua por superintendencias



Fuente: ECOPETROL S.A

2.1.1 Ente regulador. El Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible (MADS), conjuntamente con el Presidente de la República en Colombia, son quienes se encargan de formular la política ambiental, considerando este elemento como eje transversal para el desarrollo económico y social, el crecimiento y la sostenibilidad del país.

El EMAR es la entidad encargada del manejo y administración del recurso al cual se le asigna esas funciones por ley o por delegación, entre estas entidades encontramos el IDEAM¹⁴, Instituto colombiano de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Las Corporaciones autónomas regionales, CAR¹⁵ y la Dirección marítima y portuaria, DIMAR¹⁶. Por lo tanto El Ministerio de Salud y las EMAR fijarán al usuario, en cada caso, los requisitos y condiciones necesarios para la obtención del respectivo permiso de vertimiento. El Sistema Nacional Ambiental, SINA configura un sistema de gestión ambiental, en el que la autoridad ambiental, en orden ascendente, corresponde a los municipios o distritos, los departamentos, las Corporaciones Autónomas Regionales y el Ministerio del Medio Ambiente.

2.1.2 Normas de calidad y vertimientos del agua. El uso del agua y los residuos líquidos están contemplados en los decretos 3930 de 2010, 1594 de 1984 y 2811 de 1974 reunidos en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

¹⁴Fuente: ENCOLOMBIA.COM. En: Órganos de dirección y administración. [En línea] Disponible en <www.encolombia.com/medioambiente/hume-decreto213592-1.htm>

¹⁵Fuente: MADS. En: Corporaciones autónomas regionales de Colombia. [En línea] Disponible en <<http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=554&conID=4040>>

¹⁶ Fuente: ARMADA NACIONAL REPUBLICA DE COLOMBIA. En: Dirección general marítima DIMAR. [En línea] Disponible en <<http://www.armada.mil.co/?idcategoria=89276>>

Para el desarrollo de esta norma es necesario tener presentes las siguientes definiciones.

Tabla 3. Definiciones de la norma colombiana

Parámetro	Definición
Tratamiento convencional	Para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.
Vertimiento líquido	Cualquier descarga líquida hecha a un cuerpo de agua o a un alcantarillado.
Usuario	Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente del recurso o de un acueducto, o cuya actividad pueda producir vertimiento directo o indirecto al recurso.
Usuario nuevo	Aquel cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del Decreto 3930 de 2010.
Usuario existente	Aquel cuya actividad ha venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del Decreto 3930 de 2010.
Zona de mezcla	Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de éste con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.
Vertimiento no puntual	Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al recurso, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.
Lodo	Suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.
Carga	Producto de la concentración promedio por el caudal promedio determinados en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg./d) .
CL ⁹⁶ ₅₀	A la concentración de una sustancia; elemento o compuesto, solos o en combinación, que produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.
Aguas dulces	Agua con una salinidad inferior o igual a 0,5 %.
Aguas salobres	Aguas con una salinidad superior de 0,5 y 30%.
Aguas Salinas	El agua con una salinidad de menos de 30 %.

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

- **Criterios de calidad para destinación del recurso.**

Tabla 4. Calidad del agua para consumo humano y doméstico únicamente en tratamiento convencional (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor (*) ¹⁷
Amoniaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	CN-	0.2
Cinc	Zn	15.0
Cloruros	Cl-	250.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Color real	75 unidades, escala Platino – cobalto
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Cromo	Cr ⁺⁶	0.05
Difenil Policlorados	Concentración de agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
Ph	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.05
Selenio	Se	0.01
Sulfatos	SO ₄	400.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Coliformes totales	NMP	20.000 microorganismos/100 ml.
Coliformes fecales	NMP ¹⁸	2.000 microorganismos /100 ml.

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

¹⁷ (*) Los valores asignados en la Tabla 3. se entenderán expresados en miligramos por litro (mg/L), excepto cuando se indiquen otras unidades.

¹⁸ NMP: Numero máximo permisible de un elemento.

Tabla 5. Calidad del agua para consumo humano y doméstico únicamente para desinfección (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor (*) ¹⁹
Amoníaco	N	1.0
Arsénico	As	0.05
Bario	Ba	1.0
Cadmio	Cd	0.01
Cianuro	CN-	0.2
Cinc	Zn	15.0
Cloruros	Cl-	250.0
Cobre	Cu	1.0
Color	Color Real	20 unidades, escala Platino – cobalto
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002
Cromo	Cr ⁺⁶	0.05
Difenil Policlorados	Concentración de agente activo	No detectable
Mercurio	Hg	0.002
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
pH	Unidades	6.5 - 8.5 unidades
Plata	Ag	0.05
Plomo	Pb	0.05
Selenio	Se	0.01
Sulfatos	SO ₄	400.0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Turbiedad	UJT	10 Unidades Jackson de turbiedad, UJT
Coliformes totales	NMP ²⁰	1.000 microorganismos/100 ml.

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

¹⁹ (*) Los valores asignados en la Tabla 4. se entenderán expresados en miligramos por litro (mg/L), excepto cuando se indiquen otras unidades.

²⁰ NMP: Numero máximo permisible de un elemento.

Tabla 6. Calidad del agua para uso agrícola (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor (*) ²¹
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0.05
Cobre	Cu	0.2
Cromo	Cr ⁶⁺	0.1
Flúor	F	1.0
Hierro	Fe	5.0
Litio	Li	2.5
Manganeso	Mn	0.2
Molibdeno	Mo	0.01
Níquel	Ni	0.2
pH	Unidades	4.5 - 9.0 unidades.
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0.02
Vanadio	V	0.1

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

Además de los criterios establecidos, se adoptan los siguientes:

- a) El Boro, expresado como B, deberá estar entre 0.3 y 4.0 mg/1 dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.
- b) El NMP²² de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

²¹ (*) Los valores asignados en la Tabla 4. se entenderán expresados en miligramos por litro (mg/L), excepto cuando se indiquen otras unidades.

²² NMP: Numero máximo permisible de un elemento

- c) El NMP de coliformes fecales no deberá exceder de 1.000 cuando se use el recurso para el mismo fin del literal anterior.

Tabla 7. Calidad del agua para uso pecuario. (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor (*) ²³
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.2
Boro	B	5.0
Cadmio	Cd	0.05
Cinc	Zn	25.0
Cobre	Cu	0.5
Cromo	Cr ⁶⁺	1.0
Mercurio	Hg	0.01
Nitratos + Nitritos	N	100.0
Nitrito	N	10.0
Plomo	Pb	0.1
Contenido de sales	Peso total	3.000
Nitrógeno y fósforo		Valores que no causen eutrofización

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

Tabla 8. Calidad del agua con fines recreativos mediante contacto primario (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor (*)
Coliformes fecales	NMP	200 microorganismos/100 ml.
Coliformes totales	NMP	1.000 microorganismos/100 ml.
Compuestos Fenólicos	Fenol	0.002

²³ (*) Los valores asignados en la Tabla 4. se entenderán expresados en miligramos por litro (mg/L), excepto cuando se indiquen otras unidades.

Tabla 8. (Continuación)

Referencia	Expresado como	Valor (*)
Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

Tabla 9. Calidad del agua con fines recreativos mediante contacto secundario. (Colombia)

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes totales	NMP	5.000 microorganismos/100 ml.
Oxígeno disuelto	.	70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5 mg/L

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

Las aguas que se clasifican en la categoría de uso estético deben cumplir con la ausencia de material flotante y de espumas provenientes de actividad humana, grasas y aceites que formen película visible y sustancias que produzcan olor.

Tabla 10. Normas de vertimiento. (Colombia)

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
Ph	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	£ 40°C	£ 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción 80% en carga	Remoción 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción 50% en carga	Remoción 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno		
Para desechos domésticos	Remoción 30% en carga	Remoción 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción 20% en carga	Remoción 80% en carga

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

Tabla 11. Norma para el control de la carga de las sustancias de interés sanitario. (Colombia)

Sustancia	Expresada como	Concentración (mg/L)
Arsénico	As	0.5
Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3.0
Cromo	Cr ⁺⁶	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Níquel	Ni	2.0
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN-	1.0
Difenil policlorados	Concentración de agente activo	No detectable

Tabla 11. (Continuación)

Sustancia	Expresada como	Concentración (mg/L)
Mercurio orgánico	Hg	No detectable
Tricloroetileno	Tricloroetileno	1.0
Cloroformo	Extracto Carbón Cloroformo (ECC)	1.0
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	1.0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	1.0
Sulfuro de Carbono	Sulfuro de Carbono	1.0
Otros compuestos organoclorados, cada variedad	Concentración de agente activo	0.05
Compuestos organofosforados, cada variedad	Concentración de agente activo	0.1
Carbonatos		0.1

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

La carga de control de un vertimiento que contenga las sustancias mencionadas en las tablas 10 y 11, se calculará mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

- $A = (Q) (CDC) (0.0864)$
- $B = (Q) (CV) (0.0864)$

En donde, A: Carga de control, Kg/día, Q: Caudal promedio del vertimiento, L/seg., B: Carga en el vertimiento Kg/día, CDC: Concentración de control, mg/L, CV: Concentración en el vertimiento, mg/L y 0.0864: Factor de conversión. La carga máxima permisible (CMP) será el menor de los valores entre A y B.

2.1.3 Proyecto de norma.²⁴ El ministro de ambiente y desarrollo sostenible en uso de sus facultades legales y en especial las conferidas en el Numeral 25 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, y considerando:

Que de acuerdo con artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, modificado con el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo asociado a un acuífero.

Que de acuerdo con el artículo 29 del Decreto 3930 de 2010, la autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, podrá fijar valores más restrictivos a las normas de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo asociado a un acuífero.

La Autoridad Ambiental Competente, en el marco de las competencias establecidas en Ley 99 de 1993, exigirá el cumplimiento de los valores límite máximos permisibles de los parámetros definidos para los generadores que desarrollan las diferentes actividades productivas contempladas en la presente resolución, aplicando lo contemplado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas en su Revisión 4 Adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.) de enero de 2012, ó aquella que la modifique o sustituya.

²⁴ ALVARES, Carlos Arturo y GOMEZ, Martha Liliana. Proyecto de norma, por el cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Colombia, Abril de 2012.

El artículo 30 establece los parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de generadores que desarrollan actividades de los siguientes Códigos CIIU:

- **Sección C** Explotación de minas y canteras
 - 1110. Extracción de petróleo crudo y de gas natural.
 - 1120. Actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y de gas, excepto las actividades de prospección.

- **Sección D** Industria manufacturera.
 - 2321. Fabricación de productos de la refinación del petróleo, elaborados en refinería.
 - 2322. Fabricación de productos de la refinación del petróleo, fuera de refinería.

- **Sección E** Suministro de electricidad, gas y agua.
 - 4020. Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías.

- **Sección I** Transporte, almacenamiento y comunicaciones.
 - 6050. Transporte por tuberías.

A continuación se describen los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos puntuales a los cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. La presente norma no aplica para los vertimientos puntuales que se realicen en aguas costeras o interiores, las cuales son aguas superficiales.

Tabla 12. Vertimientos para la industria de extracción de petróleo crudo y gas natural. Proyecto de norma - Colombia

Parámetro	Unidades	Valores límites máximos permisibles	
		Cuerpo de agua superficial	Alcantarillado público
GENERALES			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	150,0	300,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg/L O ₂	30,0	45,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	35,0	70,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	1,0	5,0
Material Flotante	mg/L	0,5	-
Grasas y Aceites	mg/L	10,0	50,0
Fenoles	mg/L	0,02	0,02
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	4,0	8,0
HIDROCARBUROS			
Hidrocarburos Totales(HTP)	mg/L	1,0	2,5
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP)	mg/L	0,05	0,5
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	µg/L	20,0	100,0
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	0,05	0,5
NUTRIENTES			
Fósforo Total (P)	mg/L	2,0	4,0
COMPUESTOS NITROGENADOS			
Nitrógeno Total (N)	mg/L	10,0	-
IONES			
Cianuro (CN⁻)	mg/L	0,1	0,2
Cloruros (Cl⁻)	mg/L	100,0	200,0
Fluoruros (F⁻)	mg/L	5,0	10,0

Tabla 12. (Continuación)

Parámetro	Unidades	Valores límites máximos permisibles	
		Cuerpo de agua superficial	Alcantarillado público
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	250,0	500,0
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L	1,0	2,5
METALES Y METALOIDES			
Aluminio (Al)	mg/L	0,5	1,5
Arsénico (As)	mg/L	0,1	0,3
Bario (Ba)	mg/L	0,5	5,0
Boro (B)	mg/L	0,5	2,0
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	0,1
Cinc (Zn)	mg/L	0,5	2,5
Cobre (Cu)	mg/L	0,5	1,5
Cromo (Cr)	mg/L	0,2	0,4
Estaño (Sn)	mg/L	1,0	1,5
Hierro (Fe)	mg/L	1,0	2,5
Litio (Li)	mg/L	0,1	2,5
Magnesio (Mg)	mg/L	No definido	No definido
Manganeso (Mn)	mg/L	0,1	3,0
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,2
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,01	0,1
Níquel (Ni)	mg/L	0,5	2,0
Plata (Ag)	mg/L	0,5	1,0
Plomo (Pb)	mg/L	0,1	0,25
Selenio (Se)	mg/L	0,1	0,25
Vanadio (V)	mg/L	0,5	2,0

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, versión 4.0 borrador del proyecto norma, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones Bogotá D.C, mayo 2012.

“Este decreto está en fase de aprobación, aún no está en vigencia”.

2.1.4 Análisis de las normas. Al realizar un análisis de esta norma se encontró que la calidad del agua está clasificada según su uso: para consumo humano que requiere tratamiento convencional y sólo desinfección, para agricultura, uso pecuario y para fines recreativos de primer y segundo contacto. Esta clasificación

presenta límites máximos permisibles de componentes con los que se deben cumplir si se destina para dicho uso. Por último la clasificación más general es la de vertimientos puntuales en cuerpos de agua que hace referencia a los valores máximos permisibles de componentes en el agua de desecho. Durante la comparación se observó que los límites más exigentes son para el agua de consumo humano que requiere sólo desinfección, ya que al compararla con la que requiere tratamiento convencional, tres parámetros varían, el color pasa de 75 unidades plata-cobalto a 20 unidades, evidenciando la presencia de concentraciones más altas de cobalto y plata en la de tratamiento con solo desinfección, lo que genera un agua con menos transparencia. En el pH el rango disminuye de 5-9 unidades a 6.5-8,5 y los coliformes totales de 20000 microorganismos/100ml a 1000microorganismos/100ml respectivamente. Los coliformes totales hacen referencia a la totalidad del grupo de bacterias presentes en el agua, pueden ser fecales o de otro tipo, siendo los coliformes fecales los de incidencia sobre la salud humana y de animales. Por lo tanto para establecer el efecto de un valor u otro, se debe establecer la cantidad presente en el agua.

En el agua para uso agrícola aparecen algunos parámetros que no son evaluados en las demás calidades, estos son el flúor, hierro, litio, manganeso, molibdeno, níquel y vanadio, el contenido de estos elementos tienen directa afectación sobre los suelos por este motivo sólo están incluidas en este. En cuanto a las de uso pecuario, y a las de recreación son las que tienen los límites más permisibles debido a que son las aguas en las que existe “menor contacto humano”.

Cabe resaltar que durante la investigación se encontró que el Ministerio de Medio Ambiente está trabajando en un nuevo proyecto de norma para regir los vertimientos en el país. De acuerdo al análisis comparativo entre la norma actual y la versión número 4 del proyecto, la diferencia más notable entre estas radica en que la norma vigente se divide entre usuarios nuevos y existentes, asignando diferentes valores para cada uno de ellos, mientras que en el proyecto en primer

lugar se clasifica por industria y luego por el tipo de cuerpo receptor, ya sea en aguas superficiales o alcantarillado, revelando que la norma actual es poco específica y muy permisiva.

En cuanto a los parámetros como tal, los cambios más notables son en grasas y aceites, en DBO y sólidos suspendidos. Por ejemplo, en grasas y aceites se tiene en la norma actual un 80% de remoción en carga lo que significa que dependiendo del caudal de carga se calcula la cantidad permitida en el vertimiento. Claramente en el proyecto cambia este parámetro a 10 mg/l en aguas superficiales y 50 mg/l en alcantarillado. Viendo esto aplicado, en la industria de extracción de petróleo y gas, si se tiene un gran volumen de agua producida, en la actualidad es permitido arrojar un 20% de ese volumen en grasas, dejando entrever una grave falencia en la norma, confirmando la importancia de clasificarla para cada una de las industrias ya que estas tienen diferentes procesos y así mismo diferentes impactos en el ambiente.

2.2 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA VENEZUELA

Venezuela tiene como base económica principalmente la producción de petróleo y producción de reservas minerales. A comienzos de 1990, la reducción global del mercado petrolero junto a la inestabilidad política y crisis en el sistema bancario, generó un impacto económico para el país.

“Un informe anual de estadísticas publicado por la OPEP señaló que las reservas probadas de Venezuela han alcanzado 296.500 millones de barriles en 2010, lo que supera a Arabia Saudita con sus 265.500 millones de barriles”²⁵. Siendo la

²⁵FAUCON, Benoit. Las reservas de petróleo de Venezuela superaron a las saudíes en el 2010. En: Dow Jones Newswire. Londres 2011

faja del río Orinoco el punto estratégico para la explotación petrolera, debido a que es catalogado como uno de los depósitos más grandes de petróleo del mundo y está calculado en unos 513.000 millones de barriles de crudo pesado.

Las exportaciones aumentaron de 2,42 millones de barriles por día en 2010 a 2,47 millones de barriles por día en 2011, siendo Asia el destino con mayor crecimiento en importaciones de crudo desde Venezuela con un promedio de 639.000 barriles por día. Aunque la producción del occidente del país ha bajado significativamente, en 2011 la producción petrolera incrementó alcanzando 2,99 millones de barriles por día según el ministerio de energía, y PDVSA anunció 2.000 millones de dólares para el plan tricolor que basa sus actividades en la faja del Orinoco cuya meta es aportar 146.000 millones de barriles por día.

Con el panorama anterior, la producción de agua representa un factor económico y ambiental de gran impacto, pues su producción representa alrededor de los 10,9 millones de barriles por día y si se cumple la meta de alcanzar del plan tricolor la producción del agua alcanzaría en promedio 438.000 millones de barriles por día.

2.2.1 Ente regulador. En Venezuela las aguas se clasifican según el Reglamento Parcial N° 4 de la Ley Orgánica del Ambiente expedida el 29 de agosto de 1978, Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.

Las normas promulgadas por los organismos rectores de control de la calidad de las aguas (Ministerios de ambiente y Ministerios de Sanidad y Asistencia Social) se adhieren a las elaboradas por la organización mundial de la salud (OMS).

El ministerio del poder popular para el ambiente (MINAMB)²⁶ es el ente regulador del agua, vela por el cumplimiento de la ley orgánica del medio ambiente y expide las licencias ambientales necesarias. El Consejo del medio ambiente²⁷ regula la creación de Fundaciones para promover y divulgar estudios e investigaciones concernientes al ambiente o para desarrollar tecnologías favorables a su conservación, defensa y mejoramiento.

2.2.2 Normas para calidad y vertimientos del agua. Las aguas se clasifican en:

TIPO I: Aguas destinadas al uso domestico y al uso industrial que requiere de agua potable, siempre que esta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas de tipo 1 se clasifican en los siguientes sub-tipos

- **Subtipo 1A:** aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes
- **Subtipo 1B:** Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
- **Subtipo 1C:** Aguas que pueden ser acondicionadas por procesos de potabilización no convencional.

²⁶ VENEZUELA, Ministerio del poder popular para el ambiente. [En línea] Disponible en: <http://www.veneguia.net/vg_call.asp?pag=www.minamb.gob.ve>

²⁷ VELEX VENEZUELA. Funciones del consejo nacional del ambiente. En: Consejo Nacional del ambiente. [En línea] Disponible en: <<http://vlex.com.ve/tags/consejo-nacional-del-ambiente-79244>>

Las aguas tipo 1 deben seguir los siguientes lineamientos de calidad:

Tabla 13. Características aguas Tipo 1. (Venezuela)

Parámetro	Unidades	Límite o rango máximo		
		Subtipo 1 ^a	Subtipo 1b	Subtipo 1c
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	Menor de 1,5	2,5	-
Oxígeno disuelto O.D.	mg/L	Mayor de 4,0	Mayor de 4,0	-
pH	-	6,0 - 8,5.	6,0 - 8,5.	3,8 - 10,5
Calor real	Unidades platino, cobalto	Menor de 50 U Pt-Co	Menor de 150	-
Turbiedad	Unidades de turbidez	Menor de 25	Menor de 250	-
Fluoruros	mg/L	Menor de 1,7	Menor de 1,7	
Organismos coliformes totales	NMP/100 ml	Promedio mensual menor a 2000	Menor de 10000	-

Fuente: VENEZUELA. Ley Orgánica de Ambiente, Decreto 883 (11, Octubre, 1995). Por el cual se establece las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas, 1995.

Tabla 14. Características aguas Tipo 1. (Venezuela)

Elementos o compuestos	Límites
Aceites minerales	0,3 mg / l
Aluminio	0,2 mg / l
Arsénico total	0.05 mg / l
Bario Total	1,0 mg / l
Cadmio Total	0,01 mg / l
Cianuro Total	0,1 mg / l
Cloruros	600 mg / l
Cobre total	1,0 mg / l

Tabla 14. (Continuación)

Elementos o compuestos	Límites
Cromo total	0,05 mg/ l
Detergentes	1,0 mg/ l
Dispersantes	1,0 mg/ l
Dureza , expresada como Ca CO ₃	500 mg / l
Extracto de carbono al cloroformo	0,15 mg/ l
Fenoles	0,002 mg/ l
Hierro total	1,0 mg/ l
Manganeso Total	0.1 mg/ l
Mercurio total	0,01 mg/ l
Nitritos + nitratos (N)	10,0 mg/ l
Plata Total	0,05 mg/ l
Plomo total	0,05 mg/ l
Selenio	0,01 mg/l
Sodio	200 mg/l
Sólidos disueltos totales	1500 mg/l
Sulfatos	4000 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
BIOCIDAS	
Organofosforados y Carbonatos	0,1 mg/l
Órgano clorados	0,2 mg/l
RADIATIVIDAD	
Actividad α	Máximo 0,1 Bequerelio por litro (Bq/l)
Actividad β	Máximo 1,0 Bequerelio por litro (Bq/l)

Fuente: VENEZUELA. Ley Orgánica de Ambiente, Decreto 883 (11, Octubre, 1995). Por el cual se establece las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas, 1995.

Las aguas del sub-tipo 1c, son aquellas en las cuales el PH debe estar comprendido entre 3,8 y 10,5.

TIPO II: Aguas destinadas a usos agropecuarios. Se clasifican en:

- Subtipo 2A: Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano
- Subtipo 2B: Aguas para el riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario

Tabla 15. Características aguas tipo 2. (Venezuela)

Características	Concentración máxima permisible
Aluminio	1,0 mg/L
Arsénico	0,05 mg/L
Boro	0,75 mg/L
Cadmio	0,005 mg/L
Cianuro	0,2 mg/L
Cromo hexavalente	0,05 mg/L
Cobalto	0,20 mg/L
Cobre	0,20 mg/L
Litio	5,0 mg/L
Hierro	1,0 mg/L
Manganeso	0,5 mg/L
Mercurio	0,001 mg/L
Molibdeno	0,005 mg/L
Níquel	0,50 mg/L
Plata	0,05 mg/L
Plomo	0,05 mg/L
Selenio	0,01 mg/L
Vanadio	10,0 mg/L
Zinc	5,0 mg/L
Sólidos Flotante	Ausente
BIOCIDAS	
Organofosforado y carbonatado	0,1 mg/L
Organoclorados	0,2 mg/L
Radiactividad	0,1 α y 1,0 β (mg/L)

Fuente: VENEZUELA. Ley Orgánica de Ambiente, Decreto 883 (11, Octubre, 1995).
 Por el cual se establece las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas, 1995.

TIPO III: Aguas marinas o de medios costeros destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo

Estas aguas deben cumplir unas características mínimas como lo son: el pH debe permanecer entre 6,5 y 9, la concentración de oxígeno disuelto no debe ser mayor a 5 mg/L, la concentración de detergentes no biodegradables hasta 1 mg/L, debe existir ausencia total de residuos de petróleo sólidos sedimentables y flotantes, metales y otras sustancias tóxicas. Los fenoles y sus derivados no deben exceder los 0,002 mg/L y el promedio mensual de organismos coliformes totales debe ser menor a 70 NMP por cada 100 ml.

TIPO IV: Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y subsistencia. Se clasifican en:

- **Subtipo 4A:** Aguas para el contacto humano total: en esta clasificación debe cumplir con que los coliformes totales deben ser inferiores a 1000 por cada 100 ml, y ausencia total de moluscos infectados con *Schistosoma mansoni*.
- **Subtipo 4B:** Aguas para el contacto humano parcial, las cuales deben presentar coliformes inferiores a 5000 por cada 100 ml y al igual que en la anterior no debe haber presencia de moluscos infectados por *Schistosoma mansoni*.

En general deben cumplir con un pH entre 6,5 y 8,5, la cantidad de detergentes debe ser menor a 1 mg/L, el oxígeno disuelto mayor a 5 mg/L y completa ausencia de residuos de petróleo, sólidos sedimentables y flotantes. La concentración de fenoles y sus derivados no debe ser mayor a 0,002 mg/L.

TIPO V: Aguas destinadas para usos industriales que no requieren agua potable

Este tipo de agua solo deben cumplir con 3 parámetros que son: concentración de fenoles hasta de 0,002 mg/L, ausencia de sustancias que originen sedimentación de sólidos y formación de lodos y por ultimo ausencia de aceites y espumas.

TIPO VI: Aguas destinadas a la navegación y generación de energía

Aquí solo se deben cumplir dos parámetros específicos como lo son concentración de oxígeno disuelto no menos de 4 mg/L ausencia de sólidos flotantes y sedimentables o depósitos de lodo en concentraciones suficientes para interferir la navegación y la generación de energía.

TIPO VII: Aguas destinadas al transporte, dispersión y desdoblamiento de líquidos residuales sin que se produzca interferencia con el medio ambiente adyacente.

El objetivo de este tipo de agua es la prevención de molestias y la conservación de la belleza de las masas de aguas naturales, por lo tanto no deberá recibir cargas elevadas que les imparten olores desagradables, no contener sólidos visibles flotantes o sedimentables, aceites, depósitos de lodos, sustancias tóxicas entre otras, además que las descargas recibidas no deben agotar el oxígeno disuelto en los cuerpos receptores.

Los siguientes rangos y límites máximos de calidad se establecen para vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa ó indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses.

Tabla 16. Características del agua para vertimientos. (Venezuela)

Parámetro	Unidades	Límites máximos permisibles	
		Directo a cuerpos de agua	Medio marino-costero
Aluminio	mg/L	5,0	5,0
Arsénico	mg/L	0,5	0,5
Bario	mg/L	5,0	5,0
Boro	mg/L	5,0	-
Cadmio	mg/L	0,2	0,2
Cianuro	mg/L	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	1000	-
Cobalto	mg/L	0,5	0,5
Cobre	mg/L	1,0	1,0
Cromo total	mg/L	2,0	2,0
Estaño	mg/L	5,0	-
Fluoruros	mg/L	5,0	5,0
Fosforo	mg/L	10	10
Hierro	mg/L	10	-
Manganeso	mg/L	2,0	-
Mercurio	mg/L	0,01	0,01
Níquel	mg/L	0,2	2,0
Nitrógeno	mg/L	40	40
Plata	mg/L	0,1	0,1
Plomo	mg/L	0,5	0,5
Selenio	mg/L	0,05	0,2
Sulfatos	mg/L	1000	-
Sulfuros	mg/L	0,5	2,0
Zinc	mg/L	5,0	10
DBO	mg/L	60	60
DQO	mg/L	350	350
Detergentes	mg/L	2,0	2,0
Espumas	mg/L	Ausentes	Ausentes
Sólidos totales	mg/L	1500	1600
Sólidos suspendidos	mg/L	80	-
Sólidos sedimentables	mg/L	1,0	-
Sólidos flotantes	mg/L	Ausente	Ausente
Temperatura	°C	Cambio no mayor a 3°C	Actual
pH	mg/L	6-9	6-9
Color	U Pt-Co	500	500
Olor		Ausente	-
Aceites minerales e hidrocarburos	mg/L	20	20

Tabla 16. (Continuación)

Parámetro	Unidades	Límites máximos permisibles	
		Directo a cuerpos de agua	Medio marino-costero
Aceites grasas minerales y vegetales	mg/L	20	20
Coliformes totales	mg/L	1000	1000
Fenoles	mg/L	0,5	0,5
Desechos radiactivos	mg/L	0,1 α y 1,0 β	0,1 α y 1,0 β
BIOCIDAS			
Órgano clorados	mg/L	0,05	0,05
Órgano fosforados y carbonatos	mg/L	0,25	0,25

Fuente: VENEZUELA. Ley Orgánica de Ambiente, Decreto 883 (11, Octubre, 1995). Por el cual se establece las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas, 1995.

2.2.3 Análisis de las normas. La norma venezolana tiene una clasificación más exacta para las necesidades del consumidor, esto se ve representado en los siete tipos de aguas que se especificaron en el comienzo del capítulo.

Realizando un análisis comparativo entre el tipo de agua 1 y el tipo de agua 2 encontramos que los valores máximos permisibles para algunos de los parámetros estudiados presentan una amplia diferencia, como por ejemplo en el aluminio el cual de un valor de 0,2 mg/L para aguas de tipo 1 pasa a valores de 1,0 mg/L para aguas de tipo 2. Comportamientos parecidos presentan el mercurio y cadmio los cuales pasan de valores de 0,01 mg/L a valores de 0,001 mg/L y 0,005 mg/L respectivamente. El selenio, el arsénico y el cromo, permanecen con valores constantes de 0,01 mg/L y 0,05 mg/L para los dos últimos. Finalmente, elementos como los cloruros, bario, litio, molibdeno, níquel y vanadio no son comunes entre estos dos tipos de agua.

Para los otros 5 tipos de agua las características con que deben cumplir son más flexibles pues no requieren de un estudio minucioso de los parámetros que fueron evaluados en los dos primeros tipos. Estos solamente especifican el oxígeno disuelto con 5 mg/L y el pH con el que deben cumplir siendo 6,5 y 9 el rango aproximado.

La tendencia de un amplio rango permitido en las aguas de vertimiento es la misma que para las normas anteriormente estudiadas. Estableciendo una analogía entre las aguas del tipo 1 en general y las aguas para vertimiento se encontró que parámetros como el aluminio pasan de valores de 0,2 mg/L en aguas tipo 1 a valores permisibles de 5,0 mg/L en vertimientos, esto representa alrededor de 4,8 mg/L de diferencia. En la misma medida tenemos el bario que pasa de 1,0 mg/L a 5 mg/L, los cloruros de 600 mg/L a 1000 mg/L, los detergentes y dispersantes de 1,0 mg/L a 2,0 mg/L y el hierro de 0,1 mg/L a 10 mg/L. Los únicos parámetros que permanecen constantes son el mercurio con 0,01 mg/L y el cobre con 1,0 mg/L.

Entre las aguas para vertimiento y los demás tipos de agua se puede ver una gran diferencia en el valor para grasas, aceites e hidrocarburos, debido a que el comportamiento general es ausencia de estas, sin embargo en aguas para vertimiento encontramos un valor máximo permisible de 20 mg/L. En cuanto a presencia de sólidos suspendidos, sedimentables y espumas encontramos al igual que en todos los demás tipos de agua deben estar ausentes. La temperatura máxima de descarga promedio es de 45 °C para evitar efectos secundarios en el ecosistema involucrado.

2.3 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA MÉXICO

En el plan de desarrollo de México se espera que el sector de hidrocarburos garantice el suministro a la economía de petróleo crudo, gas natural y productos derivados que requiere el país a precios competitivos, minimizando el impacto del medio ambiente con estándares de calidad internacionales. Uno de los retos más importantes consiste en detener y revertir la evolución desfavorable de las reservas de hidrocarburos. Al ritmo de producción actual, las reservas probadas de petróleo crudo se agotarán en 9.3 años y las de gas natural en 9.7 años. El campo Cantarell que actualmente aporta más de 50% de la producción nacional ha iniciado su etapa de declinación es por esto que la estrategia más evidente es fortalecer la exploración y producción de crudo y gas, la modernización y ampliación de la capacidad de refinación, especialmente la de crudos pesados, el incremento en la capacidad de almacenamiento, suministro y transporte, y el desarrollo de plantas procesadoras de productos derivados y gas.

En los primeros dos meses de 2012, los ingresos por exportación de crudo ascendieron los 7.846 millones de dólares, según datos de la Secretaría de Hacienda. Pemex perforó, en el campo Jujo, en Tabasco, el pozo horizontal más profundo de que se tenga registro en la industria y el yacimiento de Chicontepec aumentó la producción en más de 50% en el último año.

La producción actual de petróleo es aproximadamente 3,7 millones de barriles por día, asociado a este hecho, tenemos la producción de agua con un promedio de 14.8 millones de barriles de agua por día. Debido a que México produce aproximadamente tres veces la cantidad de agua que produce Colombia, es necesario tener en cuenta las legislaciones actuales de este país ya que representa un punto de partida para la valoración de la norma Colombia.

2.3.1 Ente regulador. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT²⁸, es el ente de gobierno que tiene como propósito fomentar la protección, restauración, y conservación de los ecosistemas y recursos naturales. Este organismo administra y regula el uso de los recursos naturales, vigila, en coordinación con autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las normas relacionadas con el medio ambiente y la Comisión Nacional del Agua verifica el cumplimiento de las normas, determina la calidad y cantidad de las descargas de agua residual.

2.3.2 Normas de calidad y vertimientos del agua. Las normas para la calidad del agua de México están contempladas en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano; límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

En cuanto a normas sobre vertimientos a cuerpos de agua, está contemplada en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, de enero de 1997. El objetivo de esta norma es proteger la calidad del agua y posibilitar sus usos.²⁹

El desarrollo de la norma establece que existen calidades de agua para las diferentes industrias, aquella relacionada con el petróleo es la NORMA Oficial Mexicana NOM-CCA-003-ECOL/1993. No es una norma específica para los

²⁸ ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En: [semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) [En línea] Disponible en: < <http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx>>

²⁹ DIRECCIÓN GENERAL DE AUDITORÍA DE LA GESTIÓN PÚBLICA Y DIRECCIÓN DE CONTROL Y AUDITORIA A OBRA PÚBLICA, Subdirección de control de obra. Índice de normas oficiales mexicanas (NOM). [En línea]. Disponible e: <<http://www.secotab.gob.mx/normas/Indice-NOM.pdf>>

residuos generados por la industria de extracción de petróleo y gas sino para los provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.

Para el desarrollo de la norma de vertimientos en cuerpos de agua es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones

Tabla 17. Definiciones de la norma mexicana

Parámetro	Definición
Aguas costeras	Aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.
Carga contaminante	Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales
Descarga	Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en una forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la nación.
Embalase Artificial	Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.
Embalse Natural	Vaso de formación natural que es alimentado por uno o por varios ríos o agua subterránea o pluvial.
Estuario	Es el tramo del curso del agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l
Promedio Diario	Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta.
Promedio Mensual (P.M)	Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio Diario).
Río	Corriente de agua natural, intermitente que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

Tabla 17. (Continuación)

Parámetro	Definición
Suelo	Cuerpo receptor de descarga de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.
Uso en Riego Agrícola	La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero de 1997.

Para el consumo humano, la norma está establecida entre el grupo de salud pública, mas no en calidad del agua para uso general. Por esta razón encontramos su clasificación como SSA1.

Tabla 18. Límites permisibles de calidad del agua. (México)

Características	Límite permisible
Organismos coliformes totales	Ausencia total
Color	20 Unidades de color verdadero
Olor y sabor	Agradable (Se aceptaran aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores)
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN)
Aluminio	0,20 mg/ L
Arsénico	0,01 mg/ L
Bario	0,70 mg/ L
Cadmio	0,005 mg/ L
Cianuro	0,07 mg/ L
Cloro residual	0,2 – 1,0 mg/ L
Cloruros	250 mg/ L
Cobre	2,0 mg/ L
Cromo total	0,05 mg/ L
Dureza total	500 mg/ L

Tabla 18. (Continuación)

Características	Límite permisible
Fenoles	0,001 mg/ L
Hierro	0,30 mg/ L
Fluoruros	1,50 mg/ L
Manganeso	0,15 mg/ L
Mercurio	0,001 mg/ L
Nitratos	10 mg/ L
Nitritos	0,05 mg/ L
Nitrogeno amoniacal	0,50 mg/ L
pH	6,5 – 8,5
Aldrin y Dieldrin	0,03 mg/ L
Clordano	0,20 mg/ L
DDT	1,0 mg/ L
Hexaclorobenceno	1,0 mg/ L
2,4-D	30 mg/ L
Plomo	0,01 mg/ L
Sodio	200 mg/ L
Sólidos disueltos	1000 mg/ L
Sulfatos	400 mg/ L
Tensoactivos	0,50 mg/ L
Zinc	5,0 mg/ L

Fuente: MEXICO. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", 1994.

La descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales esta especificada en las tablas 19, 20, 21, 22, 23 ,24 y 25. Todos los vertimientos a cuerpos de agua deben cumplir con los requisitos de pH y coliformes, independientemente del medio receptor.

Tabla 19. Vertimientos a cuerpos de agua. (México)

Parámetro	Valor	
pH	5,0 -10,0	
Coliformes fecales [NMP/100ml]	PM	PD
	1000	2000

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero 1997.

Tabla 20. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en ríos. (México).

Parámetros (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos					
	Uso en riego Agrícola (a)		Uso público Urbano (b)		Protección de vida acuática (c)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Temperatura °C (1)	N.A	N.A	40	40	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables(ml/l)	1	2	1	2	1	2
Sólidos suspendidos totales	150	200	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de oxígeno	150	200	75	150	30	60
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero 1997.

Donde:

(1) Medida Instantánea

(2) Muestra simple promedio ponderado

(3) Ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual; N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

Tabla 21. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en aguas costeras (México).

Parámetros (mg/L) excepto cuando se especifique)	Aguas costeras					
	Explotación pesquera, navegación y otros usos (a)		Recreación (b)		Estuarios (b)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Temperatura °C (1)	40	40	40	40	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables (ml/L)	1	2	1	2	1	2
Sólidos suspendidos totales	150	200	75	125	75	125
Demanda Bioquímica de oxígeno	150	200	75	150	75	150
Nitrógeno Total	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Fósforo Total	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A

Fuente: MÉXICO, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero, 1997.

En Donde:

(1) Muestra Instantánea

(2) Muestra simple promedio ponderado

(3) Ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual: N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

Tabla 22. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en ríos (México).

Parámetros (miligramos por litro *)	Ríos					
	Uso en riego Agrícola (a)		Uso público Urbano (b)		Protección de vida acuática (c)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuros	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobres	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Niquel	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20

Fuente: MÉXICO, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero 1997.

En donde:

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual: N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

Tabla 23. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en aguas costeras (México).

Parámetros (miligramos por litro *)	Aguas costeras					
	Explotación pesquera, navegación y otros usos (a)		Recreación (b)		Estuarios (b)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Arsénico	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cianuros	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobres	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
Niquel	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero, 1997.

En donde:

(*) Medidos de manera Total

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual; N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

Tabla 24. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos en suelos, embalses naturales y artificiales (México).

Parámetros (mg/L, excepto cuando se especifique)	Embalses naturales y artificiales				Suelo			
	Uso en riego agrícola (b)		Uso público urbano (c)		Uso en riego agrícola (a)		Humedales naturales (b)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Temperatura °C (1)	40	40	40	40	N.A	N.A	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ause nte	Ause nte	Ause nte	Ause nte	Ause nte	ause nte	Ause nte	Ause nte
Sólidos sedimentables(ml/l)	1	2	1	2	N.A	N.A	1	2
Sólidos suspendidos totales	75	125	40	60	N.A	N.A	75	125
Demanda Bioquímica de oxígeno	75	150	30	60	N.A	N.A	75	150
Nitrógeno Total	40	60	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A
Fósforo Total	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero, 1997.

En donde:

(1) Instantáneo

(2) Muestra simple promedio ponderado

(3) Ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual; N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

Tabla 25. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuro en suelos, embalses naturales y artificiales (México).

Parámetros (miligramos por litro *)	Embalses naturales y artificiales				Suelo			
	Uso en riego agrícola (b)		Uso público urbano (c)		Uso en riego agrícola (a)		Humedales naturales (b)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.005	0.1	0.1	0.2
Cianuros	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobres	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01
Niquel	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20

Fuente: MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero 1997.

En donde:

(*) Medidos de manera Total

P.D = Promedio Diario; P.M = Promedio Mensual; N.A = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de cuerpo receptor según la ley federal de Derechos.

2.3.3 Análisis de las normas. La legislación para este país es un poco más específica en cuanto a los parámetros que deben cumplir los vertimientos, no es una ley general como se vio en Colombia y en Venezuela sino que depende de la calidad del cuerpo receptor. Por lo tanto existen diferentes calidades para ríos, aguas costa afuera, suelos y embalses naturales y artificiales. La clasificación A, B y C, hace referencia a aquella que se le dio geográficamente a los recursos hídricos.

La diferencia más evidente radica en el análisis para los componentes, México solo tiene en cuenta propiedades físicas, metales pesados y cianuro mientras que los otros países estudiados dan importancia a una amplia lista de componentes para ser vertidos. Esto representa un aspecto desfavorable para el medio ambiente, pues es necesario el estudio detallado de componentes que generan un impacto directo sobre la salud humana y el ecosistema directamente relacionado. Este factor hace que la norma en si sea flexible y poco funcional. En cuanto a la calidad de los vertimientos, si se compara con la calidad del agua potable, realmente la diferencia entre los rangos aceptables no son muy amplios, alrededor de 0,01 mg/L para mercurio, y 0,3 para arsénico, plomo, cromo y cadmio. En general estos elementos pueden causar daños al material genético de animales y humanos, por lo que en agua potable presentan un valor permisible muy alto.

Realizando un análisis comparativo entre los distintos vertimientos se encontró que parámetros como cantidad de grasas y aceites permanecen constantes en cada una de las clasificaciones, cuyo valor para un promedio diario es de 25 mg/L y 15 mg/L para un promedio mensual. Otros permanecen constantes como son los sólidos sedimentables con valores de 1 mg/L para un promedio mensual y material flotante el cual debe estar completamente ausente. Parámetros como sólidos suspendidos totales no aplica para la clasificación de suelos, lo mismo ocurre con la demanda bioquímica de oxígeno.

En general para cada una de las clasificaciones de vertimientos, el rango de aceptación no es muy variable alrededor de 0,1 mg/L por parámetro. Aunque se podría decir que debido a ser una norma para vertimiento, lo hace en base a las calidades del agua receptoras, los rangos no son muy diferentes a los establecidos para vertimientos en otras legislaciones que no tienen en cuenta las calidades de los cuerpos receptores.

2.4 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA BRASIL

Brasil ha estado en la mira del mundo entero porque mientras las economías más ricas del mundo cayeron durante la crisis entre 2006 y 2009, la de Brasil creció en un 5% y ha seguido su crecimiento hasta alcanzar un 7,5% actual.

Con una población que hoy supera los 191 millones de habitantes, es el quinto país en número de habitantes mundialmente. El ascenso de la clase social media ha permitido un aumento de las rentas y por consiguiente un aumento significativo del consumo, este fuerte crecimiento ha dejado el desempleo como un factor casi nulo.

En 2008 Brasil era el décimo primer país productor mundial de petróleo con unos 2,4 millones de barriles por día y consumía más de lo que producía, es decir no era autosuficiente, sin embargo hoy Petrobras es la quinta mayor petrolera integrada del mundo por valor de mercado y planea casi triplicar su producción a 6,4 millones de barriles de petróleo y gas natural equivalente por día al 2020, según los planes de inversión de la compañía.

La producción de Petrobras en Brasil, sumada a la de compañías como OGX Petróleo, Shell, Chevron y BP, impulsarán el bombeo de crudo y gas natural del país a más de 7 millones de barriles por día, lo cual le permitirá a Brasil desafiar a

Estados Unidos como el tercer productor mundial de petróleo después de Rusia y Arabia Saudita.

La producción de petróleo es aproximadamente de 2 millones de barriles por día acompañada por los 6 millones de barriles de agua por día. Este hecho significa un reto para la generación de tecnologías y promoción de estudios que permitan solucionar el manejo del agua y darle un uso en pro del medio ambiente.

2.4.1 Ente regulador. El ente regulador de calidad del agua y liberación de contaminantes en el medio ambiente de Brasil es el consejo nacional de medio ambiente CONAMA, al cual fue conferido el uso de sus facultades por el artículo 6 y 8 de la ley 6938 el 31 de agosto de 1981. Para aplicación de la política se crea el Sistema Nacional del Medio Ambiente (SISNAMA)³⁰.

La Agencia Nacional de Aguas (ANA) tiene la misión de implementar y coordinar la gestión compartida y la gestión integrada de los recursos hídricos, promover su uso sostenible para beneficio de las generaciones presentes y futuras. La agencia nacional de vigilancia sanitaria (ANVISA)³¹ tiene como finalidad promover la protección de la salud de la población por intermedio del control sanitario de la producción y de la comercialización de productos y servicios.

2.4.2 Normas de calidad y vertimiento del agua. Esta norma distingue la clasificación entre agua dulce, salobre y salada en defensa de los niveles de calidad y evaluación por patrones específicos a fin de garantizar sus principales

³⁰ BRASIL. SISNAMA. Sistema Nacional del Medio Ambiente. En: mma.gov.br [En línea] Disponible en: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm>>

³¹ BRASIL. ANVISA. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. [En línea] Disponible en: <<http://www.anvisa.gov.br/esp/index.htm>>

usos, en esta medida encontramos algunas definiciones necesarias para el desarrollo del capítulo.

Tabla 26. Definiciones de la norma brasilera

Parámetros	Definición
Agua dulce	Agua con salinidad inferior o igual a 0.5%
Agua salobre	Agua con salinidad superior a 0.5 y menos a 30%
Agua salina	Agua con salinidad inferior al 30%
Carga contaminante	Cantidad de contaminante transportado o liberado en un cuerpo de agua receptor expresado en masa por unidad de tiempo
Categoría de calidad	Conjunto de condiciones y normas de calidad de las aguas necesarias para cuidar de los usos principales, presentes o futuras.
Condición de calidad	Segmento de calidad por un cuerpo de agua en un determinado momento en términos de posibles usos con una seguridad adecuada
Condiciones de lanzamiento	Condiciones y normas de emisión adoptadas para el control de las emisiones en el efluente receptor

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

La norma contempla una clasificación detallada para cada tipo de agua existente y le asigna parámetros de calidad individuales para ser evaluados. En todas las clases especiales se deben mantener las condiciones naturales del cuerpo de agua, además los vertimientos están prohibidos, por esta razón no tiene tabla de parámetros a seguir.

a. AGUA DULCE

El agua dulce se clasifica en:

- **Clase especial:** Suministro para el consumo humano, equilibrio natural y conservación de ambientes acuáticos
- **Clase 1:** Suministro para el consumo humano tras su tratamiento simplificado, recreación de contacto primario y uso en riegos.

En esta categoría la calidad del agua establece que los materiales incluidos o espumas no naturales deben estar ausentes, igualmente las grasas y aceite y aquellas sustancias que comunican sabor u olor. El pH debe permanecer en un rango de 6 a 9 y los demás parámetros son los contemplados en la siguiente tabla.

Tabla 27. Clase 1 de aguas dulces (Brasil)

Parámetros	Valor máximo
Clorofila	10 µg/l
Densidad de cianobacterias	20000 células/ ml o 2mm ³ /l
Sólidos disueltos totales	500 mg/l
Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Aluminio disuelto	0,1 mg/L
Antimonio	0,005 mg/L
Arsénico total	0,01 mg/L
Bario total	0,7 mg/L
Boro total	0,5 mg/L
Cadmio total	0,001 mg/L
Cianuro	0,005 mg/L
Cloruros	250 mg/L
Cloro residual total	0,01 mg/L
Cobalto total	0,05 mg/L
Cobre disuelto	0,009 mg/L

Tabla 27. (Continuación)

Parámetros	Valor máximo
Cromo total	0,05 mg/L
Hierro disuelto	0,3 mg/L
Fluoruro total	1,4 mg/L
Fósforo total (Ambiente léntico)	0,020 mg/L
Fósforo total (ambiente intermediario con tiempo de residencia entre 2 y 40 días)	0,025 mg/L
Fosforo total (ambiente lótico de ambientes intermediarios)	0,1 mg/L
Litio total	2,5 mg/L
Manganeso total	0,1 mg/L
Mercurio total	0,0002 mg/L
Níquel total	0,025 mg/L
Nitrato	10,0 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L
Nitrógeno amoniacal total	3,7 mg/l N para pH ≤ 7,5 2,0 mg/l N para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/l N para pH > 8,5
Plata total	0,01 mg/L
Selenio total	0,01 mg/L
Sulfato total	250 mg/L
Sulfuro (H ₂ S disociado)	0,002 mg/L
Uranio total	0,02 mg/L
Vanadio total	0,1 mg/L
Zinc total	0,18 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Acrilamida	0,5 µg/l
Alaclor	20 µg/L
Aldrin + dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benceno	0,005 mg/L
Bencidina	0,001 µg/L
Benzo antraceno	0,05 µg/L
Benzo pireno	0,05 µg/L
Benzo fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano	0,04 µg/L
2- clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton	0,1 µg/L

Tabla 27. (Continuación)

Parámetros	Valor máximo
Dibenzo	0,05 µg/L
1,2- Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1 –Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4 Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenceno	90,0 µg/L
Fenoles	0,003 mg/l
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido	0,01 µg/L
Hexaclorobenceno	0,006 µg/L
Indeno (1,2,3- CD) Pireno	0,05 µg/L
PCBs	0,001 µg/L
Tetracloruro de carbono	0.002 µg/L
Triclorobenceno	0,02 mg/L
Tensoactivos	0,5 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Xileno	300 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

En los lugares donde se realicen actividades de agricultura o pesca con regularidad se deben seguir los parámetros de calidad del agua citados en la siguiente tabla y aquellos que no estén contemplados en esta sección serán evaluados con los parámetros de la tabla anterior.

Tabla 28. Clase 1 de aguas dulces para pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsenio total	0,14 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Bencidina	0,0002 µg/L
Benzo (a) antraceno	0,018 µg/L
Benzo (a) pireno	0,018 µg/L
Benzo (b) fluorateno	0,018 µg/L
benzo (k) fluorateno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018 µg/L
3,3. Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido+heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenceno	0,00029 µg/L
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,018 µg/L
PCB _s – Bifemilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetraclorureto de carbono	1,6 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,6- triclorofenol	2,4 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- **Clase 2:** suministro para consumo humano luego de tratamiento convencional, acuicultura y actividades pesqueras.

En dicha categoría se siguen los parámetros de control de agua de la clase 1 excepto que no se permiten tintes que no pueden ser eliminados por proceso de coagulación, sedimentación o filtración convencional. La densidad de las cianobacterias es de 50.000 células /ml, la concentración de fósforo debe ser de 0,30 mg/L, La turbidez de 100 UNT, la clorofila 30 µg/L y un pH de 6 a 9.

- **Clase 3:** suministro para consumo humano después de tratamiento convencional y avanzado, recreación de contacto secundario y alimento para animales.

No se permiten materiales flotantes o espumas no naturales, igualmente las grasas y aceites deben estar prácticamente ausentes al igual que las sustancias que comunican sabor u olor. El pH debe permanecer en un rango de 6 a 9.

Tabla 29. Clase 3 de aguas dulces (Brasil)

Parámetros	Valor máximo
Clorofila	60 µg/L
Densidad de cianobacterias	10.000 células/ ml
Sólidos disueltos totales	500 µg/L
Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Aluminio disuelto	0,2 mg/L
Arsénico total	0,033 mg/L
Bario total	1.0 mg/L
Boro total	0,75 mg/L
Cadmio total	0,01 mg/L
Cianuro libre	0,022 mg/L
Cloruros	250 mg/L
Cobalto total	0,2 mg/L
Cobre disuelto	0,013 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L
Hierro disuelto	5,0 mg/L
Fluoruro total	1,4 mg/L
Fósforo total (Ambiente léntico)	0,05 mg/L
Fósforo total (ambiente intermediario con tiempo de residencia entre 2 y 40 días)	0,075 mg/L
Fosforo total (ambiente lótico de ambientes intermediarios)	0,15 mg/L

Tabla 29. (Continuación)

Parámetros	Valor máximo
Litio total	2,5 mg/L
Manganeso total	0,5 mg/L
Mercurio total	0,002 mg/L
Níquel total	0,025 mg/L
Nitrato	10,0 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L
Nitrógeno amoniacal total	13,3 mg/l N para pH ≤ 7,5 5,6 mg/l N para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 mg/L N para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 mg/l N para pH > 8,5
Plata total	0,05 mg/L
Selenio total	0,05 mg/L
Sulfato total	250 mg/L
Sulfuro (H ₂ S disociado)	0,3 mg/L
Uranio total	0,02 mg/L
Vanadio total	0,1 mg/L
Zinc total	5 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Aldrin + dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benceno	0,005 mg/L
Benzo pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
Demeton	14,0 µg/L
1,2- Dicloroetano	0,01 µg/L
1,1 –Dicloroetano	30 mg/L
DDT	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan	0,22 µg/L
Endrina	0,004 µg/L
Fenoles	0,01 mg/L
Glifosato	280 µg/L
Gution	0,03 µg/L
Heptacloro epóxido	0,03 µg/L
PCBs	0,001 µg/L

Tabla 29. (Continuación)

Parámetros	Valor máximo
Tensoactivas sustancias que reaccionan con el azul de metileno	0,5mg/L
Tetracloruro de carbono	0.003 µg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Tricloroetano	0,01 mg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- **Clase 4:** navegación y armonía del paisaje

En esta categoría el material flotante incluido la espuma no natural debe estar ausente, el olor y la apariencia debe representar un parámetro no desagradable, aquellas sustancias que sean fácilmente sedimentables son permitidas, sin embargo se debe tener precaución debido a que podrían ser sedimentadas en los canales de navegación. En cuanto a aceites y grasas son tolerados en proporciones casi nulas, el pH debe estar en un rango de 6 a 9 el oxígeno disuelto debe ser superior a 2,0 mg/L y los fenoles totales no deben exceder 1,0 mg/L.

b. AGUA SALINA

Las aguas salinas se clasifican en:

- **Clase especial:** conservación de los ambientes acuáticos y preservación del equilibrio natural.
- **Clase 1:** agua para recreación de contacto primario, acuicultura y actividades pesqueras.

En esta clasificación los materiales flotantes deben permanecer ausentes, al igual que aceite, grasas, sustancias que producen olor y turbidez y aquellos residuos sólidos objetables. El pH debe permanecer en un rango de 6,5 a 8,5, y el Oxígeno disuelto no debe ser menor a 6 mg/L.

Tabla 30. Clase 1 de aguas salinas (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Aluminio disuelto	1,5 mg/L
Arsenio total	0,01 mg/L
Bario	1,0 mg/L
Berilio total	5, 3mg/L
Boro total	5,0 mg/L
Cadmio total	0,001 mg/L
Plomo total	0,01 mg/L
Cianuro libre	0,001 mg/L
Cloro residual total (combinado + libre)	0,01 mg/L
Cobre disuelto	0,005 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L
Hierro disuelto	0,3 mg/L
Flúor total	1,4 mg/L
Fosforo total	0,062 mg/L
Manganeso total	0,1 mg/L

Tabla 30. (Continuación)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Mercurio total	0,0002 mg/L
Níquel total	0,025 mg/L
Nitrato	0,40 mg/L
Nitrito	0,07 mg/L
Nitrógeno amoniacal	0,40 mg/L
Poli fosfatos	0,031 mg/L
Plata total	0,005 mg/L
Selenio total	0,01 mg/L
Sulfuros (H ₂ S disociado)	0,002 mg/L
Talio total	0,1 mg/L
Uranio total	0,5 mg/L
Zinc total	0,09 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Aldrin+ Dieldrin	0,0019 µg/L
Benceno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis+trans)	0,004 µg/L
2,4- D	30,0 µg/L
DDT (p.p – DDT+ p.p DDE + p.p DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton o + demeton s)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrina	0,004 µg/L
Etilbenceno	25 µg/L
Fenoles totales	60 µg/L
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ – HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenceno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCB _s - Bifenilas policloradas	0,03 µg/L
Sustancias tensoactivas que reaccionen con azul de metileno	0,2 mg/L
2,4,5 T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,3,4 TP	10,0 µg/L

Tabla 30. (continuación)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Tributiestaño	0,01 µg/L
Triclorobenceno	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

En aquellos lugares en donde se practique pesca o actividades agrícolas intensivas deben acatar los parámetros contemplados en la siguiente tabla. Aquellos parámetros que no se presentan en la siguiente sección se consideran los mismos de la tabla anterior.

Tabla 31. Clase 1 de agua salina, donde hay pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsénico total	0,14 µg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Benceno	51 µg/L
Bencidina	0,0002 µg/L
Benzo (a) antraceno	0,018 µg/L
Benzo (a) pireno	0,018 µg/L
Benzo (b) fluorateno	0,018 µg/L
benzo (k) fluorateno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018 µg/L
3,3. Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido+heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenceno	0,00029 µg/L
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,018 µg/L
PCBs – Bifenilos policloradas	0,000064 µg/L

Tabla 31. (Continuación)

Parámetros orgánicos	Valor máximo
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
Toxafeno	0,00028 µg/L
2,4,6- triclorofenol	2,4 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- **Clase 2:** Pesca recreativa y recreación de contacto secundario

Tabla 32. Clase 2 de aguas salinas (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsénico total	0,069 mg/L
Cadmio total	0,04 mg/L
Plomo total	0,21 mg/L
Cianuro libre	0,001 mg/L
Cloro residual total	19 µg/L
Cobre disuelto	7,8 µg/L
Cromo total	1,1 mg/L
Fosforo total	0,093 mg/L
Mercurio total	1,8 µg/L
Níquel total	74 µg/L
Nitrato	0,70 mg/L
Nitrito	0,20 mg/L
Nitrógeno amoniacal	0,70 mg/L
Poli fosfatos	0,0465 mg/L
Selenio total	0,29 mg/L
Zinc total	0,12 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Aldrin+ Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis+trans)	0,09 µg/L
DDT (p.p – DDT+ p.p DDE + p.p DDD)	0,13 µg/L
Endrina	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + heptacloro	0,053 µg/L

Tabla 32. (Continuación)

Parámetros orgánicos	Valor máximo
Lindano (γ – HCH)	0,16 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	13,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,210 $\mu\text{g/L}$
Tributietaño	0,37 $\mu\text{g/L}$

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- **Clase 3:** aguas para navegación y armonía del paisaje

Para esta clasificación los materiales flotantes incluidos espumas no naturales deben ser totalmente eliminados, los aceites y grasas prácticamente ausentes al igual que los residuos sólidos objetables. El pH debe estar en un rango de 6,5 a 8,5 y no debe presentar un cambio natural de pH superior a 0,2 unidades, el oxígeno disuelto debe ser menor a 4 mg/L.

c. AGUA SALOBRE

Las aguas salobres se clasifican en:

- **Clase especial:** conservación de ambientes acuáticos y preservación del equilibrio natural.
- **Clase1:** recreación de contacto primario, acuicultura, actividades pesqueras, riego de plantas y hortalizas y suministro para el consumo humano tras tratamiento convencional o avanzado.

En esta clasificación los materiales flotantes incluidos espumas no naturales deben ser totalmente eliminados, los aceites y grasas prácticamente ausentes al igual que los residuos sólidos objetables. El pH debe estar en un rango de 6,5 a 8,5, el oxígeno disuelto debe ser menos a 5 mg/L

Tabla 33. Clase 1 de aguas salobres (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Aluminio disuelto	0,1 mg/L
Arsénico total	0,01 mg/L
Berilio total	5, 3 µg/L
Boro total	0,5 mg/L
Cadmio total	0,005 mg/L
Plomo total	0,01 mg/L
Cianuro libre	0,001 mg/L
Cloro residual total	0,01 mg/L
Cobre disuelto	0,005 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L
Hierro disuelto	0,3 mg/L
Flúor total	1,4 mg/L
Fosforo total	0,124 mg/L
Manganeso total	0,1 mg/L
Mercurio total	0,0002 mg/L
Níquel total	0,025 mg/L
Nitrato	0,40 mg/L
Nitrito	0,07 mg/L
Nitrógeno amoniacal	0,40 mg/L
Poli fosfatos	0,062 mg/L
Plata total	0,005 mg/L
Selenio total	0,01 mg/L
Sulfuros (H ₂ S disociado)	0,002 mg/L
Zinc total	0,09 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Aldrin+ Dieldrin	0,0019 µg/L
Benceno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis+trans)	0,004 µg/L
2,4- D	30,0 µg/L

Tabla 33. (Continuación)

Parámetros orgánicos	Valor máximo
DDT (p.p – DDT+ p.p DDE + p.p DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton o + demeton s)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrina	0,004 µg/L
Etilbenceno	25 µg/L
Fenoles	0,003 mg/L
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ – HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenceno	25 µg/L
Paratión	0,04 µg/L
PCB _s - Bifenilas policloradas	0,03 µg/L
Sustancias tensoactivas	0,2 µg/L
2,4,5 T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,3,4 TP	10,0 µg/L
Tributiastaño	0,01 µg/L
Triclorobenceno	80 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

En aguas salobres donde se practica la pesca o cultivos de organismos se deben seguir parámetros adicionales a la sección anterior, descritos en la siguiente tabla.

Tabla 34. Clase 1 para aguas salobres, pesca o cultivo de organismos con fines de consumo intensivo (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsenio total	0,14 µg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Benceno	51 µg/L
Bencidina	0,0002 µg/L
Benzo (a) antraceno	0,018 µg/L
Benzo (a) pireno	0,018 µg/L
Benzo (b) fluorateno	0,018 µg/L
benzo (k) fluorateno	0,018 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo (a,h) antraceno	0,018 µg/L
1,1 Dicloroetano	3,0 µg/L
1,2 Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3. Diclorobencidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido+heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenceno	0,00029 µg/L
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,018 µg/L
PCB _s – Bifemilas policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tricloroetano	30 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
2,4,6- triclorofenol	2,4 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- **Clase 2:** pesca recreativa y recreación de contacto secundario

Tabla 35. Clase 2 de aguas salobres (Brasil)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsénico total	0,069 mg/L
Cadmio total	0,04 mg/L
Cianuro libre	0,001 mg/L

Tabla 35. (Continuación)

Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Plomo	0,210 mg/L
Cloro residual	19 µg/L
Cobre	7,8 µg/L
Fósforo total (Ambiente léntico)	0,186 mg/L
Mercurio total	1,8 µg/L
Níquel total	74 µg/L
Nitrato	0,70 mg/L
Nitrito	0,20 mg/L
Polifosfatos	0,093 mg/L
Nitrógeno amoniacal total	0,70 mg/L
Selenio total	0,29 mg/L
Zinc total	0,12 mg/L
Parámetros orgánicos	Valor máximo
Aldrin + dieldrin	0,03 µg/L
Clordano	0,09 µg/L
DDT	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido	0,053 µg/L
Lindano	0,5 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestaño	0,37 µg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

- Clase 3:** navegación y armonía del paisaje
 En las especificaciones de esta sección no se deben tener materiales flotantes, ni sustancias que produzcan color, olor o turbidez al agua. Los aceites y grasas son permitidos pero en concentraciones casi nulas y el pH debe estar entre 5 y 9.

Considerando el art. 43, CONAMA N° 357, de 17 de marzo de 2005, establece que el vertimiento continuo de agua como proceso de producción en plataformas marítimas de petróleo y gas natural será objeto de resolución específica.

A los efectos de este decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad para la presentación de aguas residuales.

Tabla 36. Vertimientos de aguas residuales (Brasil)

Parámetros	Valor máximo
Ph	5-9
Temperatura	Menor a 40°C
Material flotante	Nulo
Materiales sedimentables	1 mg/L
Grasas y aceites	Aceites minerales: 20 mg/L Aceites vegetales y grasas animales: 50 mg/L
Parámetros inorgánicos	Valor máximo
Arsénico total	0,5 mg/L
Bario total	5,0 mg/L
Boro total	5,0 mg/L
Cadmio total	0,2 mg/L
Cianuro	0,2 mg/L
Plomo	0,5 mg/L
Cobre disuelto	1,0 mg/L
Cromo total	0,5 mg/L
Hierro disuelto	15 mg/L
Fluoruro total	10 mg/L
Manganeso total	1,0 mg/L
Mercurio total	0,01 mg/L
Níquel total	2,0 mg/L
Nitrógeno amoniacal	20,0 mg/L
Plata total	0,1 mg/L
Selenio total	0,30 mg/L
Sulfuro total	1,0 mg/L
Zinc total	5,0 mg/L

Tabla 36. (Continuación)

Parámetros orgánicos	Valor máximo
Cloroformo	1,0 mg/l
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenoles	0,5 mg/L
Tetracloruro de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1 ,0 mg/L

Fuente: BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2005.

2.4.3 Análisis de las normas. Realizando una comparación entre las aguas de clase 1 para salobres, salinas y dulces se encontraron pocas diferencias, realmente el impacto que tienen las concentraciones en microgramos es leve y se ve reflejado en muchos de los parámetros evaluados en la norma.

Sin embargo parámetros como el boro presentan un gran diferencia al pasar de valores de 0,5 mg/L en aguas dulces y salobres a valores de 5,0 mg/L en aguas salinas, igualmente el aluminio, que pasa de valores de 0,1 mg/L en dulces y salobres a 1,5 mg/L en salinas. Parámetros como el arsénico, el cloro, cromo, hierro, flúor fosforo mercurio y níquel permanecen constantes en los tres tipos de aguas. Algunos otros varían aproximadamente 0,01 mg/L como le ocurre al cromo, cianuro y cobre. La concentración para el fosforo en aguas dulces depende del medio en el que se encuentre, si es lotico o lentic, mientras que en aguas salinas y salobres es un valor específico que no varía mucho entre clasificación. Para aguas salinas y salobres el valor permitido de benceno es de 700 µg/L mientras que en aguas dulces es de 0,005 mg/L.

Comparando los parámetros de las aguas dulces y los parámetros para las aguas de vertimiento se encuentra que en el arsénico pasa de valores de 0,01 mg/L en

aguas dulces a 0,5 mg/L en aguas para vertimiento. En bario de 0,7 a 5,0 mg/L, en boro de 0,5 a 5,0 mg/L, en cadmio de 0,001 a 0,2 mg/L, cianuro de 0,005 a 0,2 mg/L, en cobre de 0,009 a 1,0 mg/L y en fenoles de 0,003 a 0,5 mg/L. Esto representa un rango bastante amplio para el cumplimiento de la norma, alrededor de 2 0 3 mg/L por encima de los valores máximos para el agua dulce.

El pH permanece prácticamente constante para toda la clasificación, este valor se mantiene entre 6 y 9 y la temperatura que se establece para el vertimiento es de máximo 40 °C lo cual asegura que los ecosistemas involucrados no se vean afectados.

2.5 NORMATIVIDAD VIGENTE PARA ESTADOS UNIDOS

El petróleo es, quizá, la materia prima estratégica para el desarrollo económico y para el potencial militar de los países, particularmente de Estados Unidos.

Estados Unidos tiene una población cercana a los 314 millones de habitantes y una producción de 9 millones de barriles de crudo por día. Es el tercer país productor mundial después de Arabia Saudí con 9 millones 800 mil barriles por día y Rusia 10 millones de barriles por día. El consumo interno es de 18,9 millones de barriles por día y las exportaciones están alrededor de 1,704 millones de barriles diarios. Las reservas probadas suponen un promedio de 19,12 miles de millones de barriles.

Naciones industrializadas que son grandes consumidores de hidrocarburos han tenido que desarrollar diplomacias petroleras eficaces y activas debido a no contar con abundantes reservas, a través de los años han formulado esquemas de colaboración con otros países productores con los que han asegurado el

abastecimiento de energía. Al mismo tiempo que ha explotado su propia riqueza como es el caso de los estados de California y Texas. Gracias a la diplomacia petrolera activa de USA cuenta con el abastecimiento seguro de petróleo por parte de Canadá y México.

2.5.1 Ente regulador. La EPA³² (Environmental Protection Agency) es el ente que desarrolla y hace cumplir las regulaciones que implantan las leyes ambientales establecidas por el Congreso. Es responsable de investigar y establecer estándares nacionales para vertimientos, además delega a los estados las responsabilidades para otorgar permisos, supervisar y hacer cumplir las regulaciones. Hasta la fecha, la EPA ha establecido normas para más de 50 categorías industriales diferentes. Estas pautas aparecen en la sección 40 CFR desde el punto 405 hasta el punto 499. La parte 435 es la categoría de extracción de petróleo y gas.

2.5.2 Norma de vertimiento del agua. Estados Unidos está regido por la ley de agua limpia (CWA)³³. Exige que todas las descargas de fuentes puntuales en los cuerpos de agua obtengan un permiso bajo el National Pollutant Discharge Elimination System, con el fin de regular el vertimiento de contaminantes y proteger la salud pública y el medio acuático.

Las descargas de aguas residuales provenientes de fuentes industriales pueden contener contaminantes que podrían afectar la calidad de las aguas receptoras. El programa de permisos NPDES establece requisitos específicos para los vertidos

³² Información adicional: EPA [En línea] Disponible en: < <http://www.epa.gov/espanol/>>

³³ EPA. National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) En: Clean water act. [En línea] Disponible en: < http://cfpub.epa.gov/npdes/cwa.cfm?program_id=45>

procedentes de fuentes industriales y dependiendo del tipo de instalación industrial o comercial que opere, más de un programa NPDES se puede aplicar.

Las regulaciones nacionales aplicables a los vertidos de aguas residuales industriales de base tecnológica establece limitaciones numéricas para los contaminantes específicos en varios niveles de control: las mejores técnicas disponibles, BPT, BCT, NSPS, o el PSES. Las limitaciones de los efluentes se basan en el rendimiento de las tecnologías específicas, pero las regulaciones no requieren el uso de una tecnología de control específica.

En la tabla 37 se encuentran las definiciones necesarias para la comprensión de la norma y tecnologías existentes que la rigen.

Tabla 37. Definiciones de la norma de Estados Unidos

Parámetros	Definiciones
Punto de origen	Se entiende por todo medio de transporte. Cualquier tubería, zanja, canal, túnel, conducto, pozo, fisura discreta, contenedor, material rodante, explotación concentrada, buque o otra embarcación flotante, de donde los contaminantes son o pueden ser arrojados.
Nueva fuente	Se entiende por toda estructura, instalación que puede ser la descarga de contaminantes, cuya construcción haya comenzado después de la publicación de estos reglamentos
BPT	Mejor tecnología de control disponible actualmente practicable
BCT	La mejor tecnología convencional de control de contaminantes
BAT	La mejor tecnología disponible económicamente viable.
NSPS	Nuevos Estándares de Desempeño para Fuentes, reflejan la reducción de los efluentes que se pueden conseguir sobre la base de la mejor tecnología disponible de control demostrado. Las nuevas fuentes tienen la oportunidad de instalar los procesos de producción mejores y más eficientes y tecnologías de tratamiento de aguas residuales. Como resultado, NSPS debe representar los controles más estrictos alcanzables mediante la aplicación de la mejor tecnología disponible de control

Tabla 37. (Continuación)

Parámetros	Definiciones
PSNS	Normas de Pre tratamiento para Fuentes de Energía Nuevas (PSN), están basadas en la tecnología que se aplica a las normas de vertimientos a las obras de tratamiento de propiedad pública (POTW) a partir de categorías específicas de la industria (es decir, las descargas indirectas). Están diseñados para evitar que las descargas de contaminantes que puedan interferir o que sean incompatibles con el funcionamiento de POTW.
PSES	Están basados en la tecnología que se aplican las normas de vertidos a las obras de tratamiento de propiedad pública (POTW) a partir de categorías específicas de la industria (es decir, las descargas indirectas). Están diseñados para evitar la descarga de contaminantes que pueden interferir con o que sean incompatibles con el funcionamiento de la estación de depuración.
BMP	Mejores Prácticas de Manejo (MPM) se define como una condición de permiso de utilizar en lugar de o junto con las limitaciones de efluentes para prevenir o controlar la descarga de contaminantes. BMPs pueden incluir un cronograma de actividades, la prohibición de las prácticas, los procedimientos de mantenimiento, o la práctica de gestión.
Líquido Base	significa la fase continua o medio de suspensión de una formulación de fluido de perforación
M9IM	Las instalaciones en alta mar con dotación permanente por nueve (9) personas o menos, o sólo de manera intermitente atendidos por cualquier número de personas.
M10	Las instalaciones en alta mar con dotación permanente por diez (10) o más personas.
Aceites y Grasas	Total de petróleo y grasa recuperable.
Arena producida	Las arenas y partículas acumuladas de la formación generadas durante la producción
Agua de producción	Por lo general salmuera se extrae de los estratos que contienen hidrocarburos en la extracción de petróleo y gas, y puede incluir el agua de formación, de inyección, y cualquier adición de productos químicos de fondo de pozo o durante el proceso de separación aceite / agua.
Residuos sanitarios	Los residuos del cuerpo humano descarga de los inodoros y urinarios localizados dentro de las instalaciones

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996

a. OFFSHORE

Se refiere a todas las instalaciones que se encuentran en altamar en estas se permite el vertimiento de las aguas de producción. El contaminante de interés principal es el aceite y la grasa. En contraste con las operaciones en tierra, es que la salinidad no representa una preocupación para los vertidos en alta mar.

Esta sub categoría tiene en cuenta al agua producida de hasta 4.000 plataformas de Estados Unidos. La mayoría del agua marina producida se vierte al océano, en donde el principal contaminante son las grasas y aceites.

Tabla 38. Limitaciones a efluentes BPT para grasas y aceites (U.S.A)

Fuente de residuos contaminación	Límite máximo por un día (mg/L)	Promedio máximo durante 30 días consecutivos	Mínimo de cloro residual para todo 1 día
Agua de producción	72	48	NA
Aguas lluvia	(1)	(1)	NA
Fluidos de perforación	(1)	(1)	NA
Ripios de perforación	(1)	(1)	NA
Fluidos de tratamiento	(1)	(1)	NA
INTERÉS SANITARIO			
M10	NA	NA	(2) (1)
M9IM3	NA	NA	NA
Doméstico	NA	NA	NA

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

En donde: (1): No hay descarga de aceite en forma libre y (2): Mínimo de 1 mg / l de aceite libre y debe mantenerse lo más cercano a esta

Tabla 39. Limitaciones a efluentes BAT para grasas y aceites (U.S.A)

Residuos contaminantes	Parámetros contaminantes (mg/l)	BAT limitaciones de efluentes
Agua de producción	Grasas y aceites	El máximo para cualquier día no excederá de 42 mg / l, el promedio de los valores diarios durante 30 días consecutivos no será superior a 29 mg / l.
Fluidos y rípios de perforación		
(A) Para instalaciones ubicadas dentro de 3 millas de la costa		No hay vertimiento
B) Para instalaciones situadas más allá de 3 millas de la costa; (fluidos de perforación base agua)	Aceite Libre	No hay vertimiento
	Diesel	No hay vertimiento
	Mercurio	1 mg/kg de peso máximo seco en la barita
	Cadmio	3 mg/kg de peso máximo seco en la barita.
B) Para instalaciones situadas más allá de 3 millas de la costa; (fluidos de perforación base aceite)		No hay vertimiento
B) Para instalaciones situadas más allá de 3 millas de la costa; (rípios de perforación con fluidos base aceite)		No hay vertimiento
Todas la áreas costeras excepto Cook Inlet		No hay vertimiento
Cook Inlet	Grasas y aceites	El máximo para cualquier día no será superior a 42 mg/l, y el promedio de 30 días no será superior a 29 mg / l.
Arena Producida		No hay vertimiento
Agua lluvia	Aceite libre (3)	No hay vertimiento
Residuos domésticos	Espuma	No hay vertimiento

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

En donde (3) es determinado por la presencia de una película o brillo sobre una decoloración de la superficie de las aguas receptoras (brillo visual).

Tabla 40. Limitaciones a efluentes BCT (U.S.A)

Residuos contaminantes	Parámetros contaminantes (mg/l)	Limitaciones de efluentes bct
Agua de producción (todas las facilidades)	Grasas y aceites	El máximo para un día cualquiera no excederá de 72 mg/l, y el promedio de 30 días no podrá exceder de 48 mg / l.
FLUIDOS, RIPIOS DE PERFORACIÓN Y TRATAMIENTO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS		
Todas las facilidades excepto Cook Inlet		No hay vertimiento
Cook Inlet	Aceite Libre en fluidos de perforación base agua, rípios y sólido en suspensión	No hay vertimiento (2)
	Aceite Libre en fluidos de perforación base aceite y sólido en suspensión	No hay vertimiento
	Rípios asociados con fluidos de perforación base aceite	No hay vertimiento (2)
Fluidos de tratamiento, Workover y completamiento		No hay vertimiento (2)
Arena producida		No hay vertimiento
Agua lluvia	Aceite libre (3)	No hay vertimiento
CORRIENTE SANITARIA		
Sanitaria M10	Cloro residual	Mínimo 1 mg/L manteniéndose cerca de los valores establecidos
Sanitaria M9IM	Sólidos suspendidos	No hay vertimiento
Corriente domestica	Sólidos flotantes y basura	No hay vertimiento

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

En donde: (2) está determinado por la prueba de brillo estática. Y (3) por la presencia de una película o brillo sobre una decoloración de la superficie de las aguas receptoras (brillo visual).

Tabla 41. Limitaciones a efluentes NSPS (U.S.A)

Residuos contaminantes	Parámetros contaminantes (mg/L)	Limitaciones de efluentes NSPS
AGUA PRODUCIDA		
(A) Todas las áreas costeras excepto Cook Inlet		No hay vertimiento
(B) Cook Inlet	Aceites y grasas	El máximo para un día cualquiera no excederá de 42 mg/l, y el promedio de 30 días no podrá exceder de 29 mg/l.
FLUIDOS, RIPIOS DE PERFORACION Y SOLIDOS EN SUSPENSION		
(A) Todas las áreas costeras excepto Cook Inlet		No hay vertimientos
(B) Cook Inlet (fluidos y rípios en suspensión base agua)	SPP Toxicidad	Mínimo de 96 horas la prueba SPP Toxicidad será de 3% en volumen.
	Aceite libre	No hay vertimiento
	Diesel	No hay vertimiento
	Mercurio	1 mg/kg máximo seco en peso en un stock de barita
	Cadmio	3 mg/kg máximo seco en peso en un stock de barita
(B) Cook Inlet (fluidos de perforación base aceite y sólidos en suspensión)		No hay vertimiento
Rípios asociados con fluidos de perforación base aceite		No hay vertimiento
FLUIDOS PARA TRATAMIENTO Y COMPLETAMIENTO		
(A) Todas las áreas costeras excepto Cook Inlet		No hay vertimiento
(B) Cook Inlet	Grasas y aceites	El máximo para un día cualquiera no excederá de 42 mg/l, y el promedio de 30 días no podrá exceder de 29 mg / l.
Arena producida		No hay vertimiento
Agua lluvia	Aceite libre	No hay vertimiento

Tabla 40. (Continuación)

Residuos contaminantes	Parámetros contaminantes (mg/L)	Limitaciones de efluentes NSPS
CORRIENTE SANITARIA		
Sanitaria M10	Cloro residual	Mínimo de 1 mg/l y se mantiene tan cerca de esta concentración como sea posible
Sanitaria M9IM	Sólidos flotantes	No hay vertimiento
Corriente domestica	Sólidos flotantes, basura y espuma	No hay vertimiento

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

Tabla 42. Limitaciones a efluentes PSES (U.S.A)

Corriente	Parámetro contaminante	Limitaciones a efluentes PSES
Agua producida		No hay vertimiento.
Fluidos de perforación, de tratamiento y rípios de perforación		
Fluidos de workover y completamiento		No hay vertimiento.
Agua producida		No hay vertimiento.
Deck Drainage		No hay vertimiento.

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

Tabla 43. Limitaciones a efluentes SNPS (U.S.A)

Corriente	Parámetro contaminante	Limitaciones a efluentes SNPS
Agua producida (todas las facilidades)		No hay vertimiento
Fluidos y rípios de perforación		No hay vertimiento
Fluidos para tratamiento, workover y completamiento		No hay vertimiento
Arena producida		No hay vertimiento
Deck Drainage		No hay vertimiento

Fuente: ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

b. ONSHORE

Se refiere a todas las instalaciones que se encuentran en tierra. Cualquier tema de fuente puntual existente a esta sub categoría deberá alcanzar los límites de efluentes (BPT) en donde no habrá descarga de contaminantes de aguas residuales en las aguas navegables de cualquier fuente asociada con la exploración, producción, perforación, completamiento de pozos, o bien el tratamiento, es decir, el agua producida, lodos de perforación, los ripsos de perforación y la arena producida.

c. STRIPPER

Sub categoría en la cual el estado decide si autoriza vertidos de aguas de los pozos petroleros que manejan bajos volúmenes de producción ya que no requieren emprender un tratamiento complicado o costoso. Aplicable a instalaciones en tierra dedicadas a la producción y el tratamiento, que producen 10 barriles por día siendo esa la tasa máxima posible de la producción.

d. AGRICULTURA Y VIDA SILVESTRE

Permite el uso del agua de producción cuando se encuentra lo suficientemente limpia y con la salinidad suficientemente baja. Esta sub categoría permite las descargas de agua de producción que son lo suficientemente limpias (y con la salinidad suficientemente baja), según la tecnología actualmente disponible (BPT):

- No habrá descarga de residuos contaminantes en las aguas navegables a partir de cualquier fuente asociado con la producción, prospección de

yacimientos, perforación, completamiento de pozos o bien el tratamiento, es decir, la perforación lodos, rípios de perforación y producción arenas. (Exceptuando aguas de producción)

- Los vertidos de agua no deben exceder un límite de 35 mg/L de aceites y grasas

e. COSTERAS

Se refiere a aquellas instalaciones cercanas a la costa marina. Se prohíbe en general la descarga de agua producida, sujeta a una excepción para los pozos ubicados Cook Inlet en Alaska. Los vertidos procedentes de estos pozos deben cumplir con todas las normas aplicables en offshore.

2.5.3 Análisis de las normas. Al realizar la revisión de la norma se observó que es muy específica, es decir, tiene muchos tópicos en cuenta a la hora de establecer los límites permisibles para el vertimiento de aguas residuales para cada una de las industrias. Esto ha permitido realizar un análisis más profundo y focalizado de la temática de interés en esta investigación (vertimiento de aguas de producción en la industria de los hidrocarburos).

Cabe resaltar que esta norma no sólo tiene en cuenta el agua de producción como fuente de un posible vertimiento, sino también todas las posibles fuentes como lo son las sanitarias y las aguas lluvia.

Otro parámetro con el cual se limitan los vertimientos es la tecnología usada para el tratamiento, existen diferentes tipos de tecnologías unas más restrictivas que otras, pero no significa que debido a la calidad alcanzada se obligue a su uso para

el tratamiento, si no que se convierte en una base de remoción de contaminantes a la cual se debe llegar. Para cada fuente de un posible vertimiento va a existir una tecnología la cual va a depender de los factores que evalúe la NPDES, autoridad que expide los permisos.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS NORMATIVIDADES

Para comprender con más claridad los aspectos evaluados en cada una de las normas para los diferentes países, se realiza un análisis comparativo con Colombia, por ser el país de interés para esta investigación y al cual se pretende ubicar en un contexto internacional.

3.1 COMPARACIÓN ENTRE NORMATIVIDAD COLOMBIANA Y PARES INTERNACIONES ANALIZADOS

3.1.1 Colombia- Brasil. Comparando los aspectos evaluados, dependiendo de la división que estos países le dan a las calidades del agua, la primera categoría en común que se tiene es la calidad del agua para consumo humano y doméstico en Colombia, y calidad del agua para consumo humano y riegos de la clasificación de aguas dulces para Brasil, esto si el agua ha sido sometida a un tratamiento de simple desinfección o un tratamiento convencional.

Tabla 44. Comparación del agua para consumo humano, doméstico y riegos (Colombia-Brasil)

Parámetro (mg/l)	Tratamiento de desinfección		Tratamiento convencional	
	Colombia	Brasil	Colombia	Brasil
pH	6,5-8,5	6-9	5-9	6-9
Grasas y aceites	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Arsénico	0,05	0,005	0,05	0,033
Bario	1,0	0,01	1,0	1,0
Cadmio	0,01	0,001	0,01	0,01
Cianuro	0,2	0,005	0,2	0,022
Fenoles	0,002	0,003	0,002	0,01
Cinc	15	0,18	0,2	0,022
Cloruros	250	250	250	250
Cobre	1,0	0,009	1,0	0,013
Cromo	0,05	0,05	0,05	0,05
Mercurio	0,002	0,0002	0,002	0,002

Tabla 44. (Continuación)

Parámetro	Tratamiento de desinfección		Tratamiento convencional	
	Colombia	Brasil	Colombia	Brasil
Nitratos	10	10	10	10
Nitritos	1,0	1,0	1,0	1,0
Plata	0,05	0,01	0,05	0,05
Plomo	0,05	0,01	0,05	-
Selenio	0,01	0,01	0,01	0,05
Sulfatos	400	250	400	250
Tensoactivos	0,5	0,5	0,5	0,5
PCB´s	No detectable	0,001 µg/L	No detectable	0,001

Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la tabla, los parámetros de calidad del agua no cambian mucho entre los dos países, los únicos valores que presentan un comportamiento distante son el cianuro que pasa de 0,2 mg/L en Colombia a 0,005 mg/L en Brasil, el zinc de 15 mg/L a 0,18 mg/L, el cobre de 1,0 mg/L a 0,009 mg/L y por último los sulfatos de 400 mg/L a 250 mg/L.

Los valores anteriormente presentados son el resultado del tratamiento simple o desinfección, sin embargo en el tratamiento convencional encontramos un comportamiento similar, donde el zinc pasa de 0,2 mg/L a 0,02 mg/L y el cobre de 1,0 mg/L a 0,013 mg/L. Elementos como el cromo no se tienen en cuenta para el estudio en Colombia mientras que el plomo es un elemento que no se estudia en Brasil.

Para Colombia otra de las divisiones según el uso del agua, es aquella que se emplea en actividades agrícolas, esta categoría puede ser comparada con la clase 1 de aguas salobres en Brasil, la cual está destinada a contacto primario, riego de plantas y hortalizas y suministro humano.

Tabla 45. Comparación del agua para uso agrícola (Colombia-Brasil)

Parámetros	Colombia	Brasil
pH	4,5 – 9	6,5 – 8,5
Aluminio	5,0	0,1
Arsénico	0,1	0,01
Berilio	0,1	5,3 µg/L
Cadmio	0,01	0,005
Zinc	2,0	0,09
Cobre	0,2	0,005
Cromo	0,1	0,05
Flúor	1,0	1,4
Hierro	5,0	0,3
Manganeso	0,2	0,1
Níquel	0,2	0,025
Selenio	0,02	0,01

Fuente: Autores

Según la tabla anterior, la mayoría de los parámetros difieren considerablemente en sus valores, esto puede ser debido a que los parámetros en Brasil son obtenidos para un agua salobre, por lo tanto la calidad debe ser más estricta para evitar efectos secundarios en cultivos y animales.

Encontramos que parámetros como el aluminio pasan de valores de 5 mg/L en Colombia a 0,1 mg/L en Brasil, el arsénico de 0,1 mg/L a 0,001 mg/L, el berilio de 0,1 mg/L a 5,3 mg/L, el zinc 2,0 mg/L a 0,005 mg/L y por último el hierro de 5,0 mg/L a 0,3 mg/L.

Parámetros como el cobalto, litio, plomo y vanadio no son considerados en la norma de Brasil, aun teniendo estudios en los que se muestra que estos elementos principalmente el vanadio, aunque no causa efectos adversos en el suelo y plantas, si lo hace en los humanos y animales por consumo, generando daños neurológicos y desordenes respiratorios.

En la categoría de agua para uso pecuario en Colombia encontramos ciertas similitudes con la clase 3 de aguas dulces de Brasil, esto debido al uso que se le da a esta categoría entre la que encontramos el agua como fuente de alimento para animales. La comparación entre los parámetros evaluados está en la siguiente tabla.

Tabla 46. Comparación de aguas para uso pecuario (Colombia-Brasil)

Parámetro (mg/l)	Colombia	Brasil
Aluminio	5,0	0,2
Arsénico	0,2	0,033
Boro	5,0	0,75
Cadmio	0,05	0,01
Zinc	25,0	5
Cobre	0,5	0,013
Cromo	1,0	0,05
Mercurio	0,01	0,002
Nitrito	10	1,0
Cloruros	3000	250

Fuente: Autores

El comportamiento de los parámetros en esta tabla es diferente de las estudiadas anteriormente. Esto debido a que pasamos de valores muy altos en Colombia a valores demasiado pequeños en Brasil. Por ejemplo en el Zinc pasamos de valores de 25 mg/L a 5 mg/L, el parámetro más evidente es el cloruro cuando pasa de valores de 3000 mg/L a 250 mg/L.

Este comportamiento puede ser debido a que la norma de Brasil no especifica el tipo de animales al cual está destinada el agua, mientras que en Colombia es específica para ganadería (uso pecuario).

Cuando hablamos de contacto primario en Colombia podemos hablar en los mismos términos en Brasil, sin embargo para Brasil el contacto primario puede

presentarse en su categoría de agua dulce o salina en la clase 1. Como lo vemos en la siguiente tabla.

Tabla 47. Comparación de aguas para contacto primario (Colombia-Brasil)

Parámetro	Colombia	Brasil (dulce)	Brasil (salina)
pH	5-9	6-9	6,5 – 8,5
Nitrógeno (mg/L)	No valores establecidos (no genere eutrofización)	0,5 – 3,7	0,4
Fosforo (mg/L)		0,025	0,062
Aceites y Grasas	Ausentes	Ausentes	Ausente
Material flotante	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Fenoles (mg/L)	0,002	0,003	60
Tensoactivos	0,5	0,5	0,2

Fuente: Autores

Los valores que se muestran en la tabla tienen un comportamiento similar, permanecen en un rango aceptable. El único parámetro que presenta un comportamiento distante es el fenol en la clase salina de Brasil, aun siendo muy diferente del valor para Brasil en aguas dulces.

La categoría de agua para uso estético en Colombia es comparable con la categoría de aguas para armonía del paisaje en Brasil, en donde solo se tienen en cuenta elementos como ausencia total de material flotante, espumas naturales, grasas y aceites y elementos que impartan olor o sabor al agua. Estos últimos parámetros son subjetivos, por lo tanto no son cuantificables en estas dos normas.

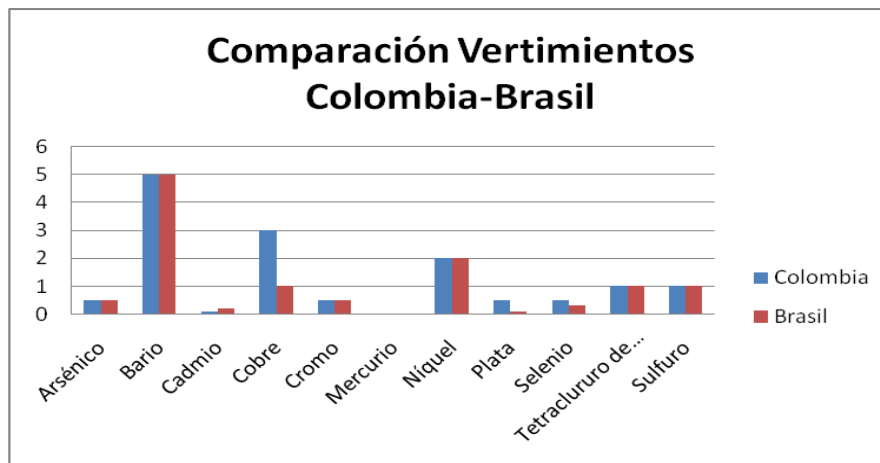
La última categoría que se comparará entre Colombia y Brasil es la de vertimientos en donde se encuentra el siguiente comportamiento

Tabla 48. Comparación de vertimientos (Colombia- Brasil)

Parámetro	Colombia	Brasil
pH	5 – 9	5 – 9
Temperatura (°C)	40	40
Material flotantes	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción del 80% en carga	Minerales 20 mg/L Vegetales 50 mg/L
Arsénico	0,5	0,5
Bario	5,0	5,0
Cadmio	0,1	0,2
Cianuro	1,0	0,2
Cobre	3,0	1,0
Cloroformo	1,0	1,0
Cromo	0,5	0,5
Mercurio	No detectable	0,01
Níquel	2,0	2,0
Plata	0,5	0,1
Selenio	0,5	0,3
Tetracloruro de carbono	1,0	1,0
Sulfuro	1,0	1,0

Fuente: Autores

Figura 16. Comparación vertimientos Colombia- Brasil



Fuente: Autores

Las normas en cuanto a vertimiento son muy parecidas, esto está representado en la grafica anterior y aunque los valores no son los mismos, la diferencia es de aproximadamente 0,1 mg/L, lo cual no representa un efecto importante en las aguas receptoras. La presencia de grasas y aceites para Colombia depende de la carga que se tenga en el momento del vertimiento, mientras que en Brasil existe un valor exacto tanto para aceites minerales de 20 mg/L, como para vegetales de 50 mg/L.

3.1.2 Colombia – Venezuela. La primera comparación que se realizará será entre el agua consumo humano y domestico que solo requiere desinfección en Colombia y el agua de tipo I en Venezuela que está destinado domestico e industrial que requieren agua potable.

Tabla 49. Comparación aguas para consumo humano, doméstico e industrial (Colombia- Venezuela)

Parámetros (mg/l)	Colombia	Venezuela
Ph	6,5 – 8,5	6,0 – 8,5
Color real	20	50
Turbiedad	10 Jackson	<25 Jackson
Coliformes totales	1000 /100 ml	<50 /100 ml
Arsénico	0,05	0,05
Bario	1,0	1,0
Cadmio	0,01	0,01
Cianuro	0,2	0,1
Cloruros	250	600
Cobre	1,0	1,0
Cromo	0,05	0,05
Fenoles	0,002	0,002
Mercurio	0,002	0,01
Nitratos	10	10
Plata	0,05	0,05
Plomo	0,05	0,05
Selenio	0,01	0,01
Policlorados	No detectable	0,2
Sulfatos	400	400
Tensoactivos	0,5	1,0

Fuente: Autores

Como se puede ver, los parámetros tienen valores muy parecidos, casi los mismos, por lo tanto se puede decir que Venezuela y Colombia comparten criterios de calidad para aguas de consumo humano y aguas potables.

Los únicos valores que presentan un comportamiento muy distante son los cloruros y los coliformes, debido a que pasa de valores de 250 mg/L en Colombia a valores de 600 mg/L en Venezuela y 1000 mg/100 ml a 50 mg/100ml respectivamente. Aunque el primer parámetro no causa efectos negativos en la salud humana y animal, si trae consecuencias sobre el crecimiento de plantas. El segundo parámetro si causa efectos desfavorables en la salud humana pero no se tiene conocimiento de que genere cambios en el medio ambiente.

La segunda comparación a realizar es la establecida entre el agua destinada para uso agrícola en Colombia y las aguas de tipo II en Venezuela, destinadas a riego de vegetales, cultivos y uso pecuario.

Tabla 50. Comparación agua para uso agropecuario (Colombia-Venezuela)

Parámetro (mg/l)	Colombia	Venezuela
Aluminio	5,0	1,0
Arsénico	0,1	0,05
Berilio	0,1	0,5
Cadmio	0,01	0,005
Cromo	0,1	0,05
Cobalto	0,05	0,20
Litio	2,5	5,0
Hierro	5,0	1,0
Manganeso	0,2	0,5
Molibdeno	0,01	0,005
Níquel	0,2	0,5
Plomo	5,0	0,05
Selenio	0,02	0,01
Vanadio	0,1	10
Zinc	2,0	5,0

Fuente: Autores

El comportamiento de los parámetros evaluados es muy diferente para Colombia y para Venezuela, esto puede ser debido a que en Colombia la norma es específica para uso agrícola, mientras que en Venezuela incluye las actividades agrícolas y pecuarias en una misma categoría.

Esto lo vemos representado al pasar de valores de 5 mg/L en aluminio para Colombia a valores de 1,0 mg/L en Venezuela. Sin embargo los efectos que causa el aluminio en grandes concentraciones están directamente relacionadas con la acidificación de los suelos, mas no con la salud de animales. En general los valores de los parámetros evaluados son más permisivos para la normatividad colombiana.

La última clasificación del agua que será evaluada entre Colombia y Venezuela, es la de vertimientos en donde se encuentra:

Tabla 51. Comparación entre aguas de vertimiento (Colombia-Venezuela)

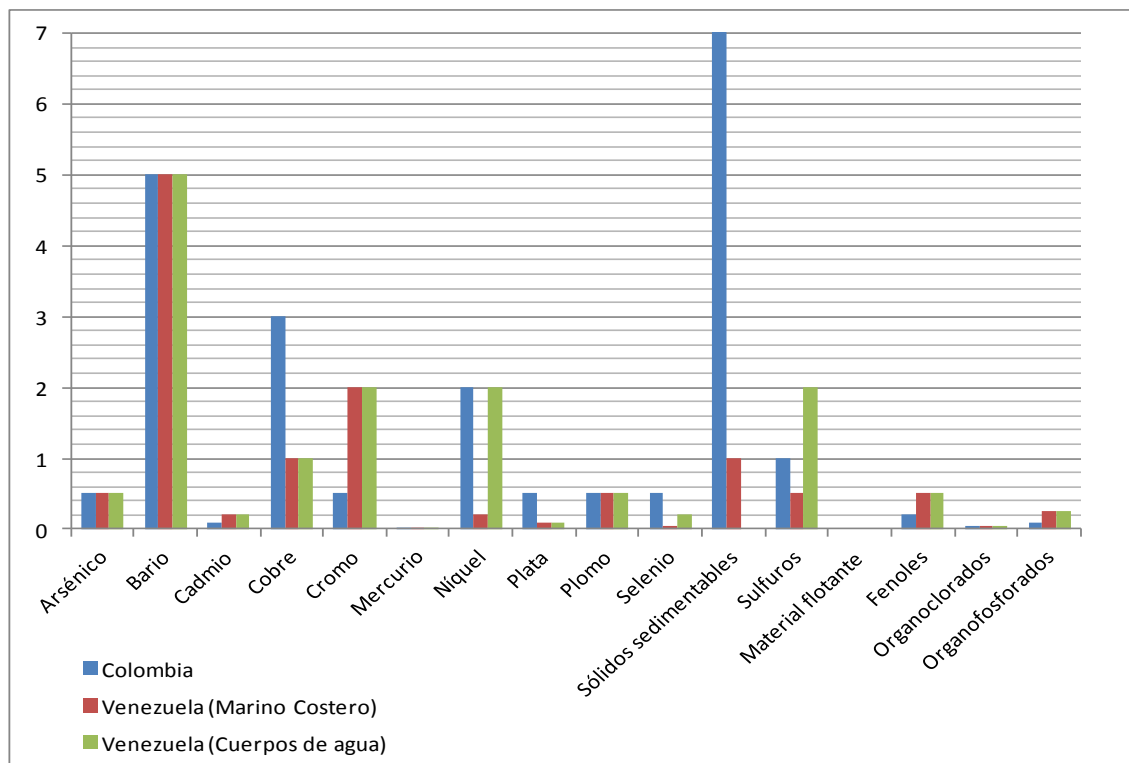
Parámetro (mg/l)	Colombia	Venezuela (directamente a cuerpos de agua)	Venezuela (marino costero)
Arsénico	0,5	0,5	0,5
Bario	5,0	5,0	5,0
Cadmio	0,1	0,2	0,2
Cobre	3,0	1,0	1,0
Cromo	0,5	2,0	2,0
Mercurio	0,02	0,01	0,01
Níquel	2,0	0,2	2,0
Plata	0,5	0,1	0,1
Plomo	0,5	0,5	0,5
Selenio	0,5	0,05	0,2
Sólidos sedimentables	10	1,0	-
Sólidos suspendidos	Remocion del 80% en carga	80	-
Temperatura (°C)	40	35	Actual

Tabla 50. (Continuación)

Parámetro (mg/l)	Colombia	Venezuela (directamente a cuerpos de agua)	Venezuela (marino costero)
pH	5 -9	6- 9	6 -9
Sulfuros	1,0	0,5	2,0
Material flotante	Ausente	Ausente	Ausente
Fenoles	0,2	0,5	0,5
Organoclorados	0,05	0,05	0,05
Organofosforados	0,1	0,25	0,25
Grasas y aceites	Remoción del 80% en carga	Hidrocarburos 20 Animales 20	Hidrocarburos 30 Animales 100

Fuente: Autores

Figura 17. Comparación de aguas de vertimiento Colombia-Venezuela



Fuente: Autores

En Colombia la diferencia entre vertimientos en alcantarillado público y en cuerpos de agua directamente, es simplemente los parámetros de grasas y aceites, pues es un parámetro que no está contemplado.

El comportamiento de los parámetros es muy parecido en las tres categorías como lo podemos ver en la grafica anterior, sin embargo algunos parámetros son más afines entre Colombia y Venezuela con vertimiento en alcantarillados como los son el cobre con un valor de 3 mg/L y otros más afines entre Colombia y Venezuela con vertimiento a cuerpos de agua directamente como por ejemplo el Bario con un valor de 5 mg/L.

La temperatura de descarga de Colombia está entre los valores contemplados para Venezuela, igualmente sucede con el pH, los fenoles y el cadmio. Al igual que en las comparaciones anteriores, las grasas y aceites en Colombia dependen de la carga presente en el momento del vertimiento, mientras que Venezuela tiene valores específicos para cualquier descarga.

3.1.3 Colombia – México. Entre Colombia y México son pocas las categorías que se podrían comparar en este trabajo, debido a que México establece calidades en base a los vertimientos realizados, mas no en base al uso que se le dé al agua. Por esta razón solo compararemos se compararán el agua destinada al consumo humano y el agua de vertimiento.

Tabla 52. Comparación de aguas para consumo humano (Colombia-México)

Parámetro (mg/l)	Colombia (convencional)	Colombia (desinfección)	México
Arsénico	0,05	0,05	0,01
Bario	1,0	1,0	0,7
Cadmio	0,01	0,01	0,005
Cianuro	0,2	0,2	0,007
Cloruros	250	250	250
Cobre	1,0	1,0	2,0
Color	75	20	20
Fenoles	0,002	0,002	0,001
Cromo	0,05	0,05	0,05
Mercurio	0,002	0,002	0,001
Nitratos	10	10	10
Nitritos	1,0	1,0	0,05
pH	5 -9	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Plomo	0,05	0,05	0,01
Sulfatos	400	400	400
Tensoactivos	0,5	0,5	0,5
Zinc	15	15	5,0
Coliformes totales	20.000	1.000	Ausente
Turbiedad	6 UJT	10 UJT	5 UTN

Fuente: Autores

Los parámetros evaluados presentan comportamientos similares, y podemos ver que en Colombia los valores obtenidos con desinfección y aquellos obtenidos con métodos convencionales no varían mucho, es más los valores permanecen casi iguales.

Realmente los valores de los parámetros entre Colombia y México varían en 0,01 mg/L, lo que no representa una mayor desviación. Unos de los parámetros en el que es notoria la variación es en el color para tratamiento convencional y desinfección, sin embargo el parámetro obtenido por desinfección es consecuente con el exigido para México.

La segunda categoría a comparar, es la de vertimiento de aguas. Estas dependen del cuerpo receptor para México, mientras que para Colombia tenemos una norma general de vertimiento.

Tabla 53. Comparación aguas de vertimiento en ríos receptores (Colombia-México).

Parámetro	Colombia	México en ríos receptores		
		Uso en riegos agrícolas (A)	Uso público urbano (B)	Protección de la vida acuática (C)
Temperatura (°C)	40	NA	40	40
Grasas y aceites	Remoción del 80% en carga	15 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Sólidos sedimentables	10 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
DBO	80%	150 mg/L	75 mg/L	30 mg/L
Sólidos suspendidos	80%	150 mg/L	75 mg/L	40 mg/L

Fuente: Autores

Tabla 54. Comparación aguas de vertimiento en aguas marinas (Colombia-México).

Parámetro	Colombia	México en aguas marinas receptores		
		Explotación pesquera (A)	Recreación (B)	Estuarios (B)
Temperatura (°C)	40	40	40	40
Grasas y aceites	Remoción del 80% en carga	15 mg/L	15 mg/L	15 mg/L
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos sedimentables	10 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
DBO	Remoción del 80% en carga	150 mg/L	75 mg/L	75 mg/L
Sólidos suspendidos	Remoción del 80% en carga	150 mg/L	75 mg/L	75 mg/L

Fuente: Autores

La diferencia marcada entre México y Colombia para vertimiento, está en el parámetro de sólidos sedimentables: en Colombia, aun siendo una norma general para vertimientos el valor del parámetro es significativamente amplio comparado con México, representados en los valores de 10 mg/L y 1 mg/L respectivamente. Teniendo en cuenta las demás normas, los valores disminuyen para este parámetro debido a que podrían interferir con el recorrido normal del cauce del agua, sin embargo para Colombia este parámetro siempre ha sido el más alto.

Por otra parte, México en su clasificación de aguas, al hacerlo por la necesidad del cuerpo receptor, distingue 3 categorías A, B y C, las cuales dependen de la asignación de los cuerpos de agua por regiones. En Colombia, los vertimientos son los mismos, indiferente del lugar geográfico en donde se realicen.

3.1.4 Colombia – Estados Unidos. Se pensaría que la comparación entre Colombia y Estados Unidos es la más compleja y extensa, pero realmente no existen muchos factores en común. Debido al minucioso análisis y estudio para las calidades de las aguas en Estados Unidos, se convierte en una norma muy puntual que depende de cada jurisdicción en cada Estado, de cada industria y de cada función que esta involucre.

Si se hace referencia a la calidad del agua, Estados Unidos presenta un nivel superior al de Colombia y al de los países latinoamericanos que se han estudiado hasta este punto. En la industria de los hidrocarburos la norma es tan específica que se tienen calidades onshore y offshore, estas completamente diferentes. Es tan detallado el análisis de los impactos sobre el medio ambiente, que en onshore ni siquiera se permiten vertimientos. Para offshore es permitido el vertimiento de aguas de producción con un único criterio evaluado como contaminante, las grasas y aceites permitiendo 42 mg/L y para Colombia depende de la concentración en la carga presente.

Colombia solo tiene una norma específica para vertimientos, sin importar la industria, el sector productivo, y el medio receptor.

Los parámetros más comunes durante el desarrollo de este análisis, fueron aquellos que involucraban las aguas destinadas a consumo humano o potables, entonces se intento realizar una comparación entre la calidad del agua, el resultado no fue diferente a los expuestos anteriormente, no se pudieron comparar cuantitativamente debido a que para cada parámetro en Estados Unidos existe un documento completo de la forma de establecer un valor puntual, este dependiendo de la zona y de la carga contaminante presente en la corriente.

Estados Unidos al tener una norma tan puntual sobre las aguas como patrimonio nacional, hace que el costo para tratamiento incremente considerablemente, sin embargo por esta razón es que se han desarrollado investigaciones profundas y han avanzado con rapidez en el tema de preservación del agua y medio ambiente. Diferente es la situación de Colombia en donde los estudios son pocos y el intereses de las entidades por preservar el recurso no generan la reacción necesaria para tomar conciencia sobre el efecto al ambiente y el agua como recurso indispensable para la existencia de la vida.

3.2 ANÁLISIS GENERAL POR CONTAMINANTE DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

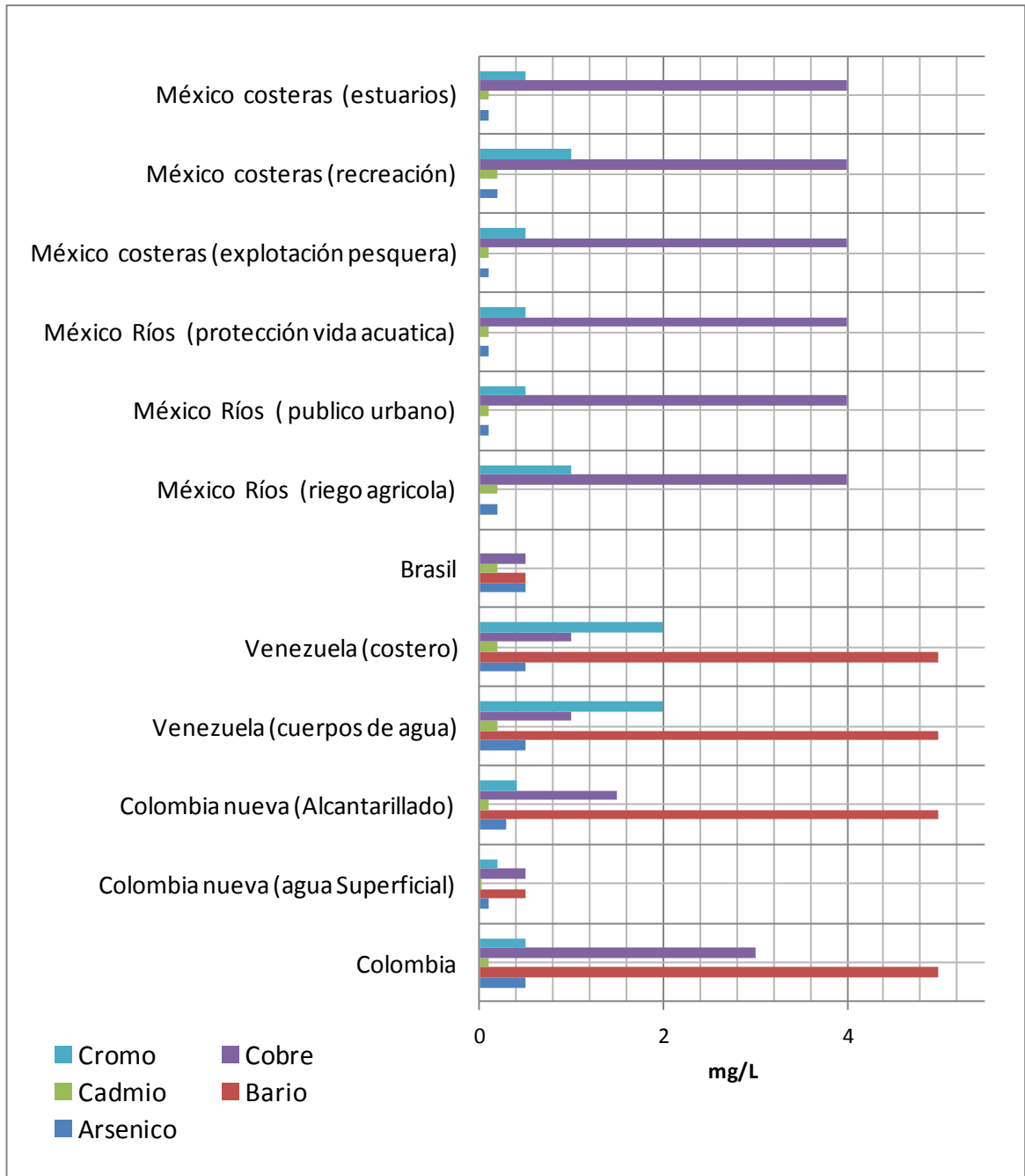
A continuación se presentarán una serie de gráficas con los contaminantes contemplados en las normas analizadas anteriormente, con el fin de observar de forma más clara las diferencias y similitudes entre los criterios a estudiar. Esta comparación se realiza por país y únicamente para la norma de vertimientos, razón por la cual México presenta más de una clasificación y los otros países no.

Para Colombia la comparación se hace para la norma vigente de vertimiento y el proyecto de norma que especifica la industria de los hidrocarburos.

La grafica 18 presenta el arsénico, Bario, cadmio, cobre y cromo en donde la ausencia de bario en México con sus diferentes categorías no significa que el valor este restringido a 0, sino que no existe un valor establecido para este contaminante en la norma, de la misma manera ocurre con el cromo para Brasil.

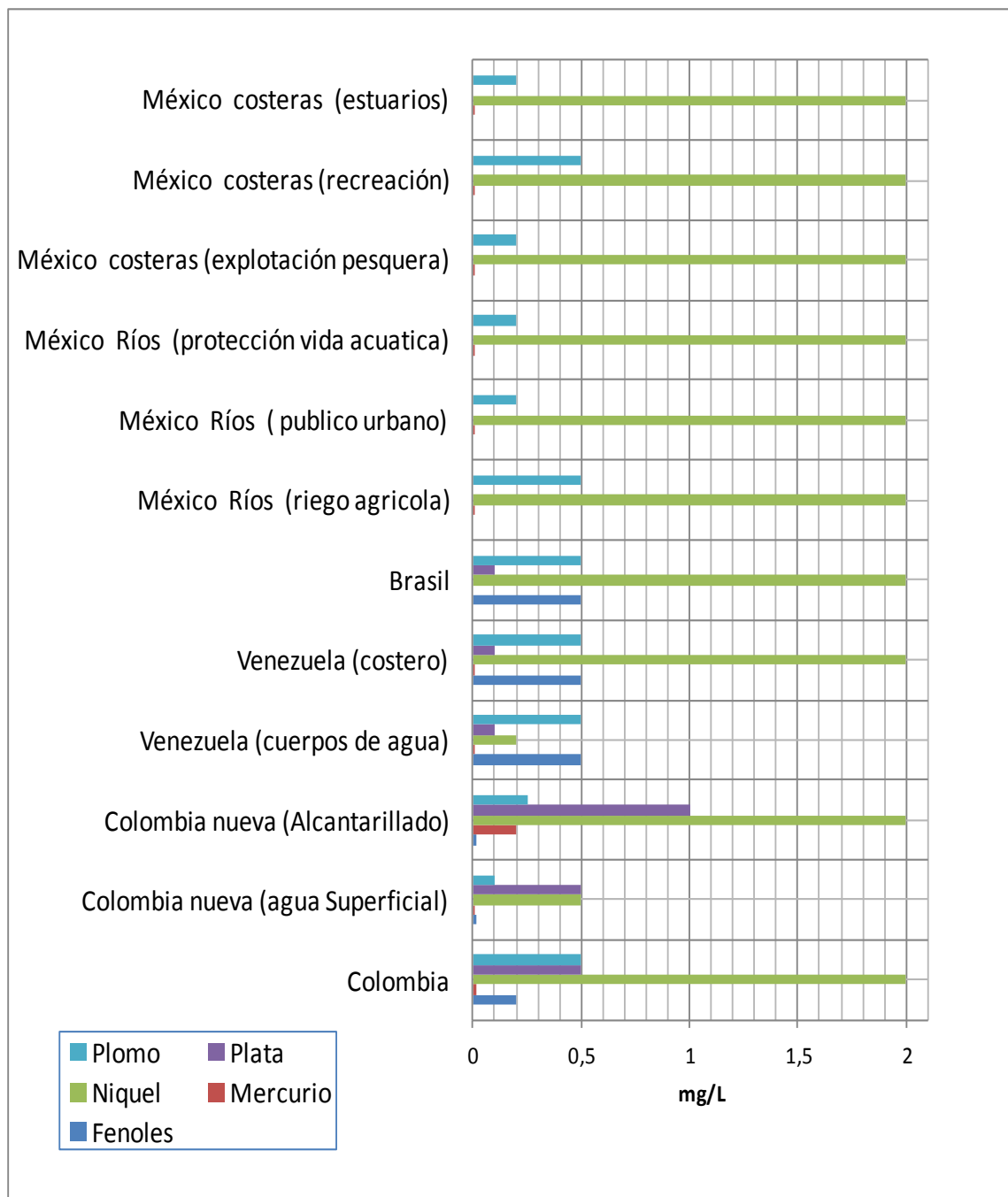
En cuanto al Arsénico el comportamiento que se observa es que se mantiene en un rango de 0,1 a 0,5mg/L, siendo Colombia el país que permite un valor más alto de este contaminante. El bario se mantiene en 5mg/L para todos los países exceptuando a Brasil que es el más restrictivo en este criterio con un valor de 0,5 mg/L. El cadmio oscila entre 0,05 y 0,1 mg/L para todos los países y por ser un valor tan parecido podría ser establecido como un valor estándar. El valor promedio para el cobre es de 2,5mg/L, sin embargo se puede ver que Colombia actualmente se encuentra por encima del promedio. En el proyecto de norma este valor se restringe a 0,5 mg/L para aguas superficiales y a 1,5 mg/L para alcantarillado respectivamente, lo que le permitiría a Colombia ubicarse por debajo del promedio. En cuanto al cromo, el país más flexible en este parámetro es Venezuela con un valor de 2mg/L tanto para aguas marinas como para cuerpos de agua dulce, el resto se encuentran en un rango de 0,1 a 1mg/L.

Figura 18. Comparación para Arsénico, Bario, Cadmio, cobre y Cromo



Fuente: Autores

Figura 19. Comparación para el plomo, níquel, fenoles, plata y mercurio



Fuente: Autores

La figura 19 permite ver que el valor máximo permitido para níquel en todos los países es el mismo, alrededor de 2 mg/L, un comportamiento parecido presenta el plomo, aunque para algunas categorías específicas el valor está por debajo de 0,5 mg/L.

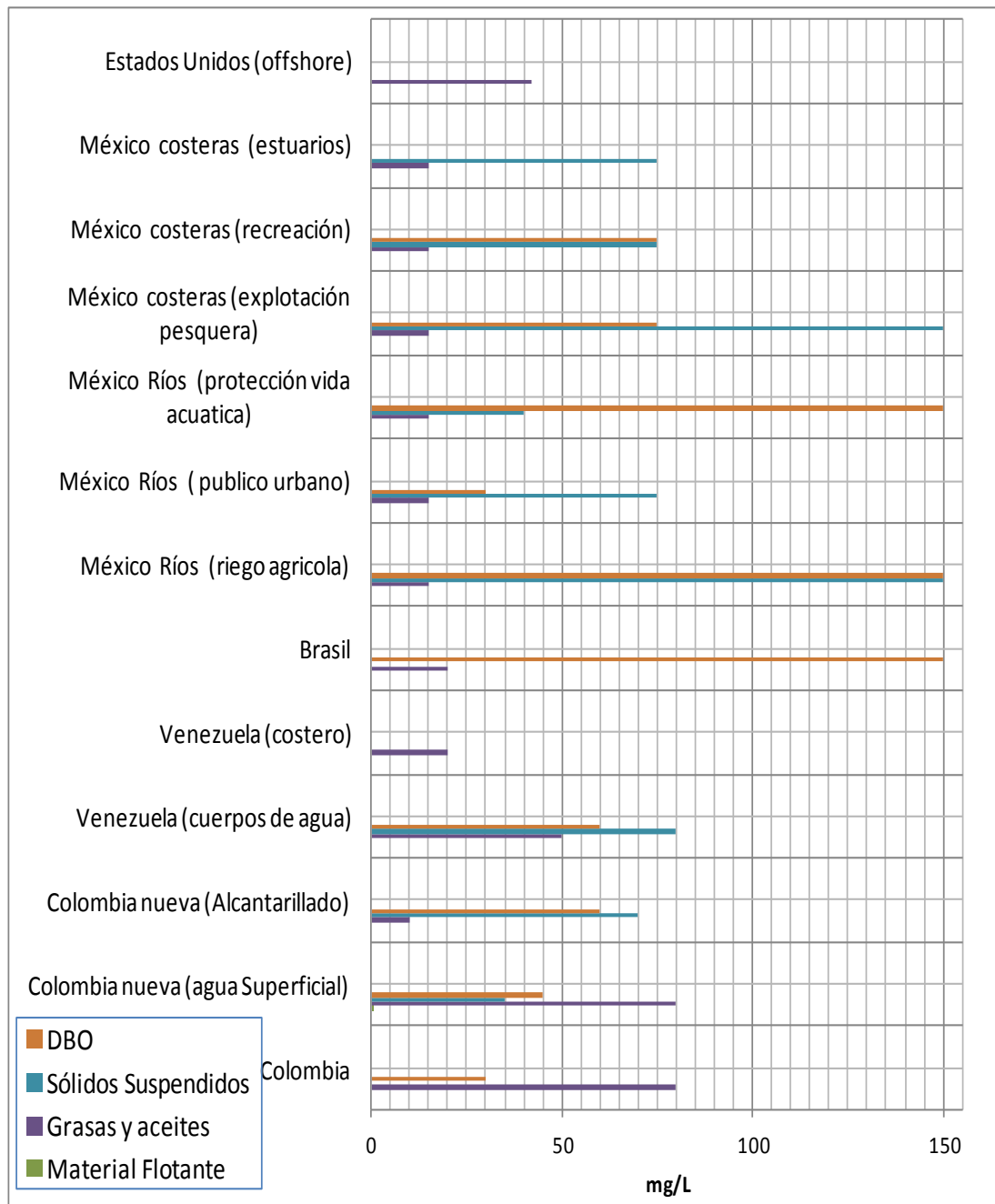
La plata es el elemento que mas variación presenta. Además de ser un parámetro evaluado únicamente en Colombia, presenta mayor permisibilidad en el proyecto de norma que entrara en vigencia para alcantarillado.

El mercurio es un elemento que siempre se encuentra en proporciones casi imperceptibles aproximadamente 0,2 mg/L sin embargo tienen un gran efecto sobre los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

La figura 20 muestra que México y Brasil son los países que más permiten demanda bioquímica de oxígeno con un promedio de 150 mg/L, mientras Colombia presenta el menor valor con un promedio de 30 mg/L para la norma actual. Igualmente sucede con los sólidos suspendidos donde México y Brasil encabezan los valores altos y Colombia los más bajos, sin embargo no lo hace con la norma actual sino con el proyecto que entrará en vigencia.

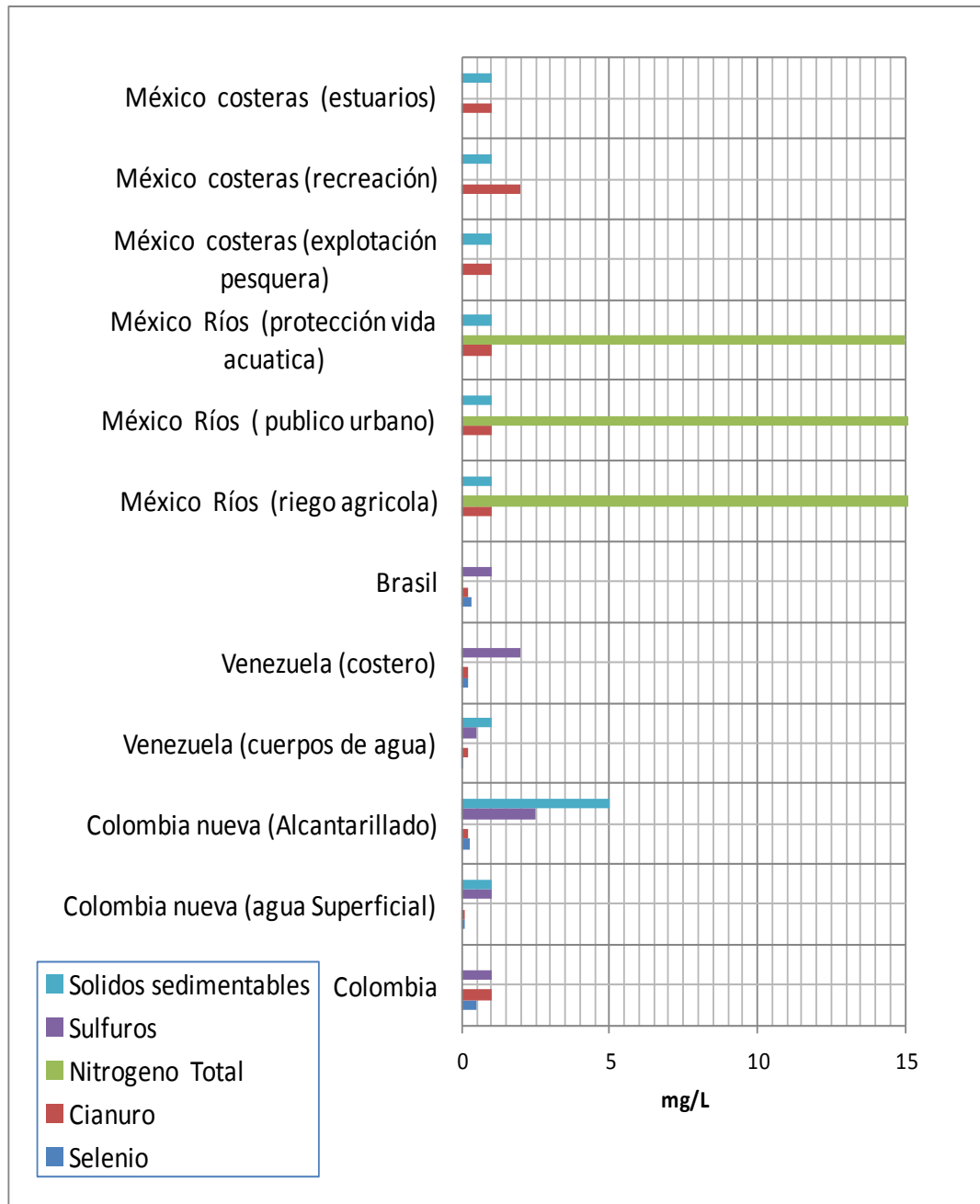
En cuanto a grasas y aceites son parámetros que se tiene en cuenta en todos los países sin embargo Brasil y Venezuela son muy estrictos con la cantidad máxima permisible hasta el punto en que en la mayoría de las categorías deben estar ausentes. Colombia es el país que mayor cantidad de grasa y aceites hidrocarburos permite en los vertimientos. El material flotante solamente es permitido en el proyecto de norma para Colombia en aguas superficiales con un valor de 0,5mg/L, en el resto de los países no aparece este valor porque debe ser retirado completamente de cualquier vertimiento.

Figura 20. Comparación para DBO, sólidos suspendidos, grasas y aceites y material flotante



Fuente: Autores

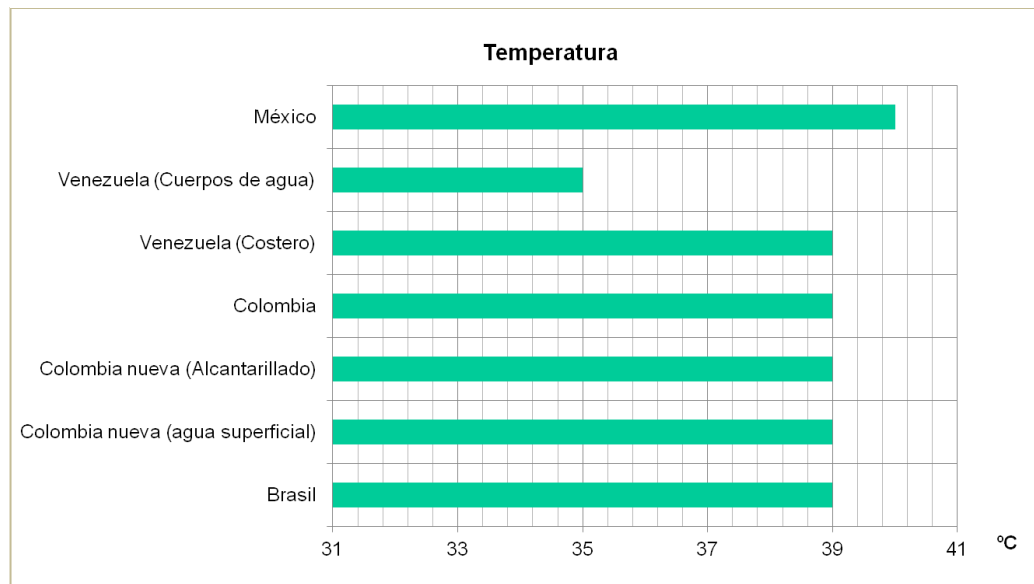
Figura 21. Comparación para sólidos sedimentables, sulfuros, nitrógeno, cianuro y selenio



Fuente: Autores

México es el único país que evalúa el nitrógeno total, por lo tanto no se tiene un punto para realizar una comparación como lo vemos en la figura 21. El cianuro es un elemento que siempre presenta valores por debajo de 0,1 mg/L para todos los países por esta razón en Brasil y Venezuela son imperceptibles. Los sólidos sedimentables presentan el mismo comportamiento, sin embargo en el proyecto que entrará en vigencia el valor permisible aumentará significativamente hasta 0,3 mg/L para vertimientos en alcantarillado.

Figura 22. Comparación para temperatura

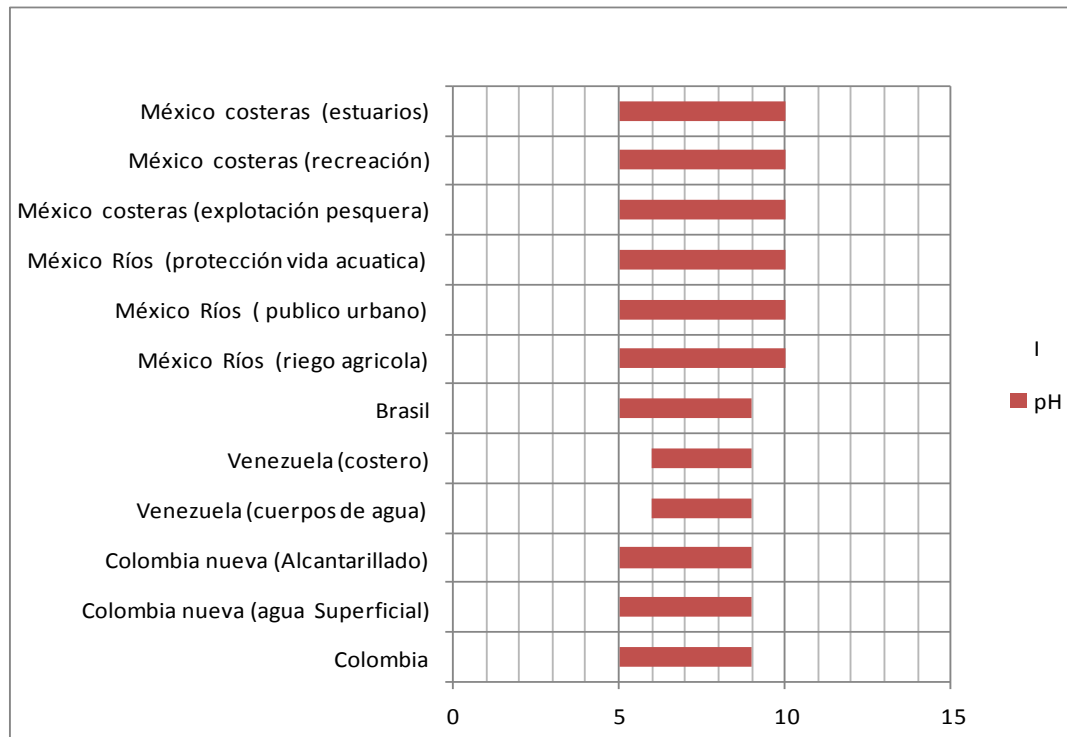


Fuente: Autores

Este criterio para las diferentes normatividades de vertimiento, es un valor prácticamente estándar, ya que oscila entre 35 y 40 °C para todos los países, teniendo en cuenta que en todos, la variación de esta no puede ser mayor ni menor de 3 °C. Cabe aclarar que para México en la sub categoría Ríos (para riego agrícola) la temperatura es un parámetro que no es relevante debido a que

no presenta efectos negativos en el proceso del riego. La temperatura de vertimiento es la adecuada para evitar daños en la biota.

Figura 23. Comparación para pH



Fuente: Autores

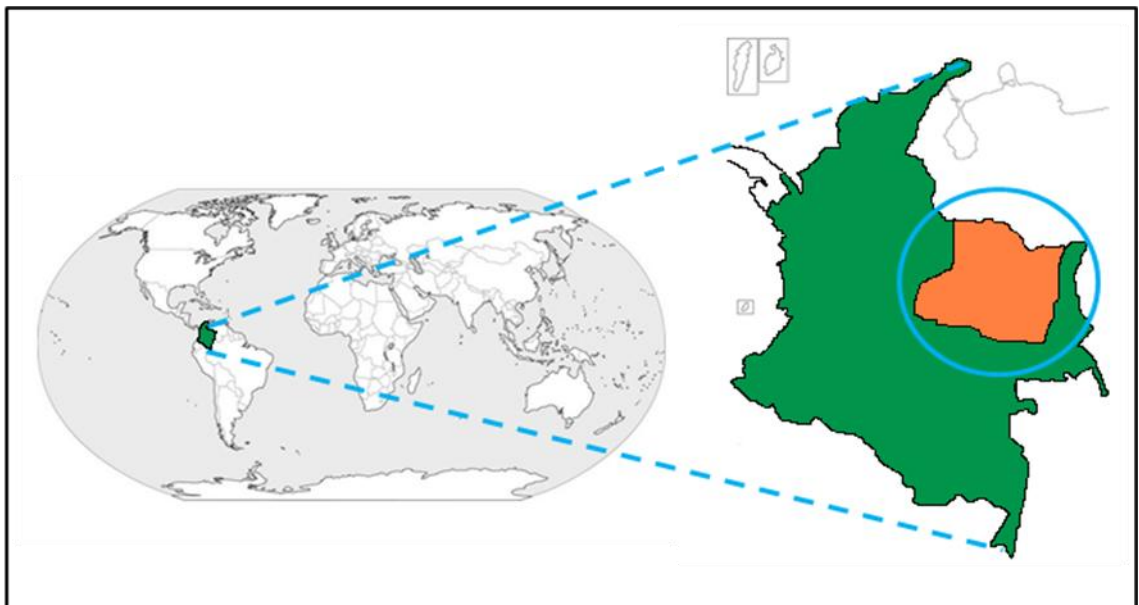
En cuanto al pH se tiene que el mínimo valor es de 5 unidades para todos los países excepto para Venezuela que presenta un valor de 6 unidades. El máximo encontrado es de 9 unidades para todos los países excluyendo a México con un valor máximo de 10 unidades.

4. ANALISIS APLICADO A UN CAMPO COLOMBIANO: CAMPO CASTILLA

4.1 GENERALIDADES CAMPO CASTILLA

El campo Castilla se encuentra localizado geológicamente en la cuenca de los llanos (Fig. 22) y sub cuenca Apiay- Ariari, 55 km al sur de la ciudad de Villavicencio, en el departamento del Meta, Colombia (Fig.23).

Figura 24. Mapa de Colombia para la ubicación de la cuenca de los llanos

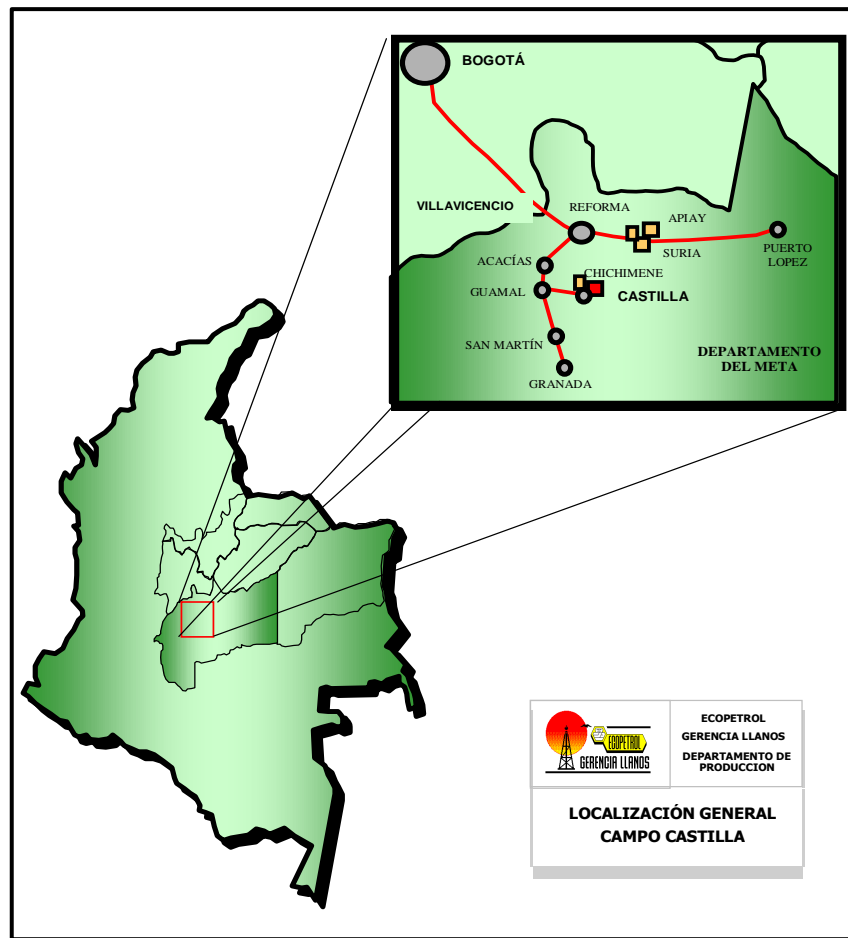


Fuente: Autores

Fue descubierto por Chevron en el año de 1969 con la perforación del pozo Castilla 1, sin embargo la producción comenzó en el año 1977 con el contrato de asociación Cubarral suscrito entre Ecopetrol S.A y Chevron que finalizó el 30 de enero de 2000. Actualmente es operado por la compañía nacional Ecopetrol S.A.

Castilla cuenta con 82 pozos de los cuales 68 son activos, 2 abandonados y 12 cerrados temporalmente, entregan una producción promedio actual de 74.666 barriles de petróleo por día y 800.000 barriles de agua por día.

Figura 25. Ubicación del campo castilla



Fuente: ECOPETROL S.A

4.1.1 Descripción geológica. La formación productora, al igual que la de los campos adyacentes (Chichimene, Suria y Apiay) es la Formación Guadalupe correspondiente al cretáceo. Se divide en dos unidades, Guadalupe superior K1 y Guadalupe Masivo K2, siendo esta segunda el principal intervalo productivo.

Su estructura corresponde a un anticlinal cuyo eje presenta una orientación N 60° E, de 4 km de ancho y 10 km de largo, limitado al Este por una falla inversa. Se encuentra afectado por fallas internas tanto inversas como normales que modifican su estructura pero mantiene la misma inclinación a lo largo del campo debido a que no son de carácter sellante. Esto es evidenciado con el contacto agua aceite que no presenta cambios abruptos al lado y lado de las fallas³⁴.

Castilla tiene una porosidad efectiva que varía entre 14 y 25% y una permeabilidad entre 460 mD y 2400 mD. La presión inicial del yacimiento es de 2800 psi y la temperatura de 198 °F. Cuenta con un acuífero activo que mantiene la presión del campo y es el principal método de mantenimiento de presión.

Figura 26. Escala del tiempo geológico

ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD	FORMACIONES	
CENOZOICO	Cuaternario	Pleistoceno Plioceno	Tardío Temprano	Guayabo	
	TERCIARIO	Oligoceno	Temprano Tardío	Shale León	
				Arsénicas superiores	
				Lutita E unidad C1	
				Areniscas carbonera Unidad C2 lutita E3 Unidad T1 Unidad E4	
Eoceno Tardío	Temprano Tardío	Formación mirador	Unidad T2		
MESOZOICO	CRETACEO	Paleoceno	Priaboniano	Hiato	
		Tardío	Mastrichtiano Champaniano Santoniano Coniaciano Turoniano Cenomamiano	Formación Guadalupe	K1 K2
		Temprano	Albiano Aptiano	Hiato	

³⁴ GRANADOS, Silvio José y NIETO, Felipe Andrés. Implementación de métodos geoestadísticos para el modelamiento de propiedades petrofísicas en yacimientos de depositación fluvial en Colombia: campo Castilla. Tesis. 2005.

4.1.2 Propiedades de fluidos y rocas Los fluidos y propiedades petrofísicas básicas del campo Castilla tienen las siguientes características

Tabla 55. Características petrofísicas de Castilla

Parámetro	Unidad K1	Unidad K2
Litofacies	Arena laminada	Arena homogénea
Tipo de crudo	Aceite negro	Aceite negro
Mecanismo de empuje	Gas en solución	Acuífero activo
Fracturas naturales	No	Si
Permeabilidad (md)	1-1667	465- 2413
Porosidad (%)	10,8- 28	13,9- 23,4
Saturación de agua inicial (%)	20	20
Espesor neto (ft)	39- 109	203- 528
Presión actual promedio (Psi)	2691	2691
Temperatura (°F)	193	198
Gravedad específica del gas	0,906	0,906
Viscosidad a Py	41,2	41,2
Gravedad API a 60°F	13,7	12,1
G.O.R (scf/STB)	100-300	100- 300
Presión de burbuja (Psi)	90	148

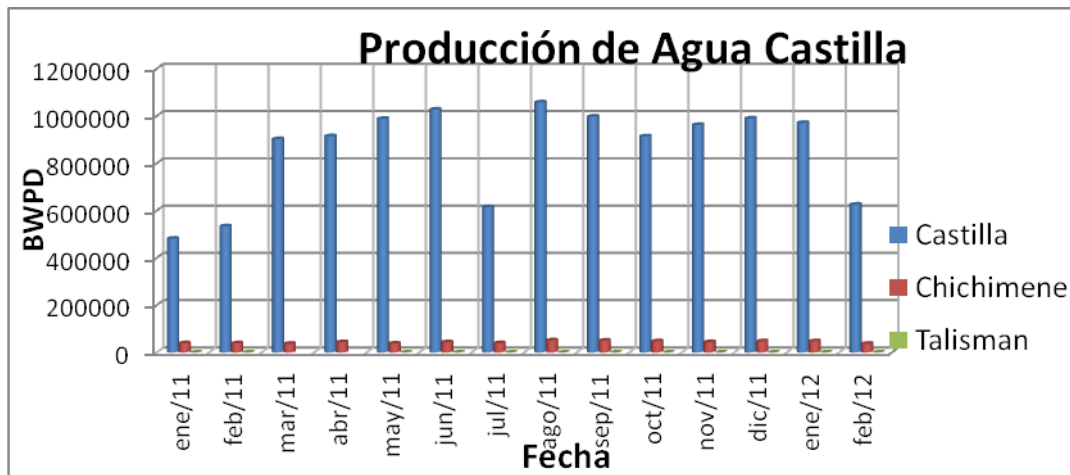
Fuente: ECOPETROL S.A

4.2 PRODUCCIÓN DE AGUA EN CASTILLA

En la Estación Castilla II se cuenta con un agua de buena calidad. Estudios de análisis de vertimiento realizados en febrero de 2012, han reportado un buen nivel de cumplimiento de la norma y por esta razón, se considera que este tipo de agua puede ser agua cruda adecuada para un posible proceso de potabilización donde el agua de producción generada, pasaría de ser un residuo de vertimiento a una fuente de abastecimiento en otros procesos relacionados en la operación de producción de hidrocarburos.

La producción actual de agua de Castilla es aproximadamente de 800.000 barriles por día y la proyección de Ecopetrol a 2015 es de 4 millones de barriles por día. La producción mensual está representada en la siguiente figura.

Figura 27. Producción mensual 2011- 2012 de agua del Campo Castilla



Fuente: ECOPETROL S.A

La Caracterización de las aguas residuales industriales de la Estación Castilla II y Acacias se hace teniendo en cuenta, los muestreos puntuales correspondientes a la salida del STAP – Estación Acacias al Río Guayuriba. Aunque cada Estación cuenta con su propio sistema de tratamiento, el agua de producción de la Estación Castilla II una vez finaliza el tren de tratamiento pasa a la última etapa (Piscinas de Estabilización) del sistema de tratamiento de la Estación Acacias. En esta etapa se hace una mezcla de los dos tipos de agua de producción y posteriormente se hace el vertimiento al Río Guayuriba

Figura 28. Esquema General de la disposición del agua de producción en castilla



Fuente: ECOPETROL S.A. De residuo a recurso. En: Carta Petrolera, [En línea] Disponible en: < http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera124/produccion.htm >

4.3 AGUA DE CASTILLA RESPECTO A LAS NORMATIVIDADES COLOMBIANAS E INTERNACIONALES

El análisis que se realiza en este capítulo al igual que en el capítulo 3 se hace por contaminante. Estos contaminantes seleccionados son aquellos establecidos por Ecopetrol para Castilla y en base a ellos se evaluó el cumplimiento de Castilla respecto a las normatividades de Colombia, México y Brasil. En Estados Unidos no se permiten los vertimientos, por esta razón el nivel de cumplimiento es nulo y no se realizó ningún tipo de análisis. El formato a seguir es una tabla que mostrará las diferentes clasificaciones de agua para cada país y las características del agua en Castilla luego del tratamiento y listo para ser vertido en el río Guayuriba.

4.3.1 Castilla-Colombia. En la siguiente tabla se mostrará el cumplimiento del campo Castilla respecto a la normatividad colombiana. En general Castilla cumple con un rango bastante amplio por debajo de los valores estándar para cada uno de los tipos de agua, evidenciado en los valores reportados en microgramos por litro para Castilla, mientras la norma permite los valores en miligramos por litro.

Para comprobar el nivel de cumplimiento del campo Castilla es necesario tener un punto de comparación, en este caso es la entrada del agua a las plantas de tratamiento y la salida de estas al río Guayuriba. Es claro el nivel de pureza que se logra simplemente evaluando el parámetro de grasas y aceites el cual pasa de valores en la entrada de 810 mg/L, y 1301 mg/L a una concentración menor de 2 mg/L, cumpliendo con el valor permitido por la norma. Otro ejemplo es el manganeso el cual en la entrada tiene una concentración de 114 microg/L y pasa a valores de 25,3 microg/L en la salida, siendo este un parámetro no solicitado en la normatividad colombiana para vertimientos.

El único parámetro que incumple es el bario con una concentración de 1424 microgramos por litro. Sin embargo el incumplimiento no es para la norma de

vertimientos sino para la norma de agua potable cuyo valor permisible es de 1000 microgramos por litro.

Castilla reporta parámetros que en la norma no se tienen en cuenta, entre los que se encuentran los hidrocarburos poli aromáticos (PAH's) y algunos otros elementos como los pesticidas organoclorados y organofosforados que se agrupan con el nombre principal pero no evidencian un valor máximo permisible para cada uno de los elementos que los conforman, de la manera como se realiza en castilla.

La mayoría de las casillas reportan NR debido a que la norma colombiana no pide dicho parámetro como requisito y por lo tanto no tiene un valor establecido. Analizando lo anterior se pudo concluir que la norma es bastante permisiva y el estudio minucioso de cada uno de los componentes se puede realizar como forma de control interno para cada industria. Los reportes presentados para castilla se realizan trimestralmente y los valores que muestra la tabla son del último trimestre reportados el 12 de febrero de 2012.

Tabla 56. Comparación Castilla- Colombia

Aguas residuales industriales y aguas superficiales estaciones Castilla II – Acacias		Salida estación acacias al río Guayuriba	Decreto 1594/84					
			Consumo humano		Uso agrícola	Uso pecuario	Contacto primario	Vertimiento
			Tratamiento convencional	Solo desinfección				
SUBMISSION 100117697	UNIDADES	23-feb-12						
Componente		200721085						
ANÁLISIS IN SITU								
CAUDAL	L/s	1021	NR	NR	NR	NR	NR	NR
OXIGENO DISUELTO	mg O2/L	1,7	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SATURACION DE OD (ODS)	mgO2/L	7,21	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SATURACION DE OD CALC (ODSc)	mgO2/L	6,93	NR	NR	NR	NR	NR	NR
% SATURACION DE OXIGENO	%	24,5	NR	NR	NR	NR	70	NR
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	32,9	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	31,6	NR	NR	NR	NR	NR	≤40
PH / T (GR C)	Uni. Ph	7.47/31.6	5.0 a 9.0	6.5 a 8.5	4.5 a 9.0	NR	5.0 a 9.0	5 a 9
ANÁLISIS DE LABORATORIO FISICOQUIMICO								
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3/L	75,8	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CARBONATOS	mg CO3=/L	0,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BICARBONATOS	mg HCO3-/L	92,4	NR	NR	NR	NR	NR	NR
COT	mg COT/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CIANURO DISUELTO	mg CN-/L	<0.010	0,2	0,2	NR	NR	NR	1,0
CLORUROS	mg Cl-/L	126	250,0	250,0	NR	NR	NR	NR
CONDUCTIVIDAD	uS/cm/°C	584/25.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 56. (Continuación)

DBO5	mg O2/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	≥80% RC
COLOR REAL	U Pt-Co	NS	75	20	NR	NR	NR	NR	NR
DQO	mg O2/L	<15.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	58,1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FLUORUROS	mg F-/L	0,51	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FOSFORO DISUELTO	mg P/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FOSFATO DISUELTO	mg PO4(-3)/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FOSFORO TOTAL	mg P/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FOSFATO TOTAL	mg PO4(-3)/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
GYA-HIDROCARBUROS	mg/L	<2.00	No se acepta película visible	No se acepta película visible	NR	NR	No se acepta película visible	NR	≥80% RC
HIDROCARBUROS NO POLARES	mg/L	<1.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITRATOS	mg NO3-N/L	<0.090	10,0	10,0	NR	NR	NR	NR	NR
NITRITOS	mg NO2-N/L	<0.070	1,0	1,0	NR	10,0	NR	NR	NR
NITRATOS + NITRITOS	mg N/L	NS	NR	NR	NR	100,0	NR	NR	NR
NITROGENO AMONIAICAL	mg NH3-N/L	<0.49	1,0	1,0	NR	NR	NR	NR	NR
NITROGENO TOTAL	mg N/L	<1.65	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SALINIDAD EQUIVALENTE	mg NaCl/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	252	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	<0.10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	<5.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	≥80% RC
SOLIDOS TOTALES	mg/L	253	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SULFATOS	mg SO4=L	9,97	400,0	400,0	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 56. (Continuación)

SULFUROS	mg S-2/L	<1.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SURFACTANTES	mg SAAM/L	<0.28	0,5	0,5	NR	NR	0,5	NR
TURBIEDAD	NTU	6,21	NR	190**	NR	NR	NR	NR
CONTENIDO DE SALES	% peso	0,0136	NR	NR	NR	0,3	NR	NR
ANÁLISIS DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)								
AROCLOR 1016	microg/L	<2.40E-04	ND	ND	NR	NR	NR	ND
AROCLOR 1260	microg/L	<1.90E-04	ND	ND	NR	NR	NR	ND
ANÁLISIS DE FENOLES								
FENOLES	mg/L	<0.10	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
FENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2-CLOROFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2-METILFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
3-METILFENOL+4-METILFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2-NITROFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2,4-DIMETILFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2,4-DICLOROFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2,6-DICLOROFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
4-CLORO-3-METILFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
2,3,5-TRICLOROFENOL	mg/L	NA	0,002	0,002	NR	NR	0,002	0,2
ANÁLISIS PESTICIDAS ORGANOCORADOS (POCLs)								
Alfa-BHC	microg/L	<2.30E-04	NR	NR	NR	NR	NR	50*
ANÁLISIS DE PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS (POFs)								
TRIEILFOSFOROTIATO	microg/L	<0.019	NR	NR	NR	NR	NR	100*

Tabla 56. (Continuación)

ANÁLISIS DE METALES TOTALES								
CALCIO	mg/L	17,00	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CADMIO	microg/L	<0.200	10*	10*	10*	50*	NR	100*
CROMO +6	mg Cr+6/L	<0.015	0,05	0,05	0,1	1,0	NR	0,5
CROMO	microg/L	2,76	NR	NR	NR	NR	NR	NR
COBRE	microg/L	<2.98	1000*	1000*	200*	500*	NR	3000*
PLOMO	microg/L	<0.330	50*	50*	5000*	100*	NR	500*
NIQUEL	microg/L	0,977	NR	NR	200*	NR	NR	2000*
VANADIO	microg/L	1,99	NR	NR	100*	NR	NR	NR
MANGANESO	microg/L	25,3	NR	NR	200*	NR	NR	NR
PLATA	microg/L	<11.9	50*	50*	NR	NR	NR	500*
MAGNESIO	mg/L	2,499	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ALUMINIO	microg/L	<214	NR	NR	5000*	5000*	NR	NR
HIERRO	mg/L	0,504	NR	NR	5,0	NR	NR	NR
ZINC	microg/L	<152	15000*	15000*	2000*	25000*	NR	NR
BARIO	microg/L	1424	1000*	1000*	NR	NR	NR	5000*
POTASIO	mg/L	8,494	NR	NR	NR	NR	NR	NR
COBALTO	microg/L	<0.120	NR	NR	50*	NR	NR	NR
ARSENICO	microg/L	<2.22	50*	50*	100*	200*	NR	500*
SELENIO	microg/L	<3.89	10*	10*	20*	NR	NR	500*
BERILIO	microg/L	<0.620	NR	NR	100*	NR	NR	NR
LITIO	microg/L	209	NR	NR	2500*	NR	NR	NR
MOLIBDENO	microg/L	<0.290	NR	NR	10*	NR	NR	NR
SODIO	mg/L	90,64	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 56. (Continuación)

BORO	microg/L	170	NR	NR	300-4000*	5000*	NR	NR
MERCURIO	microg/L	<0.441	2*	2*	NR	10*	NR	20*
ANTIMONIO	microg/L	<1.14	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS								
RECuento COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	4,90E+02	2,00E+04	1,00E+03	<5000	NR	1,00E+03	NR
RECuento ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	1,20E+01	2,00E+03	NR	<1000	NR	2,00E+02	NR

4.3.2 Castilla- Venezuela. Presentan un comportamiento similar al de Colombia-Castilla en el cual el campo cumple la norma con un amplio rango.

Algunos parámetros no pudieron ser evaluados como lo son fósforo, fosfato, nitratos+nitritos y salinidad equivalente, debido a que estos no fueron parámetros solicitados en Castilla en el momento del estudio. Sin embargo, la norma venezolana solo tiene registro del fósforo en vertimientos con un valor es de 1.0 miligramo por litro y de nitrato + nitrito en aguas tipo 1 con un valor de 50.0 miligramos por litro.

Algunos otros parámetros no están especificados en la norma venezolana para aguas que no sean destinadas al consumo humano, esto ocurre en la mayoría de los casos con el calcio, magnesio, sodio, algunos fenoles, compuestos organofosforados y organoclorados e hidrocarburos poliaromáticos.

Las aguas tipo 3, 4, 5 y 6 no tienen en cuenta el estudio de los metales totales presentes en el agua, en la misma medida sucede con los coliformes para aguas tipo 5 y 6.

Aunque el comportamiento entre Colombia y Venezuela sigan la misma tendencia, se puede establecer que la norma venezolana es un poco más permisiva y carece de un estudio minucioso de parámetros que pueden afectar catastróficamente la biota y la salud humana.

Tabla 57. Comparación Castilla-Venezuela

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y AGUAS SUPERFICIALES ESTACIONES CASTILLA II – ACACIAS		ESTACION ACACIAS AL RIO GUAYURIBA	AGUA POTABLE	AGUAS TIPO 1		AGUAS TIPO 2		AGUAS TIPO 3	AGUAS TIPO 4		AGUAS TIPO 5	AGUAS TIPO 6	VERTIMIENTO
				TIPO 1A	TIPO 1B	TIPO 2A	TIPO 2B		TIPO 4A	TIPO 4B			
SUBMISSION 100117697	UNIIDADES	23-feb-12											
Componente		200721085											
<i>ANÁLISIS IN SITU</i>													
CAUDAL	L/s	1021	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
OXIGENO DISUELTO	mg O2/L	1,7	NR	4 < %<75	4 < %<60	NR	NR	>5	>5	>5	NR	>4	NR
SATURACION DE OD (ODS)	mgO2/L	7,21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SATURACION DE OD CALC (ODSc)	mgO2/L	6,93	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
% SATURACION DE OXIGENO	%	24,5	NR	NR	NR	NR	NR	60%	NR	NR	NR	NR	NR
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	32,9	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	31,6	fresca	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	35
PH / T (GR C)	Uni. pH	7.47/31.6	6.5- 8.5	6- 8.5	5-9	NR	NR	6.5 - 9	6.5 -8	6.5- 8	NR	NR	6—9
<i>ÁNÁLISIS DE LABORATORIO FISICOQUIMICOS</i>													
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO3/L	75,8	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CARBONATOS	mg CO3=/L	0,0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BICARBONATOS	mg HCO3-/L	92,4	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
COT	mg COT/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 57. (Continuación)

CIANURO DISUELTO	mg CN-/L	<0.010	NR	0.05	0.05	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.2
CLORUROS	mg Cl-/L	126	250	600.0	600.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CONDUCTIVIDAD	uS/cm/°C	584/25.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DBO5	mg O2/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	60
COLOR REAL	U Pt-Co	NS	<15	< 50	< 150	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	500
DQO	mg O2/L	<15.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	350
DUREZA TOTAL	mg CaCO3/L	58,1	500.0	500.0	500.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FLUORUROS	mg F-/L	0,51	0.6 -1.7	< 1.5	<3	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.5
FOSFORO TOTAL	mg P/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FOSFATO TOTAL	mg PO4(-3)/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
GYA-HIDROCARBUROS	mg/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	ausente	NR	NR
NITRATOS	mg NO3-N/L	<0.090	10.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITRITOS	mg NO2-N/L	<0.070	0.002	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITRATOS + NITRITOS	mg N/L	NS	NR	50.0	50.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITROGENO AMONIAICAL	mg NH3-N/L	<0.49	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITROGENO TOTAL	mg N/L	<1.65	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	10
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	252	NR	1500.0	1500.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	<0.10	NR	NR	NR	NR	NR	ausente	NR	NR	ausente	ausente	ausente	ausente
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	<5.00	NR	NR	NR	0	0	ausente	0	NR	ausente	ausente	ausente	60
SOLIDOS TOTALES	mg/L	253	1000.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1500.0
SULFATOS	mg SO4=L	9,97	200.0	400.0	400.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SULFUROS	mg S-2/L	<1.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.5

Tabla 57. (Continuación)

SURFACTANTES	mg SAAM/L	<0.28	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TURBIEDAD	NTU	6,21	<5	< 25	< 250	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CONTENIDO DE SALES	% peso	0,0136	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BIFENILOS POLICLORADO PCBs													
AROCLOR 1016	microg/L	<2.40E-04	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
AROCLOR 1260	microg/L	<1.90E-04	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ANALISIS DE FENOLES													
FENOLES	mg/L	<0.10	0.002	< 2	<2	NR	NR	NA	ausentes	NR	<0.002	NR	0.5
FENOL	mg/L	NA	0.002	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	<0.002	NR	NR
2-CLOROFENOL	mg/L	NA	0.002	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	<0.002	NR	NR
2-METILFENOL	mg/L	NA	0.002	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	<0.002	NR	NR
3-METILFENOL+4-METILFENOL	mg/L	NA	0.002	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	<0.002	NR	NR
2-NITROFENOL	mg/L	NA	0.002	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	<0.002	NR	NR
PESTICIDAS ORGANOCOLORADOS POCLs													
Alfa-BHC	microg/L	<2.30E-04	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	0.05
HEPTACLOR	microg/L	<3.30E-04	0.018 mg/L	0.018 mg/L	0.018 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
ALDRIN	microg/L	<2.90E-04	0.017 mg/L	0.017 mg/L	0.017 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
HEPTACLOR EPOXIDO	microg/L	<3.30E-04	NR	0.018 mg/L	0.018 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
Alfa-CLORDANO	microg/L	<7.00E-05	NR	0.003 mg/L	0.003 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
4,4'-DDE	microg/L	<3.50E-04	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
DIELDRIN	microg/L	<3.80E-04	0.017 mg/L	0.017 mg/L	0.017 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 57. (Continuación)

ENDRIN	microg/L	<1.16E-03	0.001 mg/L	0.001 mg/L	0.001 mg/L	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS POFs													
TRITILFOSFOROTIAT O	microg/L	<0.019	TOTAL 0,1 microgramos	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	0.25
ÁNÁLISIS DE METALES TOTALES													
CALCIO	mg/L	17 µg/L	75.0	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
CADMIO	mg/L	<0.200	0.005	0.01	0.01	0.005	0.005	NA	NR	NR	NR	NR	0.2
CROMO +6	mg/L	<0.015 µg/L	NR	0.05	0.05	0.05	0.05	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
CROMO	mg/L	2,76 µg/L	0.05	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
COBRE	mg/L	<2.98 µg/L	1.0	1.0	1.0	0.20	0.20	NA	NR	NR	NR	NR	1.0
PLOMO	mg/L	<0.330 µg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
NIQUEL	mg/L	0,977 µg/L	NR	NR	NR	0.50	0.50	NA	NR	NR	NR	NR	0.2
VANADIO	mg/L	1,99 µg/L	NR	NR	NR	10.0	10.0	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
MANGANESO	mg/L	25,3 µg/L	0,1	0.5	0.5	2.0	2.0	NA	NR	NR	NR	NR	2.0
ALUMINIO	mg/L	<214	NR	NR	NR	1.0	1.0	NA	NR	NR	NR	NR	5
HIERRO	mg/L	0,504 µg/L	NR	1.0	1.0	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	10
ZINC	mg/L	<152 µg/L	5.0	15.0	15.0	5.0	5.0	NA	NR	NR	NR	NR	2.0
BARIO	mg/L	1424 µg/L	1.0	1.5	1.5	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	5.0
POTASIO	mg/L	8,494 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
COBALTO	mg/L	<0.120 µg/L	NR	NR	NR	0.20	0.20	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
ARSENICO	mg/L	<2.22 µg/L	0.05	0.005	0.005	0.05	0.05	NA	NR	NR	NR	NR	0.5
SELENIO	mg/L	<3.89 µg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	NA	NR	NR	NR	NR	0.2
SODIO	mg/L	90,64 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 57. (Continuación)

BORO	mg/L	170 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
MERCURIO	mg/L	<0.441 µg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	NA	NR	NR	NR	NR	0.01
ANTIMONIO	mg/L	<1.14 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NA	NR	NR	NR	NR	NR
ANALISIS BACTERIOLOGICOS													
RECuento COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	4,90E+02	Ausente/100 ml	< 50 /100 ml	< 5000 /100 ml	500.0	<5000.0	5000 < N <50000	<1000	>50000	NR	NR	1000.0
RECuento ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	1,20E+01	AUSENCIA	NR	NR	50.0	<1000	NR	< 200	<1000	NR	NR	500.0

4.3.3 Castilla- Brasil. Aún teniendo una norma mas especifica en el estudio de los elementos presentes en el agua, no es una barrera para el cumplimiento de castilla.

Ejemplos contundentes del cumplimiento los vemos representados en parámetros como el cadmio que presenta un valor menor a 0.2 microg/L en castilla, mientras que el valor de cumplimiento para la norma brasilera es de 200 microg/L en vertimiento y en aguas dulces salinas y salobres el promedio es de 1 microg/L.

En los valores permisibles para vertimiento no se tienen en cuenta elementos como los hidrocarburos poliaromaticos, los pesticidas organoclorados y organofosforados, y los coliformes ya sean fecales o totales. Igualmente le ocurre a las aguas salinas clase 3 y salobres clase 3. Para las demás categorías, estos parámetros son requeridos en microgramos por litro lo que a diferencia de la norma colombiana permite construir una visión general del comportamiento del campo castilla respecto a esta normativa, dando como resultado el cumplimiento total.

Un parámetro que presenta un comportamiento bastante comprometedor es el de grasas y aceites hidrocarburos, debido a que la norma brasilera es significativamente flexible, permitiendo en vertimientos una concentración de 20 mg/L y Castilla cumple con un valor menor a 2 mg/L. El amplio rango puede comprometer los ecosistemas que reciban influencia directa por parte del vertido. Para las demás categorías castilla estaría fuera de especificaciones debido a que la norma no permite la presencia de dichos elementos.

Tabla 58. Comparación Castilla- Brasil

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y AGUAS SUPERFICIALES ESTACIONES CASTILLA II – ACACIAS		SALIDA ACACIAS AL RIO GUAYURIBA	AGUAS DULCES				AGUAS SALINAS			AGUAS SALOBRES			VERTIMIENTO
			CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	
SUBMISSION 100117697	UNIDADES	23-feb-12											
Componente		20072108 5											
ANÁLISIS IN SITU													
CAUDAL	L/s	1021	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
OXIGENO DISUELTO	mg O ₂ /L	1,7	NR	5	4	>2.0	>6	5	4	5	4	3	NR
SATURACION DE OD (ODS)	mgO ₂ /L	7,21	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	31,6	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	<40
PH / T (GR C)	Uni. pH	7.47/3 1.6	6-9	6-9	6-9	6-9	6.5-8.5	NR	6.5-8.5	6.5-8.5	NR	5-9	5-9
ÁNÁLISIS DE LABORATORIO FISICOQUIMICO													
ALCALINIDAD TOTAL	mg CaCO ₃ /L	75,8	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CARBONATOS	mg CO ₃ =/L	0,0	NR	NR	NR	NR	3	5	10	3	5	10	NR
COT	mg COT/L	<2.00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CIANURO DISUELTO	mg CN-/L	<0.010	0.005	0.005	0.022	NR	0.001	0.001	NR	0.001	NR	NR	0.2
CLORUROS	mg Cl-/L	126	250	250	250	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DBO ₅	mg O ₂ /L	<2.00	3	5	10	3	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
COLOR REAL	U Pt-Co	NS	NR	<75	75	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 58. (Continuación)

DQO	mg O ₂ /L	<15.0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DUREZA TOTAL	mg CaCO ₃ /L	58,1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
FLUORUROS	mg F-/L	0,51	1,4	1,4	1,4	NR	1,4	NR	NR	1,4	NR	NR	10
FOSFORO TOTAL	mg P/L	NS	0.020	0.030	0.0775	NR	0.062	0.093	NR	0.124	0.186	NR	NR
FOSFATO TOTAL	mg PO ₄ (-3)/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
GYA-HIDROCARBUROS	mg/L	<2.00	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausente	Ausente	Ausentes	Mini	Ausente	Mínimo	Mini	20
NITRATOS	mg NO ₃ -N/L	<0.090	10	10	10		0.40	0.70	NR	0.40	0.70	NR	NR
NITRITOS	mg NO ₂ -N/L	<0.070	1	1	1.0	NR	0.07	0.20	NR	0.07	0.20	NR	NR
NITRATOS + NITRITOS	mg N/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
NITROGENO AMONIACAL	mg NH ₃ -N/L	<0.49	1.8	1.8	5.52	NR	0.40	0.70	NR	0.40	0.70	NR	20
NITROGENO TOTAL	mg N/L	<1.65	< 1,27 lentico y <2,18 lotico	< 1,27 lentico y <2,18 lotico	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SALINIDAD EQUIVALENTE	mg NaCl/L	NS	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	252	500	500	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	<0.10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0	ausente	NR	0	1
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	<5.00	NR	NR	0	NR	0	NR	0	ausente	NR	0	0
SOLIDOS TOTALES	mg/L	253	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SULFATOS	mg SO ₄ =/L	9,97	250	250	250	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
SULFUROS	mg S-2/L	<1.00	0.002	0.002	0.3	NR	0.002	NR	NR	0.002	NR	NR	1.0
SURFACTANTES	mg SAAM/L	<0.28	0.5	0.5	0.5	NR	0.2	NR	NR	0.2	NR	NR	NR
TURBIEDAD	NTU	6,21	<40	100	100	<40	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 58. (Continuación)

ANÁLISIS DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)													
AROCLOR 1016	microg/L	<2.40E-04	0.001	0.001	0.001 mg/L	NR	0.03	NR	NR	0.03 mg/L	NR	NR	NR
AROCLOR 1260	microg/L	<1.90E-04	0.001	0.001	0.001 mg/L	NR	0.03	NR	NR	0.03 mg/L	NR	NR	NR
ANÁLISIS DE FENOLES													
FENOLES	mg/L	<0.10	0.003	0.004	0.01	NR	60 µg/L	NR	NR	0.003	NR	NR	0.5
FENOL	mg/L	NA	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2-CLOROFENOL	mg/L	NA	0.1 µg/L	0.1 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,4-DIMETILFENOL	mg/L	NA	0.3 µg/L	0.3 µg/L	30 µg/L	NR	30 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,4-DICLOROFENOL	mg/L	NA	0.3 µg/L	0.3 µg/L	30 µg/L	NR	30 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,3,6-TRICLOROFENOL	mg/L	NA	0.01 µg/L	0.01 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
PENTAFLOROFENOL	mg/L	NA	0.009 µg/L	0.009 µg/L	0.009 µg/L	NR	7.9 µg/L	13 µg/L	NR	7.9 µg/L	13 µg/L	NR	NR
ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS POLIAROMÁTICOS (PAHs)													
BENZO(A)ANTRACENO	mg/L	<2.50E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	700 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CRISENO	mg/L	<2.50E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BENZO(B)FLUORANTENO	mg/L	<2.60E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BENZO(K)FLUORANTENO	mg/L	<2.80E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BENZO(A)PIRENO	mg/L	<2.80E-4	0.05	0.06	0.7 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
INDENO(1,2,3-CD)PIRENO	mg/L	<3.60E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
DIBENZO(A,H)ANTRACENO	mg/L	<4.10E-4	0.05 µg/L	0.05 µg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ANÁLISIS PESTICIDAS ORGANOCOLORADOS (POCLs)													
ALDRIN	microg/L	<2.90E-4	0.005	0.005	0.03	NR	0.0019	0.03	NR	0.0019	0.03	NR	NR
HEPTACLOR EPOXIDO	microg/L	<3.30E-4	0.01	0.01	0.03	NR	0.001	0.053 mg/L	NR	0.001	0.053	NR	NR

Tabla 58. (Continuación)

Gamma-CLORDANO	microg/L	<9.00E-5	0.04	0.04	0.3	NR	0.004	0.09	NR	0.004	0.09	NR	NR
ENDOSULFAN I	microg/L	<3.40E-4	NR	NR	0.22	NR	0.01	NR	NR	0.01	NR	NR	NR
Alfa-CLORDANO	microg/L	<7.00E-5	0.04	0.04	0.3	NR	0.004	0.09	NR	0.004	0.09	NR	NR
4,4'-DDE	microg/L	<3.50E-4	0.002	0.002	1	NR	0.001	0.13	NR	0.001	0.13	NR	NR
DIELDRIN	microg/L	<3.80E-4	0.005	0.005	0.03	NR	0.0019m	0.03	NR	0.0019	0.03	NR	NR
ENDRIN	microg/L	<1.16E-3	0.004	0.004	0.2	NR	0.004	0.037 mg	NR	NR	0.037	NR	NR
ENDOSULFAN II	microg/L	<4.80E-4	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	0.01	NR	NR	NR
4,4'-DDD	microg/L	<6.00E-4	0.002	0.002	1	NR	0.001	0.13	NR	0.001	0.13	NR	NR
ENDOSULFAN SULFATO	microg/L	<7.10E-4	0.056	0.056	NR	NR	NR	NR	NR	0.01	NR	NR	NR
4,4'-DDT	microg/L	<1.20E-3	0.002	0.002	1	NR	0.001	0.13	NR	0.001	0.13	NR	NR
METOXICLORO	microg/L	<1.94E-3	0.03	NR	20	NR	NR	NR	NR	0.03	NR	NR	NR
ANÁLISIS DE PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS (POFs)													
METILPARATION	microg/L	<0.036	0.04	0.04	35	NR	NR	NR	NR	0.04	NR	NR	NR
ETILPARATION	microg/L	<0.033	0.04	0.04	35	NR	NR	NR	NR	0.04	NR	NR	NR
ANÁLISIS DE METALES TOTALES													
CALCIO	mg/L	17,00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
CADMIO	microg/L	<0.200	0.001 mg	0.001 mg	0.01 mg	NR	0.005 mg	0.04	NR	0.005 mg	0.04 mg	NR	0.2 mg
CROMO +6	mg Cr+6/L	<0.015	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1.1	NR	NR
CROMO	microg/L	2,76	0.05	0.05 mg	0.05 mg	NR	0.05 mg	1.1	NR	NR	NR	NR	0.5 mg
COBRE	microg/L	<2.98	0.009 mg	0.009 mg	0.013 mg	NR	0.005 mg	7.8	NR	0.005mg	7.8	NR	1.0 mg
PLOMO	microg/L	<0.330	0.01 mg/	0.01 mg/	0.033 mg	NR	0.01 mg/	0.21 mg	NR	0.01 mg/	0.210	NR	0.5 mg
NIQUEL	microg/L	0,977	0.025 mg	0.025 mg	0.025 mg	NR	0.025mg	74	NR	0.025mg	74	NR	2.0 mg
VANADIO	microg/L	1,99	0.1 mg/L	0.1 mg/L	0.1 mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
MANGANESO	microg/L	25,3	0.1 mg/L	0.1 mg/L	0.5 mg/L	NR	0.1 mg/L	NR	NR	0.1 mg/L	NR	NR	1.0 mg

Tabla 58. (Continuación)

PLATA	microg/L	<11.9	0.01mg/L	0.01 mg/	0.05 mg	NR	0.005mg	NR	NR	0.005mg	NR	NR	0.1 mg
MAGNESIO	mg/L	2,499	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ALUMINIO	microg/L	<214	0.1 mg/L	0.1 mg/L	0.2 mg/L	NR	1.5 mg/L	NR	NR	0.1 mg/L	NR	NR	NR
HIERRO	mg/L	0,504	0.3	0.3	5.0	NR	0.3	NR	NR	0.3	NR	NR	15
ZINC	microg/L	<152	0.18 mg/	0.18 mg/	5 mg/L	NR	0.09 mg/	0.12 mg	NR	0.09 mg/	0.12 mg/	NR	5.0 mg
BARIO	microg/L	1424	0.7 mg/L	0.7 mg/L	1.0 mg/L	NR	1.0 mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	5.0 mg
COBALTO	microg/L	<0.120	0.05mg/L	0.05mg/L	0.2 mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ARSENICO	microg/L	<2.22	0.01 mg	0.01 mg/L	0.033 mg	NR	0.01 mg	0.069 mg/L	NR	0.01 mg	0.069	NR	0.5 mg
SELENIO	microg/L	<3.89	0.01mg/L	0.01 mg/l	0.05 mg	NR	0.01 mg/	0.29 mg/L	NR	0.01 mg/	0.29 mg/	NR	0.30
BERILIO	microg/L	<0.620	0.04 mg	0.04 mg/L	NR	NR	5.3 mg/L	NR	NR	5.3	NR	NR	NR
LITIO	microg/L	209	2.5 mg/L	2.6 mg/L	2.5 mg/L	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
BORO	microg/L	170	0.5mg/L	0.5 mg/L	0.75 mg/L	NR	5.0 mg/L	NR	NR	0.5 mg/L	NR	NR	5.0 mg
MERCURIO	microg/L	<0.441	0.0002	0.0002	0.002 mg	NR	0.0002	1.8 mg/L	NR	0.0002	1.8	NR	0.01
ANTIMONIO	microg/L	<1.14	0.005 mg	0.005 mg	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS													
RECuento COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	4,90E+02	<200	<200	<2500	NR	<1000	<2500	NR	<200	<2500	NR	NR
RECuento ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	1,20E+01	NR	<1000	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

4.3.4 Castilla- México. Como ya se había mencionado en el capítulo anterior, México solo tiene en cuenta metales y algunos parámetros físicos, por esta razón el cumplimiento de castilla solo pudo ser evaluado entre estos elementos.

El parámetro de grasas y aceites hidrocarburos es un elemento que Castilla cumple a cabalidad, evidenciado en el valor que reporta de 1,6 mg/L, mientras el promedio de México es de 15 mg/L para un promedio mensual y 25 mg/L para un promedio diario. El mismo comportamiento presentan los sólidos suspendidos donde con un valor de 5 mg/L se cumple para castilla mientras el valor de la norma para México es de 120 mg/L para un promedio diario.

El único parámetro con el que no cumple Castilla es el de coliformes totales debido a que México exige la ausencia por cada 100 ml para agua potable mientras que Castilla reporta un valor de 490 miligramos por litro.

Tabla 59. Comparación Castilla- México

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y AGUAS SUPERFICIALES ESTACIÓN CASTILLA II - ACACIAS		SALIDA ESTACION ACACIAS AL RIO GUAYURIBA	CALIDAD DEL AGUA POTABLE	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																			
				RIOS						AGUAS COSTERAS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				SUELO			
				Uso en Riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en Riego Agrícola (B)		Uso Público Urbano (C)		Uso en Riego Agrícola (A)		Humedales Naturales (B)	
ANÁLISIS IN SITU	Unidad		LÍMITE	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D		
% SATURACION DE OXIGENO	%	24,55	NA	N.A	N.A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
TEMPERATURA AMBIENTE	°C	32,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40	40	40	40	N.A	N.A	40	40	
PH / T (GR C)	Uni. pH	7.65/2 9.7	6,5 – 8,5	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	5,0 -10,0	
DUREZA TOTAL	mg /L	58,1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
COLOR REAL	U Pt-Co	NS	20 U	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
GRASAS ACEITES ^Y	mg/L	1,16	NA	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	25	
CIANURO DISUELTO	mg CN- /L	<0.010	0,07	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
CLORUROS	mg/L	126	250	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	<5.00	NA	150	200	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 59. (Continuación)

SOLIDOS DISUELTOS	mg/L	252	1000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SOLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L	<0.10	NA	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A	N.A	1	2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	314	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	75	125	40	60	N.A	N.A	75	125	
SULFATOS	mg/L	9,97	400	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NITRATOS	mg/L	<0.090	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NITRITOS	mg/L	<0.070	0,05	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<0.49	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
NITROGENO TOTAL	mg/L	<1.65	NA	40	60	40	60	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	40	60	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A
FOSFORO TOTAL	mg/L	NS	NA	20	30	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A
DDT	µg/L	<1.20 E-03	1,0 mg/ L	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
FLUORUROS	mg/ L	NS	1,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SODIO	meq/L	3,94	200 mg/L	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
TURBIEDAD	NTU	6,21	5 U	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ANALISIS DE METALES																							
CROMO	mg/L	2,76 µg/L	0,05	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	NA	NA
CADMIO	mg/L	<0.200 µg/L	0,005	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
COBRE	mg/L	<2.98 µg/L	2,0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
PLOMO	mg/L	<0.330 µg/L	0,01	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.5	1.0	0.2	0.4	5.0	10.0	0.2	0.4
NIQUEL	mg/L	0,977	NA	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2.0	4.0	2.9	4.0	2-0	4.0	2.0	4.0

Tabla 59. (Continuación)

ZINC	mg/L	<152	5,0	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20.0	10.0	20.0	10.0	20.0	10.0	20.
BARIO	mg/L	1424	0,70	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ARSENICO	mg/L	<2.22	0,01	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
MERCURIO	mg/L	<0.441	0,001 mg/L	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01
ANALISIS DE FENOLES																							
FENOLES	mg/L	<0.10	0,001	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ANALISIS BACTERIOLOGICOS																							
RECuento COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	4,90E+02	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
RECuento ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	1,20E+01	NA	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000	1000	2000

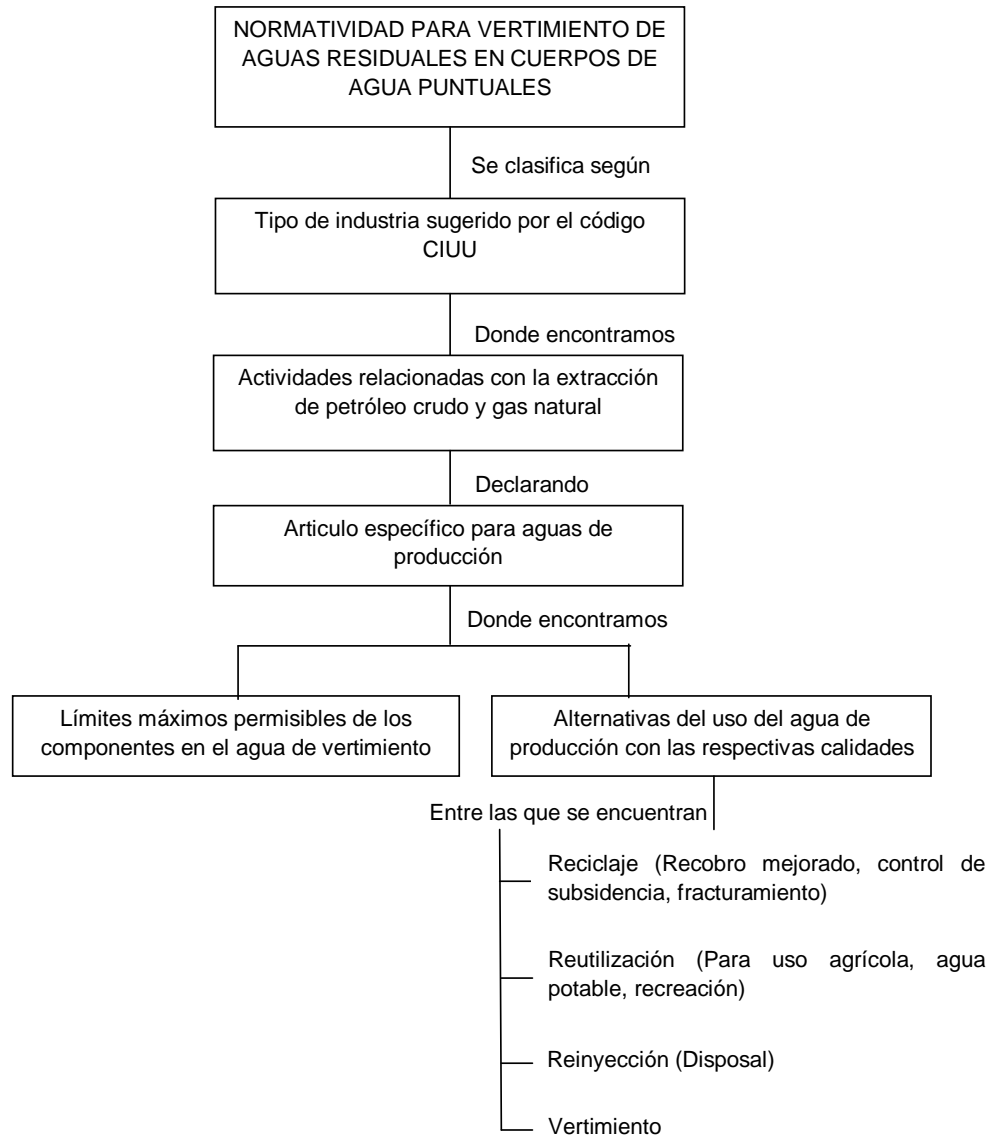
5. PROPUESTA PARA NORMATIVIDAD DE VERTIMIENTO DE AGUA DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LOS HIDROCARBUROS EN AFLUENTES NATURALES

A partir de la investigación realizada y teniendo en cuenta estándares internacionales surgió la necesidad de crear una propuesta más específica para la normatividad de vertimientos en Colombia. Básicamente la propuesta de la norma tiene la estructura general mostrada en la figura 29.

La primera clasificación se propone debido a que cada industria tiene procesos diferentes y por lo tanto residuos diferentes, lo que hace necesario agrupar actividades que hagan referencia al mismo tipo de industria. En este caso de estudio la de interés es la de los hidrocarburos y todas las actividades relacionadas con esta. Refiriéndose específicamente a este sector, es necesario establecer diferencias entre las áreas de desempeño, debido a que no todas tienen las mismas características y es aquí donde se propone el estudio específico de las actividades relacionadas únicamente con la extracción de petróleo crudo y gas natural. Esta clasificación sirve como punto de partida para la formulación de un artículo específico para el agua de producción en el cual se establecen valores máximos de los parámetros contaminantes que tienen impacto directo sobre los ecosistemas relacionados y sobre la salud humana, también se propone una sección específica con los posibles usos del agua con las calidades necesarias para dicho fin. En este estudio solo se realiza la propuesta, mas no se establecen estos parámetros, pues requiere de otro tipo de análisis.

La norma que se propone es basada en el proyecto de norma número cuatro realizado por Carlos Arturo Álvarez y Martha Liliana Gómez. La sección modificada fue la de hidrocarburos.

Figura 29. Esquema general de la propuesta para la norma de vertimientos en Colombia.



Fuente: Autores

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

RESOLUCION NÚMERO

(###)

“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales de aguas de producción de la industria de hidrocarburos a cuerpos de aguas superficiales, y se dictan otras disposiciones.”

EI MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE en uso de sus facultades legales y en especial las conferidas en el Numeral 25 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 49 de la Constitución Política establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado.

Que los artículos 79 y 80 de la Constitución Política establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que de acuerdo con artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, modificado con el artículo 1 del Decreto 4728 de 2010, corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, fijar los parámetros y los límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos a las aguas superficiales, marinas, a los sistemas de alcantarillados público y al suelo asociado a un acuífero. Además, establece que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de los diez (10) meses, contados a partir

de la fecha de publicación del Decreto, expedirá las normas de vertimientos puntuales a aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

Que de acuerdo con el artículo 29 del Decreto 3930 de 2010, la autoridad ambiental competente con fundamento en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH, podrá fijar valores más restrictivos a las normas de vertimiento que deben cumplir los vertimientos al cuerpo de agua o al suelo asociado a un acuífero. Igualmente, la autoridad ambiental competente podrá exigir valores regionales más restrictivos en el vertimiento o realizar exigencias particulares a aquellos generadores que aún cumpliendo con la norma de vertimiento, ocasionen concentraciones en el cuerpo receptor que excedan los criterios de calidad para el uso o usos asignados al recurso, debiéndose realizar en todos estos casos los estudios técnicos que lo justifiquen.

Que el artículo 62 del Decreto 3930 de 2010, considera a los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV como un mecanismo facilitador para el cumplimiento de las normas de vertimiento; mecanismo que conforme al numeral 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993, puede ser objeto de regulación por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual definirá los procedimientos para su implementación y aplicación por parte de los generadores de vertimientos que desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicio.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

ARTÍCULO 1. Objeto. La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deben cumplir los vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales.

ARTÍCULO 2. Definiciones. Para los fines de la presente Resolución se adoptan las definiciones y acrónimos contenidos en el Glosario.

ARTÍCULO 3. Ámbito de aplicación. Las disposiciones de la presente Resolución se aplican a los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales en el territorio nacional.

CAPÍTULO II

DISPOSICIONES APLICABLES A LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES

ARTÍCULO 4. Norma de vertimiento y parámetros a monitorear en los vertimientos. La Autoridad Ambiental Competente, en el marco de las competencias establecidas en Ley 99 de 1993, exigirá el cumplimiento de los valores límite máximos permisibles de los parámetros definidos para los generadores que desarrollan las diferentes actividades productivas contempladas en la presente resolución, aplicando lo contemplado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas en su Revisión 4 Adaptada para Colombia (CIIU Rev. 4 A.C.) de enero de 2012, ó aquella que la modifique o sustituya.

ARTÍCULO 5. Exigencias adicionales en los valores límite máximos permisibles. Sin perjuicio del rigor subsidiario, las Autoridades Ambientales Competentes deben exigir valores límite máximos permisibles más restrictivos en los parámetros objeto de control en los vertimientos puntuales, cuando se presente alguna de las siguientes situaciones:

1. Si el cuerpo de agua receptor no ofrece una capacidad de asimilación y resiliencia, que permita satisfacer los criterios de calidad para la destinación del recurso en sus usos actuales y potenciales.
2. Los objetivos de calidad establecidos para el cuerpo de agua continental superficial receptor hacen necesario tener eficiencias de tratamiento que permitan tener una mayor reducción de los valores de los parámetros objeto de control en el vertimiento.

ARTÍCULO 6. Del cumplimiento de la norma de vertimiento cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua. El generador, mediante balances de materia y energía ó con el empleo de otras herramientas técnicas, y con la realización de la caracterización, efectuará la determinación de las cantidades de las diferentes sustancias presentes en el flujo de agua que ingresa al sistema, sea mediante el suministro de agua por acueducto o por medio de concesión de aguas.

Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en el mismo cuerpo de agua para los casos de concesión de aguas ó cuando el suministro de agua sea mediante un prestador del servicio público de acueducto, en las mediciones realizadas para la caracterización de los vertimientos se procederá a realizar la sustracción de las cargas másicas de las diferentes sustancias existentes en el punto de captación ó en el punto de ingreso

del acueducto, con el fin de proceder a determinar los valores netos presentes en el vertimiento; de esta forma se efectúa la comparación entre los valores obtenidos y la norma, conceptuándose sobre el cumplimiento de los valores límite máximos permisibles de los parámetros según lo establecido en el permiso de vertimientos respectivo.

Esta consideración se aplica en las caracterizaciones efectuadas en el marco de los monitoreos realizados en los vertimientos puntuales.

ARTÍCULO 7. Vertimiento en áreas de influencia directa de aguas marinas. Cuando el vertimiento puntual se realice al medio natural a través de un cauce o canal que inmediata y directamente descargue al medio marino y no existan aguas abajo concesiones, se aplicará la norma de vertimiento al medio marino.

ARTÍCULO 8. Vertimientos de generadores que desarrollan varias actividades productivas. Cuando el generador desarrolla varias actividades industriales, comerciales o de servicio y tiene redes internas independientes y separadas para la gestión diferenciada de los vertimientos, la norma de vertimiento a cumplir corresponderá a la de cada actividad específica generadora del vertimiento.

Las aguas residuales domésticas deben recolectarse internamente en las instalaciones del generador a través de una red separada e independiente de la red que recolecta y conduce los otros vertimientos de la actividad productiva, siguiendo lo establecido en la Ley 142 de 1994, o aquella que la modifique o sustituya. Solo en casos excepcionales y debidamente justificados técnicamente, se podrá realizar la combinación de ambos vertimientos puntuales para su tratamiento, si esto conlleva un mejor proceso de gestión.

Si dos (2) o más de los vertimientos se gestionan de forma conjunta, entonces la norma de vertimiento a cumplir corresponderá a la suma de todos los parámetros

correspondientes a cada actividad productiva que tiene combinados sus vertimientos y se aplican los valores más restrictivos de cada parámetro en el vertimiento.

Se podrá realizar la descarga conjunta de parte o de todos los vertimientos puntuales, previo cumplimiento de la norma de vertimientos para cada flujo, empleando la misma estructura hidráulica y los puntos de toma de muestras para el monitoreo de los vertimientos deben localizarse antes del punto de mezcla.

ARTÍCULO 9. Vertimientos Contingentes. Para aquellos generadores que han definido que no tienen vertimientos en sus actividades productivas, pero que cuentan con servicio de acueducto, concesión de aguas o que consumen agua de otras fuentes y que el sistema de tratamiento de los vertimientos puntuales sea con fines de reuso, de reciclaje o de reutilización de éstas aguas ó se realice el tratamiento térmico de las mismas, el generador deberá contar con permiso de vertimiento de acuerdo con el artículo 41 del Decreto 3930 de 2010 ó aquel que lo modifique ó sustituya, ó realizar la gestión del vertimiento a través de terceros en consonancia con lo establecido en el artículo 60 del Decreto 3930 de 2010 ó aquel que lo modifique ó sustituya, cuando quiera que se pueda generar un vertimiento de carácter ocasional por eventos de fuerza mayor o caso fortuito, de acuerdo con lo contemplado en la Ley 95 de 1890.

Si el vertimiento de carácter ocasional por eventos de fuerza mayor o caso fortuito, de acuerdo con lo contemplado en la Ley 95 de 1890, se realiza al alcantarillado público el generador deberá cumplir con los valores límite máximos permisibles de acuerdo con la actividad productiva y dar aviso previo al prestador del servicio de alcantarillado antes de efectuar el vertimiento, según lo contemplado en el Decreto 3930 de 2010 ó aquel que lo modifique, ó sustituya, ó realizar la gestión del vertimiento a través de terceros en consonancia y según lo establecido en el artículo 60 del Decreto 3930 de 2010 ó aquel que lo modifique, ó sustituya, en el

marco del Plan de Contingencias y Emergencias para el Derrame de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas definido en el Decreto – Ley 321 de 1999.

ARTÍCULO 10. Dilución de Vertimientos en los Procesos Productivos. Las aguas lluvias y su alcantarillado pluvial deben estar separados del alcantarillado de aguas residuales al interior de los procesos productivos, tal como está establecido en la normativa aplicable.

La mezcla de las aguas lluvias con las aguas residuales o la combinación de las mismas en la red de alcantarillado interna de los procesos productivos, se considera una actividad de dilución de vertimientos.

Los posibles reboses de unidades de almacenamiento y tratamiento de aguas residuales, deben gestionarse de acuerdo con las actividades contempladas en el Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos – PGRMV definido en el Decreto 3930 de 2010 o aquel que lo modifique o sustituya para usuarios de la Autoridad Ambiental Competente; ó el Plan de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas definido en el Decreto – Ley 321 de 1999 o aquel que lo modifique o sustituya para usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado.

Parágrafo Primero. La combinación de las redes del alcantarillado público de aguas residuales y las del alcantarillado pluvial, debe obedecer a las consideraciones establecidas en la Resolución 1096 de 2000 ó aquella que la modifique ó sustituya aplicando lo contemplado en el Título D del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, ó aquel que lo modifique o sustituya.

Parágrafo Segundo. Las aguas de escorrentía superficial al interior de los procesos productivos de zonas de acopio ó almacenamiento, zonas operativas de proceso, zonas de manejo de insumos, zonas de materias primas, zonas de productos y subproductos y zonas de gestión de residuos, así como áreas de parqueaderos y estacionamientos, en los cuales se pueda presentar la incorporación al flujo de agua de escorrentía superficial de sustancias potencialmente contaminantes se consideran éstas como aguas residuales y deben gestionarse como tales para su vertimiento por parte del que realiza la actividad productiva.

ARTÍCULO 11. Prohibiciones. En los vertimientos puntuales está prohibida la presencia de las siguientes sustancias:

Tabla 60. Prohibiciones de los vertimientos puntuales (propuesta)

NOMBRE	FORMULA QUIMICA
Acrilonitrilo	C_3H_3N
Acroleína	C_3H_4O
Asbesto (polvo y fibras)	NA
Bencidina	$C_{12}H_{12}N_2$
Cloroalcanos ($C_{10}-C_{13}$ y $C_{14}-C_{17}$)	NA
Cloroalquil éteres	NA
Clorobencenos	$C_6H_4Cl_2$
2 – Cloroetil vinil éter (mezclado)	C_4H_7ClO
Cloroformo (Triclorometano)	$CHCl_3$
Cloruro de Trifenilestaño	$(C_6H_5)_3SnCl$
Cloruro de Vinilo [Cloroetileno]	C_2H_3Cl
Compuestos Orgánicos Persistentes de la Ley 1196 de 2008 ó aquella que la modifique ó sustituya	NA
Cresoles	C_7H_8O
Cromo hexavalente	Cr^{+6}
3, 3 Diclorobencidina	$C_{12}H_{10}Cl_2N_2 \cdot 2ClH$
Diclorometano	CH_2Cl_2
Dicloropropano	$C_3H_6Cl_2$
Dicloropropeno	$C_3H_4Cl_2$
Di [2 etilhexil] ftalato [DEHP]	$C_{26}H_{44}[COOCH_2CH(C_2H_5)(CH_2)_3CH_3]_2$

Tabla 60. (Continuación)

NOMBRE	FORMULA QUIMICA
1,2 – Difenilhidracina	$C_{12}H_{12}N_2$
2,4 – Dimetilfenol	$C_8H_{10}O$
2,4 – Dinitrotolueno	$C_7H_6N_2O_4$
Etanos Clorados	NA
Fenoles Clorados	NA
Formaldehído	CH_2O
Ftalato ésteres	NA
Haloéteres	NA
Halometanos	NA
Hexaclorobutadieno	C_4Cl_6
Hexaclorociclohexano (Todos los isómeros)	$C_6H_6Cl_6$
Hexaclorociclopentadieno	C_5Cl_6
Isoforón	$C_9H_{14}O$
Mercurio Orgánico	Hg
Naftalenos clorados	$C_{10}H_{8-n}Cl_n (n = 1 - 8)$
Naftaleno	$C_{10}H_8$
Nitrobenceno	$C_6H_5NO_2$
2 – Nitrofenol	$C_6H_5NO_3$
Nitrosaminas	NA
Nonilfenoles	NA
Óxido Tributilestaño	$C_{24}H_{54}OSn_2$
Pentabromofeniléter	$C_{12}H_5Br_5O$
Sulfuro de Carbono	CS_2
Tetracloruro de Carbono	CCl_4
Tricloroetileno	C_2HCl_3

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, versión 4.0 borrador del proyecto norma, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones Bogotá D.C, mayo 2012.

Parágrafo Primero. La presencia de las sustancias contempladas en el presente artículo, se considera en función del límite de detección de la técnica analítica, el método de análisis y el equipo empleado en la determinación de la concentración.

Parágrafo Segundo. Se prohíbe la disolución de residuos líquidos, sólidos o gaseosos procedentes de los procesos productivos como alternativa de disposición de los mismos a través de los vertimientos sin efectuar el respectivo tratamiento.

ARTÍCULO 12. Valores límite de carga contaminante, expresada en kg/día DQO, en vertimientos puntuales a cuerpos de agua continentales superficiales. Cuando la carga contaminante expresada en DQO en el(los) vertimiento(s) puntual(es) de aguas residuales de un generador a cuerpos de agua superficiales sea superior a 4.000,0 kg/día de DQO, se deberá efectuar la gestión del mismo por parte del generador, de tal manera que la concentración de DQO en los caudales o volúmenes superiores a la carga límite anteriormente definida en el(los) vertimiento(s) puntual(es), sea menor a 100 mg/L.

CAPÍTULO III

PARÁMETROS OBLIGATORIOS A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES.

ARTÍCULO 13. Obligatoriedad de medición de flujo. El generador de vertimientos puntuales debe implementar en la estructura hidráulica de transporte de los vertimientos y con carácter permanente, elementos, equipos o infraestructura para la determinación del flujo volumétrico (caudal) del vertimiento.

ARTÍCULO 14. Parámetros Físicoquímicos de Medición Obligatoria. Para la caracterización de los vertimientos, los parámetros que deben medirse In Situ para cada una de las muestras tomadas del mismo son los siguientes:

- pH (Unidades de pH)

- Temperatura (°C)
- Sólidos Sedimentables (mL/L)
- Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Caudal Volumétrico (L/s)

Igualmente, debe realizarse el análisis de los siguientes parámetros en la(s) muestra(s) puntual(es) o compuesta(s) representativas, obtenidas de la caracterización del vertimiento y aplicando lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos definido en el artículo 34 del Decreto 3930 de 2010, modificado con el artículo 2 del Decreto 4728 de 2010:

- ✓ Acidez Total (mg/L CaCO_3)
- ✓ Alcalinidad Total (mg/L CaCO_3)
- ✓ Dureza Cálcica (mg/L CaCO_3)
- ✓ Dureza Total (mg/L CaCO_3)
- ✓ Color Real (m^{-1})

Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda:

- ✓ λ (1) = 436 nanómetros
- ✓ λ (2) = 525 nanómetros
- ✓ λ (3) = 620 nanómetros

Los valores de la medición de Conductividad Eléctrica, Caudal, Acidez Total, Alcalinidad Total, Dureza Cálcica, Dureza Total y Color Real, deben reportarse en los informes de cada caracterización realizada de acuerdo con el plan de monitoreo contemplado.

ARTÍCULO 15. Parámetros Microbiológicos de Medición Obligatoria. Se tomará como el principal indicador de contaminación fecal la determinación de coliformes termotolerantes (antiguamente denominados como fecales) y *Escherichia coli*.

Si existieran eventos y situaciones de fuerza mayor o caso fortuito con riesgo sanitario, donde fuera necesario la detección de patógenos, se realizaría la determinación de: Bacterias, Virus (Fagos), Protozoarios (*Giardia* y *Cryptosporidium*) y Parásitos (Helmintos).

Todos los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales deben ser sometidas a tratamiento, de tal manera que la concentración en el vertimiento sea menor o igual a $1,0 \cdot 10^5$ en unidades de Número más Probable (NMP/100 mL) de *Escherichia coli*.

ARTÍCULO 16. Exclusiones. La presente norma no incluye la determinación de normas y parámetros con sus valores límite máximos permisibles para vertimientos originados en instalaciones o actividades productivas que utilicen y puedan verter sustancias radiactivas o radioisótopos. La determinación de los criterios de calidad de los vertimientos que contengan dichas sustancias para estos parámetros específicos, corresponde según la normativa específica al Servicio Geológico Colombiano ó quien haga sus veces, ó aplicando aquella norma que modifique o sustituya dicha competencia.

CAPÍTULO IV

PARÁMETROS GENERALES A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES Y VALORES LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES.

ARTÍCULO 17. Valores Límite Máximos Permisibles en los Vertimientos Puntuales de los Parámetros de pH y Temperatura. Los valores límites máximos permisibles en los Vertimientos Puntuales de los parámetros de pH y temperatura, de acuerdo con el sistema receptor, son:

Para vertimientos puntuales a un cuerpo de agua superficial son los siguientes.

Tabla 61. Límites máximos permisibles para pH y temperatura (propuesta)

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades de pH	6,0 a 8,5
Temperatura	°C	La diferencia de temperatura en todo momento entre el vertimiento y el cuerpo de agua superficial receptor (aguas arriba del punto de vertimiento y por fuera de la influencia de la zona de mezcla), debe ser menor a 5,0 °C en función valor absoluto.

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, versión 4.0 borrador del proyecto norma, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones Bogotá D.C, mayo 2012.

ARTÍCULO 18. Concentraciones Residuales de Ingredientes Activos de Plaguicidas. Los generadores de vertimientos puntuales de aguas residuales a quienes corresponda monitorear residuos de ingredientes activos de plaguicidas, no deben superar los valores límite máximos permisibles que se señalan a continuación.

1. La concentración máxima aceptable presente en el vertimiento es de 1,0 µg/L para cada una de las siguientes características químicas:
 - a. Los ingredientes activos de plaguicidas con características químicas reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social como cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas o las referencias reconocidas por el mencionado Ministerio. No se incluye el asbesto, pues se considera cancerígeno sólo por inhalación.
 - b. Los ingredientes activos de plaguicidas con características químicas cuyo valor de Dosis Letal Oral (DL50 oral) en ratas mínimo reconocido sea menor a 20 mg/kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de la Protección Social.
 - c. Los ingredientes activos de plaguicidas con características toxicológicas cuya información reconocida por el Ministerio de Salud y Protección Social, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.
 - d. Los ingredientes activos de plaguicidas sobre los que se considere necesario por parte del Ministerio de Salud y Protección Social aplicar normas de precaución, en el sentido de que a pesar de no poseer suficiente información científica, se considere necesario adoptar medidas para prevenir daños graves o irreversibles a la salud de las personas, en razón a las condiciones de uso y manejo de las mismas.

2. La concentración máxima aceptable presente en el vertimiento es de 10,0 µg/L para los ingredientes activos de plaguicidas no considerados en el Numeral 1 del presente artículo, cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL50 oral) en ratas más

bajos conocidos se encuentren entre 21,0 y 200,0 mg/kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social.

3. La concentración máxima aceptable presente en el vertimiento es de 100,0 µg/L para los ingredientes activos de plaguicidas no consideradas en los Numerales 1 y 2 del presente artículo, cuyos valores de Dosis Letal Oral (DL50 oral) en ratas más bajos conocidos se encuentren entre 201,0 y 2.000,0 mg/kg de peso corporal, según las referencias reconocidas por el Ministerio de Salud y Protección Social.

Parágrafo Primero. La concentración total de ingredientes activos de plaguicidas del presente artículo, se ajustarán como se señala a continuación:

1. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 1,0 µg/L podrá ser de 10,0 µg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.

2. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 10,0 µg/L podrá ser de 100,0 µg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.

3. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas cuyo valor individual máximo admisible sea de 100,0 µg/L podrá ser de 1.000,0 µg/L como máximo, sin que en ningún caso se excedan los valores individuales.

Parágrafo Segundo. La suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas no podrá ser superior a 1.000,0 µg/L, y en ningún caso se

podrán superar las concentraciones individuales de acuerdo a su categoría toxicológica.

Parágrafo Tercero. Para aquellos ingredientes activos de plaguicidas que tengan características de ecotoxicidad acuática, deberán definirse exigencias adicionales de carácter restrictivo por parte de la Autoridad Ambiental Competente para el generador del vertimiento puntual.

ARTÍCULO 19. Parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de los prestadores del servicio público de alcantarillado para descargas a cuerpos de agua superficiales. A continuación se establecen los parámetros que se deben monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales y los valores límites máximos permisibles para descargas a cuerpos de agua superficiales.

Tabla 62. Parámetros a monitorear en vertimientos puntuales

CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL	
Parámetro (mg/l)	Valores límites máximos permisibles
Generales	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	400,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	200,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	200,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	5,0
Material Flotante	0,5
Grasas y Aceites	50,0
Fenoles	0,2
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	5,0
Hidrocarburos	
Hidrocarburos Totales(HTP)	5,0
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	0,1

Tabla 62. (Continuación)

Parámetro (mg/l)	Valores límites máximos permisibles
Nutrientes	
Fósforo Total (P)	5,0
Compuestos Nitrogenados	
Nitratos (N-NO₃⁻)	10,0
Nitritos (N-NO₂⁻)	2,0
Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)	10,0
Nitrógeno Total (N)	20,0
Iones	
Cianuro (CN⁻)	0,5
Metales y Metaloides	
Aluminio (Al)	1,5
Cadmio (Cd)	0,001
Cinc (Zn)	0,2
Cobre (Cu)	0,5
Cromo (Cr)	0,5
Hierro (Fe)	3,0
Mercurio (Hg)	0,001
Níquel (Ni)	0,02
Plomo (Pb)	0,03
Otros	
Residuos de Ingredientes Activos de Plaguicidas	Aplicar Artículo 19.

Fuente: COLOMBIA, MAVDT, versión 4.0 borrador del proyecto norma, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones Bogotá D.C, mayo 2012.

CAPÍTULO V

PARÁMETROS ESPECÍFICOS A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES Y VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.

ARTÍCULO 20. Exclusión de parámetros de la caracterización. Si el generador de vertimientos, como resultado de la aplicación de balances de materia y energía, la realización de la caracterización o con el empleo de otras herramientas técnicas, establece que algún(os) parámetro(s) no le aplican a su actividad, solicitará a la Autoridad Ambiental Competente la exclusión de los mismos y con ello la modificación de la(s) obligación(es) de efectuar su determinación en el Permiso de Vertimientos.

La Autoridad Ambiental Competente puede modificar el Permiso de Vertimientos, excluyendo el(los) parámetro(s) específico(s) solicitado(s) o cambiando la frecuencia para su determinación, según se defina en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos, contemplado en el artículo 34 del Decreto 3930 de 2010 (modificado con el artículo 2 del Decreto 4728 de 2010), ó aquel que lo modifique o sustituya.

ARTÍCULO 21. Parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de generadores que desarrollan actividades de los siguientes Códigos CIU:

Sección C. Explotación de yacimientos de hidrocarburos

1110. Extracción de petróleo crudo y de gas natural.

1120. Actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y de gas, excepto las actividades de prospección.

Parágrafo primero. Todas las actividades que estén relacionadas con la extracción de petróleo crudo y gas natural deben cumplir con los siguientes parámetros de calidad en sus aguas para vertimiento.

Tabla 63. Valores máximos permisibles en vertimientos de guas de producción

Parámetro	Unidad	Propuesta
ANÁLISIS IN SITU		
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	La diferencia de temperatura en la zona de mezcla en el cuerpo de agua superficial receptor, debe ser menor a 5,0 °C con respecto a la temperatura del cuerpo de agua antes de la descarga y por fuera de la influencia de la zona de mezcla.
PH / T (GR C) EN AGUAS	Uni. pH	6,0 a 9,0
GENERALES		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	400
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	200
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	180
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	2
Material Flotante	mg/L	AUSENTE

Tabla 63. (Continuación)

Parámetro	Unidad	Propuesta
Grasas y Aceites	mg/L	15-50
Fenoles	mg/L	0,2
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	4 A 10
HIDROCARBUROS		
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	mg/L	10 a 50
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP)	mg/L	1 a 10
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	µg/L	200 a 400
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	0,05 a 0,5
NUTRIENTES		
Fósforo Total (P)	mg/L	2
COMPUESTOS NITROGENADOS		
Nitrógeno Total (N)	mg N/L	No monitorear
IONES		
Cianuro (CN ⁻)	mg/L	1
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	1200 a 2000
Fluoruros (F ⁻)	mg/L	30
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	250 a 300
Sulfuros (S ²⁻)	mg S-2/L	2 a 5
METALES Y METALOIDES		
Aluminio (Al)	mg/L	2
Arsénico (As)	mg/L	0,3
Bario (Ba)	mg/L	2 a 5
Boro (B)	mg/L	2
Cadmio (Cd)	mg/L	0,040
Cinc (Zn)	mg/L	5
Cobre (Cu)	mg/L	3
Cromo (Cr)	mg/L	0,5
Estaño (Sn)	mg/L	1 a 2

Tabla 63. (Continuación)

Parámetro	Unidad	Propuesta
Hierro (Fe)	mg/L	1 a 3
Litio (Li)	mg/L	No monitorear
Magnesio (Mg)	mg/L	No monitorear
Manganeso (Mn)	mg/L	3
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,5
Níquel (Ni)	mg/L	0,5
Plata (Ag)	mg/L	0,5
Plomo (Pb)	mg/L	0,2 a 0,5
Selenio (Se)	mg/L	0,1 a 0,2
Vanadio (V)	mg/L	0,5 a 1

Fuente: Autores

Parágrafo segundo. Toda industria que esté relacionada con actividades de extracción de petróleo crudo y gas natural, debe presentar ante el Ministerio de Medio Ambiente, por lo menos uno (1) proyectos donde al agua de producción se le dé un uso diferente al del vertimiento, cumpliendo con las calidades que la norma establezca para cada fin. Las entidades competentes establecerán el máximo caudal que puede ser vertido a cuerpos de aguas superficiales.

PUBLIQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bucaramanga, a los

Modificado por:

Natalia Grajales García y Alejandra Prieto Castañeda

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CONCLUSIONES

La evolución histórica de la normatividad ambiental ha dado paso a la formulación de criterios cada vez más estrictos que permitan mantener la calidad del recurso hídrico. Sin embargo en Colombia, el proyecto de norma que refleja este comportamiento lleva aproximadamente 2 años en estudio, en donde se han presentado cuatro versiones y ninguno ha entrado en vigencia.

El crecimiento de la industria de los hidrocarburos genera desarrollo social y crecimiento económico en el país. En la misma medida impacta negativamente el medio ambiente. Por esta razón es importante realizar un trabajo conjunto entre los entes reguladores y las entidades del sector para buscar objetivos comunes que garanticen el equilibrio económico y medio ambiental.

El vertimiento de aguas de producción no está regido por una ley específica para ninguno de los países latinoamericanos estudiados. Estados unidos aunque prohíbe el vertimiento de agua de producción en aquellas actividades realizadas en tierra, para actividades costa afuera, es permitido teniendo en cuenta el parámetro de grasas y aceites.

La norma para vertimientos de aguas residuales en los países latinoamericanos presenta comportamientos similares. La temperatura, pH, metales pesados, tensoactivos y pesticidas son los parámetros comunes entre ellas.

La norma colombiana presenta falencias en la forma de plantear las concentraciones de elementos como grasas y aceites, sólidos suspendidos y demanda bioquímica de oxígeno debido a que no es un parámetro fijo, sino que es un porcentaje del total del contaminante presente en la carga. Lo que supone que para altas concentraciones, el valor permitido en el vertimiento es mayor.

El campo Castilla en un panorama general, cumple con las normas para vertimiento de los países estudiados, exceptuando Estados Unidos.

De acuerdo a la información compilada durante la realización de este proyecto, se encontraron diversas opciones para el gerenciamiento del agua de producción basadas en la utilización de tecnologías limpias, permitiendo un equilibrio entre la industria y el medio ambiente.

Luego del estudio realizado y viendo la necesidad de establecer una norma específica para el agua de producción, se planteó una propuesta con las calidades máximas permisibles de aquellos contaminantes que la norma actual solicita.

SUGERENCIAS

Realizar una evaluación del cumplimiento de todos los campos petroleros de Colombia respecto a la normatividad de vertimiento vigente, estableciendo fortalezas, debilidades y los parámetros de la industria de los hidrocarburos que tienen influencia directa en el medio ambiente.

Realizar una propuesta técnico – económica en la cual se presenten alternativas del uso del agua de producción y en la cual se proyecte la anulación total del vertimiento.

Establecer una división específica por industria, de la normatividad de vertimiento en la que se especifique un artículo para aguas que sean producto de las actividades relacionadas con la extracción de petróleo crudo y gas natural.

Realizar un estudio sobre las influencias que tienen en el medio ambiente y la salud humana, las variaciones en miligramos y microgramos por litro de las concentraciones de los parámetros monitoreados por la norma.

Plantear la formación de un comité que conjuntamente con autoridades ambientales de los países latinoamericanos estudie la posibilidad de unificar la legislación de vertimientos siguiendo los estándares de la organización mundial de la salud.

GLOSARIO

Acuicultura: Cultivo o la creación de organismos cuyo ciclo de vida se dé en condiciones naturales, total o parcialmente en el agua.

Acuífero: Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua.

Afluente: Incorporación de caudal aportado por uno o más cauces hacia otro de mayor envergadura.

Aguas continentales: Cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme, sin influencia marina. Se localizan en las tierras emergidas, ya sea en forma de aguas superficiales o aguas subterráneas.

Aguas meteóricas: Aguas que están en la atmósfera.

Aguas oceánicas: Las comprendidas entre las líneas de base recta y los límites de la zona económica exclusiva, de conformidad con el derecho internacional.

Aguas servidas: Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

Bioensayo acuático: Procedimiento por el cual las respuestas de organismos acuáticos se usan para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

Capacidad de asimilación y dilución: Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad.

Carga contaminante: Cantidad de un contaminante transportado o liberado en un cuerpo de agua receptor, expresada en masa por unidad de tiempo.

Cauce natural: Faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias.

Cauces artificiales: Conductos descubiertos, construidos por el ser humano para diversos fines, en los cuales discurre agua de forma permanente o intermitente.

Caudal ambiental: Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas.

Cianobacterias: Los microorganismos procariotas autotróficos, pueden desarrollarse en cualquier superficie de una fuente de agua.

Cloruros: Son los principales aniones inorgánicos en el agua. La concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad del agua en la industria petrolera.

Coliformes: Designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Concentración: Relación existente entre el peso de una sustancia, elemento o compuesto y el volumen del líquido que lo contiene.

Conductividad: Habilidad ó poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido, de una sustancia

Contenido de sólidos totales (Disueltos, Suspendidos y Sedimentables): Están definidos como la materia resultante de la evaporación a una temperatura entre 103 y 105 °C, los cuales se clasifican en partículas disueltas, suspendidas y sedimentables.

Los sólidos suspendidos o filtrables se caracterizan por presentar un diámetro de partícula generalmente entre 10 y 100 micras (responsables de causar la turbidez en el agua).

Los sólidos disueltos o residuos en solución que no se pueden remover por filtración, son los sedimentos que pasan a través de una membrana de 0.45 micras y quedan luego de evaporar y secar una muestra de agua a temperatura de 180 °C.

Cuerpo de agua: Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

Cuerpo receptor: Corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos donde se infiltran o inyectan dichas aguas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por una población microbiana en crecimiento y convertida en CO₂ y H₂O.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos.

Efluente: Corresponde a un curso de agua, también llamado distributivo, que desde un lugar llamado confluencia se desprende de un lago o río como una derivación menor, ya sea natural o artificial.

Escherichia coli: Coliforme perteneciente a la familia Enterobacteriaceae. Es la única especie de este grupo cuyo hábitat es el intestino de animales y humanos.

Fenoles: Esta es una medida de la concentración de la mayoría de los compuestos fenólicos, frecuentemente encontrados en las aguas residuales de la industria petrolera.

Fluorosis: Anomalía de la cavidad oral, especialmente de las piezas dentales, originada por la prolongada y excesiva ingestión de flúor.

Grasas y Aceite Libre, Emulsionados y Disueltos: La Asociación Americana para la Salud Pública en el documento, Métodos Estándar para el Examen de Agua y Aguas Residuales, la define como "Cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en un solvente".³⁵

HAP's: Grupo de sustancias químicas que se forman por la incineración incompleta de aceite, gas y sustancias orgánicas, entre ellas se encuentran:

³⁵ ESPARZA, María Luisa. Procedimientos simplificados de análisis químicos de aguas residuales. Lima, 1995.

Antraceno, benzoantraceno, benzopireno, benzofluoratenos, criseno, fluoratenos, pireno, indeno entre otros.

Material Flotante: En el agua de desecho lo constituye principalmente la nata de petróleo crudo libre en el agua.

Medio ambiente Léntico: cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir, como los lagos, las lagunas, los esteros o los pantanos.

Medio ambiente Lótico: Ríos, manantiales, arroyuelos; acequias y canales en el que el agua está en continuo movimiento. A lo largo de su curso presenta cambios físicos, químicos y biológicos.

Metales (Ba, Ca, Cr, Pb, Hg): Elementos químicos caracterizados por ser buenos conductores del calor y la electricidad. Poseen alta densidad y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio); sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución.

Muestra integrada: Aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo con el ancho y la profundidad.

Muestra puntual: Es la muestra individual representativa en un determinado momento.

Muestra compuesta: Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por periodos determinados, las cuales

pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el periodo de muestras.

Norma de vertimiento: Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.

Objetivo de calidad: Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso.

Oxígeno Disuelto: Cantidad de oxígeno disuelto en el agua producto del balance entre el consumo generado por la fotosíntesis y la producción generada de sustancias orgánicas y reacciones químicas.

Parámetro: Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

Patógeno: Aquella entidad biológica capaz de producir enfermedades o daños a la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto.

pH: Indica el valor de acidez del agua. El pH es una indicación del número de iones hidrógeno. Cuando una solución es neutra, el número de iones hidrógeno es igual al número de iones hidróxilo. Cuando el número de iones hidróxilo es superior, la solución es básica. Cuando el número de iones hidrógeno es superior, la solución es ácida.

Pruebas ecotoxicológicas: Pruebas para determinar el efecto nocivo de agentes físicos o químicos para los organismos acuáticos diversos.

Pruebas toxicológicas: Pruebas para determinar el efecto de los agentes nocivos físicos o químicos a los distintos organismos y evaluar el riesgo potencial para la salud humana.

Punto de control del vertimiento: Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.

Punto de descarga: Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Recreación de contacto primario: Actividades que involucren contacto directo y prolongado con el agua. Por ejemplo: natación, buceo, esquí acuático.

Recreación de contacto secundario: Actividades que involucren contacto accidental o esporádico con el agua donde la posibilidad de ingerir agua es pequeña. Por ejemplo: la pesca y la navegación.

Recurso hídrico: Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas.

Reúso del agua: Utilización de los efluentes líquidos previo al cumplimiento del criterio de calidad.

Temperatura: Se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, asociada a los movimientos de las partículas, energía cinética.

Toxicidad: Propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

Toxicidad aguda: Propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho, o factor ambiental, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en cuatro (4) días o menos a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

Toxicidad crónica: La propiedad de una sustancia, elemento, compuesto, desecho o factor ambiental, de causar cambios en el apetito, crecimiento, metabolismo, reproducción, movilidad o la muerte o producir mutaciones después de cuatro (4) días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

Tratamiento convencional: Tratamiento del agua por medio de coagulación y floculación seguida de la desinfección y la corrección de pH.

Tratamiento simplificado: Soluciones a través de filtración, desinfección y control del pH cuando sea necesario.

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

Vertimiento puntual: El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Vertimiento no puntual: Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía³⁶, aplicación de agroquímicos u otros similares.

Zona de mezcla: Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo

³⁶ Escorrentía: Lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje

receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API), 2000, Overview of Exploration and Production Waste Volumes and Waste Management Practices in the United States, prepared by ICF Consulting for the American Petroleum Institute, May.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY. Offsite comercial disposal of oil and gas exploration and production waste: availability, options and costs. Univesity of Chicago 2005.

BAILEY, Bill; CRABTREE, Mike y TYRIE, Jeb. Control del agua. En: Oilfield review Schulemberger, Verano de 2000.

BARTHY, Katyal. Water quiality índices used for surface water vulnerability assessment. En: International journal of environmental sciences. Volume 2, No. 1, 2011.

BRASIL. CONAMA, Consejo Nacional de Medio Ambiente. Resolución 357 (17, Marzo, 2005). Por el cual dispone sobre la clasificación de cuerpos de agua y directrices ambientales para conservación, y los términos y patrones de lanzamiento en afluentes y otras medidas, Marzo de 2009.

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA AMBIENTAL CIIA, Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales realizados a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá, Universidad de los Andes, 2010.

COLLINS, A Gene. Properties of produced waters. DOE Barlesville Energy Technology Center. Chapter 4. 2005.

COLOMBIA, MAVDT, Decreto 1594 (26, Junio, 1984) Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá D.C, 1984.

COLOMBIA, MAVDT, versión 4.0 borrador del proyecto norma, Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones Bogotá D.C, mayo 2012.

COLORADO SCHOOL OF MINES. An integrated framework for treatment and management of produced water. USA, Noviembre de 2009.

ECOEFICIECIA. Foro tecnológico, operación ecoeficiente de instalaciones, Bucaramanga, Mayo de 2012.

ESTADOS UNIDOS. EPA. Protección del medio ambiente, Título 40, parte 435. Establece los parámetros de vertimiento en la extracción de aceite y gas. Diciembre de 1996.

FAKHRUL', Razi Ahmadun y ZURINA, Zaind. Review of Technologies for Oil Gas Produced Water Treatment. Journal of Hazardous Materials. 2009.

FARFÁN, Luis Enrique, TRIANA, Raúl Leonardo, y PÉREZ, Gerson. Produced Water Treatment Technologies. 2011.

GRANADOS, Silvio José y NIETO, Felipe Andrés. Implementación de métodos geoestadísticos para el modelamiento de propiedades petrofísicas en yacimientos de depositación fluvial en Colombia: campo Castilla. Tesis. 2005.

GRIFFITHS, Mary; TAYLOR, Amy y WOINILLOWICZ, Dan. Troubled waters, troubling trends. Canada, Mayo de 2006.

HUTSON, Susan Comp. Guidelines for preparation of State water use estimates for 2005. En: USGS Techniques and Methods Book 4, Chapter E1, marzo de 2007.

MEXICO, SECRETARIA DE ENERGÍA. Prospectiva del mercado de petróleo crudo 2010-2025, Gobierno Federal 2011.

MÉXICO, SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, Norma oficial Mexicana (NOM)-001SERMARNAT, 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Enero 1997.

MUÑOZ, Edwin y F., Ana Teresa. An Integrated Methodology for Water Management under Operational Restrictions. SPE. 139336. 2008.

NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011.

PACHON, Zarith. Seguimiento de la calidad del agua en procesos de recuperación secundaria y water disposal. Instituto Colombiano del Petróleo. ECOPETROL S.A
MANNIX, Amy Elinor. Analysis of the cost effectiveness of alternative policies and technologies to manage water extractions by the oil sands sector along the lower Athabasca River, Alberta Canada, 2009.

RAMIREZ, Alberto. Metodología de la investigación científica. Pontificia Universidad Javeriana. 2008.

TRIANA, Raúl Leonardo, Water management- Castilla field. Instituto Colombiano del Petróleo, Enero de 2012.

UNESCO; WHO y UNEP. Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring (2nd edition), 1996.

VARGAS, Carlos. Características cuenca de los llanos orientales y descripción de bloques. Gestión del conocimiento ANH. Bogotá, 2008.

VENEZUELA. Ley Orgánica de Ambiente, Decreto 883 (11, Octubre, 1995). Por el cual se establece las normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Caracas, 1995.