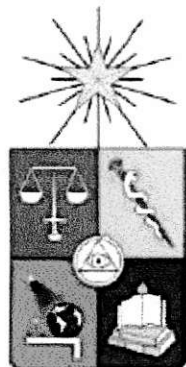


UCH-FC
Q. Ambiental
L. 923
C. 1



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

**"MANUAL PRACTICO DE PROCESOS Y REACCIONES QUIMICAS QUE
OCURREN EN LOS CUERPOS DE AGUA, PARA EVALUAR PERTINENCIA Y
LIMITES DE PARAMETROS AMBIENTALES, EN LOS INSTRUMENTOS
NORMATIVOS EXISTENTES EN CHILE"**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los
requisitos para optar al Título de:

Químico Ambiental

MARÍA JOSÉ LOYOLA LÓPEZ

Director de Seminario de Título: Srta. Claudia Galleguillos C.
Profesor Patrocinante: Prof. María Inés Toral

Junio 2014
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por la candidata:

MARÍA JOSÉ LOYOLA LÓPEZ

"Manual práctico de procesos y reacciones químicas que ocurren en los cuerpos de agua, para evaluar pertinencia y límites de parámetros ambientales, en los instrumentos normativos existentes en Chile"

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental.


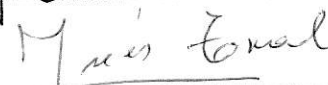


COMISIÓN DE EVALUACIÓN


Srta. Claudia Galleguillos C.
Directora Seminario de Título

Prof. María Inés Toral
Profesora Patrocinante

Dra. Isél Cortes N.
Presidenta

Dra. Ximena Molina
Corrector

pp 






Santiago de Chile, Junio 2014



María José, nació un 21 de Julio del año 1987 en la ciudad de San Felipe, es la mayor de 4 hermanos y la única mujer.

Desde pequeña fue muy amiga de los estudios, destacando siempre con los primeros lugares. En el año 2002 decidió que su vida tomara un nuevo rumbo, instalándose en el Internado Nacional Femenino de Ñuñoa, en el que estudió la enseñanza media. En él conoció grandes amigas pero sobre todo recibió una excelente formación académica que le permitió poder ingresar a la carrera y universidad que ella quería.

Durante 3ro y 4to medio, recibió mucha orientación por parte del colegio y la Universidad de Chile, permitiéndole encontrar la carrera perfecta, aquella que incluía la Química y el Medio Ambiente. Es por ello, que en el año 2006 gracias al esfuerzo y constancia, ingresó becada a la carrera de Química Ambiental de la Universidad de Chile, siendo además su primera opción.

Durante los años de universidad conoce grandes amigos, los mismos que hoy apoyan moral y psicológicamente para poder dar término a este ciclo académico, que por problemas personales tomó más tiempo de lo normal. Hoy, ad portas de entregar su Seminario de Título, está en su semana 38 de embarazo, esperando la llegada de Tomás, su primer hijo, quien junto a su pareja Felipe han sido los principales motivos por los que quiere salir adelante y titularse de Químico Ambiental.

A mis Padres, Felipe y mi pequeño Tomás ...

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a las personas más importantes de mi vida; mis Padres. Gracias al esfuerzo y sacrificio realizado por ellos, conseguí poder ingresar y mantenerme en la Universidad. Muchas gracias por todo el amor entregado, por ese apoyo incondicional y por creer siempre en mí. Espero no haberlos decepcionado.

Agradezco también a mi pareja Felipe, quien me ha dado todo el apoyo y amor necesario para finalizar esta etapa. Siempre has creído en mí y eso jamás lo olvidaré.

Gracias a mi pequeño Tomás, que aunque esté aun revoloteando en mi guatita, eres la razón por la que me esforcé en terminar este ciclo tan lindo de mi vida.

Agradezco a mi angelito que me acompaña día a día y que fue uno de los que siempre creyó en mí, mi querido abuelo; mi Papi Víctor.

A mis amigos de la Universidad, quienes me han entregado todo el apoyo para finalizar esta etapa. Muchas gracias por la linda amistad que formamos en nuestros años académicos, por las muchas conversaciones y carretes de los pastos de JGM.

Finalmente, agradezco a mis profesores, especialmente a la profe Meme por todo su apoyo durante la realización de mi Seminario, a la profesora Isél por su gran vocación y amor por el medio ambiente, gracias a ella me enamoré del estudio de las aguas y a la profesora Sylvia por todo el esfuerzo que ha dado por la carrera. Gracias a su dedicación hoy tenemos nuestra carrera acreditada.

Agradezco a todas las personas que fueron parte de mi vida durante mis años académicos. Soy feliz de haber formado parte de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS:	6
1.1.1 Objetivo general:	6
1.1.2 Objetivos específicos	6
1.2 MARCO TEORICO	7
1.2.1 Calidad, contaminación y deterioro de las aguas	7
1.2.2 Normativa ambiental referente a aguas en Chile.	8
1.2.2.1 Normas Primarias de Calidad Ambiental:	11
Decreto Supremo N° 143/2008	11
Decreto Supremo N°144/2008	12
1.2.2.2 Normas Secundarias de Calidad Ambiental	12
Decreto Supremo N°75/2009	13
Decreto Supremo N°122/2009	14
Decreto Supremo N°19/2013	16
Anteproyecto Cuenca del río Biobío	18
Anteproyecto Cuenca del río Maipo	20
Anteproyecto Cuenca del río Valdivia	23
Anteproyecto Cuenca del Río Huasco	24
1.2.2.3 Normas de Emisión	26
Decreto Supremo N° 90/2000	26
Decreto Supremo N°46/2002	29
Decreto Supremo N° 609/98	31
II. DESARROLLO	33
2.1 Fichas Técnicas	33
2.2.1 Parámetros fisicoquímicos	34
Sabor y olor	36
Color	37
Turbidez o turbiedad	39
Temperatura	41

Oxígeno disuelto	42
pH	44
Sólidos	45
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	47
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	49
2.2.2 Metales	51
Aluminio	52
Arsénico	55
Cadmio	58
Calcio	60
Cromo	62
Cobre	65
Hierro	68
Magnesio	71
Potasio	74
Sodio	76
2.2.3 Parámetros orgánicos:	78
Atrazina	79
Clordano	81
Clorofila a	82
Detergentes (surfactantes)	84
Aceites y grasas	87
Carbofurano	89
Clorotalonil	90
Aldrín y Dieldrín	92
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	94
Bifenilos policlorados o Policloruros de bifenilos (PCBs)	96
2.2.4 Parámetros Inorgánicos	99
Cianuro	99
Sulfuro	101
2.2.5 Parámetros Microbiológicos	104
Coliformes	104
2.2.6 Nutrientes	106
Nitrógeno	107
Fosforo	114
III. DISCUSIONES	118
IV. CONCLUSIÓN	132
V. REFERENCIAS	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Niveles o valores de calidad ambiental para Aguas Continentales Superficiales. DS N°143/2008	11
Tabla 2	Niveles o valores de calidad ambiental para Aguas Marinas y Estuarinas. DS N°144/2008.	12
Tabla 3	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N° 75/98	13
Tabla 4	Áreas de vigilancia Cuenca del Río Serrano	14
Tabla 5	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N° 122/2009	15
Tabla 6	Áreas de vigilancia Cuenca del Lago Llanquihue.	15
Tabla 7	Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N°19/2013	16
Tabla 8	Áreas de vigilancia en el Lago Villarica	17
Tabla 9	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Anteproyecto cuenca Río Biobío	19
Tabla 10	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Río Biobío: sólidos suspendidos-periodo estacional	19
Tabla 11	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Río Biobío: parámetros, compuestos o elementos adicionales	20
Tabla 12	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo	20
Tabla 13	Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo	21
Tabla 14	Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo	22
Tabla 15	Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Valdivia	23
Tabla 16	Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Huasco.	24
Tabla 17	Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua: D.S N°90/2000.	28

Tabla 18	Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a aguas subterráneas. D.S. N° 46/2002	30
Tabla 19	Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado. D.S N°609/98.	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Normativas ambientales chilenas referentes a Aguas	10
Figura 2	Representación de las Áreas de vigilancia en el Lago Llanquihue	15
Figura 3	Representación de las Áreas de vigilancia en el Lago Villarrica	17
Figura 4	Alternativas de descargas de Riles en diferentes cuerpos de aguas. DS N°90	27
Figura 5	Diagrama pH v/s Eh sistema Arsénico - Agua	56
Figura 6	Diagrama pH v/s Eh Cromo	64
Figura 7	Diagrama pH v/s Eh Cobre	66
Figura 8	Diagrama de Eh vs pH para Hierro. ↓: precipitado	69
Figura 9	Comparación de conductividad eléctrica medida en normas nacionales.	122
Figura 10	Concentración de Aluminio medida en normas nacionales e internacionales	123
Figura 11	Comparación de concentración de Cadmio en normas nacionales e internacionales	124
Figura 12	Comparación de concentración de cloruro en normas nacionales e internacionales	125
Figura 13	Comparación de concentración de cloruro en normas nacionales e internacionales	126
Figura 14	Comparación de concentración de cromo total entre normas nacionales e internacionales	127
Figura 15	Comparación de concentración de hierro entre normas nacionales e internacionales	129

Figura 16	Comparación de concentración de Mercurio entre normas nacionales e internacionales	130
Figura 17	Comparación de concentración de RAS entre normas nacionales	131

RESUMEN

El presente seminario de título contiene una revisión de los parámetros ambientales y sus respectivos límites, presentes en las normas vigentes de calidad primaria, secundaria y de emisión, además de los anteproyectos de normas secundarias de calidad que son prioritarias en el Departamento de Asuntos Hídricos del Ministerio del Medio Ambiente.

Para la revisión de los parámetros ambientales contenidos en las normas vigentes y anteproyectos se han recopilado los parámetros normados y se realizó una ficha técnica para cada uno de ellos, en los cuales se puede encontrar de manera fácil, las principales características y reacciones fisicoquímicas que sufren éstos componentes en los cuerpos de aguas, además de una descripción general para entender su ingreso a éstas. Se han recopilado además, los principales riesgos tanto para la salud de las personas como para los ecosistemas hídricos.

Finalmente, las fichas técnicas contienen recomendaciones que servirán de antecedentes para una próxima revisión, la cual debiera realizarse cada 5 años para cada una de las normas vigentes, según lo estipula el Art. 36 del Decreto Supremo N°93/95, "Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión".

A través del análisis de las fichas, se pudo encontrar los parámetros fundamentales que deben contener cada una de las normas, los cuales son: el pH, oxígeno disuelto, potencial redox y temperatura y otros tipos que se focalizan de acuerdo al tipo de norma, dado que ellos son los parámetros forzantes que determinan gran parte de las condiciones fisicoquímicas del ecosistema.

Además, se pueden determinar parámetros que sirven de alerta temprana como: pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, olor y color, ya que pequeñas variaciones que se presenten en estos parámetros pueden provocar cambios en el sistema como la desorción de ciertas sustancias tóxicas, transformaciones químicas de compuestos como el Al^{+3} que es tóxico y se libera a pH ácido, etc.

Para la revisión de los límites normativos y los anteproyectos analizados, se realizó una comparación de las concentraciones normadas, con Normas internacionales que recomienda el Decreto Supremo N° 95/2001 en su artículo 7 (Canadá, México y Australia). Además, para evaluar la toxicidad de ciertos elementos en los ecosistemas acuáticos, se consideró la *Daphnia magna* como un bioensayo para evaluar si las concentraciones actualmente normadas pueden afectar la salud de los ecosistemas acuáticos. La *Daphnia magna* es una especie reconocida por Chile para análisis toxicológicos, existiendo la NCh 2083 of.1999 por DS. N°152 "Bioensayos de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex*."

ABSTRACT

This seminar title contains a review of the environmental parameters and their respective limits, present in the prevailing standards of quality primary, secondary and emission, besides draft of secondary quality standards that are priorities in the Department of Water Affairs, Ministry of Environment.

For the review of the environmental parameters contained in the prevailing standards and drafts parameters normed are compiled and a data sheet was performed for each one of them, in which one can easily find, the main characteristics and physicochemical reactions suffering these components in water bodies, also a general description to understand their income to these. It have also been compiled the main risks for the health of people and for hydric ecosystems.

Finally, data sheets contain recommendations which will serve as background for the next revision, which should be done every 5 years for each of the current standards, as stipulated in Article 36 of Supreme Decree No. 93/95, "Regulations for the issuance of Environmental Quality Standards and Emission".

Through the analysis of the data sheets, fundamental parameters were found must contain each of the standards, which are: pH, dissolved oxygen, redox potential, temperature and other types that focus according to type of standard, since they are the forcing parameters that determine much of the physicochemical conditions of the ecosystem.

Also, can determine parameters that serve early warning such as: pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, odor and color, since small variations that occur in these parameters can cause changes in the system as the desorption of certain toxic substances, chemical transformations of compounds such as Al +3 that is toxic and is released at acidic pH, etc.

For the review of regulatory limits and the draft analyzed, a comparison was made of the concentrations normed, with international standards recommended by the Supreme Decree No. 95/2001 Article 7 (Canada, Mexico and Australia). Also, to evaluate the toxicity of certain elements in aquatic ecosystems, *Daphnia magna* was considered as a bioassay to evaluate if the concentrations actually normed can affect health of aquatic ecosystems. *Daphnia magna* is a species recognized by Chile for toxicological analysis, being NCh2083 of.1999 by DS. N°152 "Acute toxicity bioassays by determining the inhibition of the mobility of *Daphnia magna* or *Daphnia pulex*".

I. INTRODUCCION

Actualmente, Chile cuenta con una nueva institucionalidad ambiental, el Ministerio de Medio Ambiente, órgano encargado de colaborar en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa (Ley N°20417/ 2010; Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente)

Dentro de la estructura orgánica del Ministerio del Medio Ambiente, se contempla la División de Recursos Naturales, Residuos y Evaluación de Riesgo, quien se encarga de asesorar al ministerio en el diseño de políticas y en la formulación de normas, planes y programas en materia ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. (Decreto Supremo N°8/2012; Nuevo Reglamento Orgánico del Ministerio del Medio Ambiente)

Esta división contiene el Departamento de Recursos Hídricos y Ecosistemas Acuáticos, el cual está a cargo de diseñar y formular políticas, planes, programas y acciones que establecen los criterios básicos y las medidas preventivas que favorezcan la recuperación y conservación de los recursos hídricos. Una de estas medidas corresponde a las denominadas "normas", consideradas un instrumento de gestión que permiten prevenir y atender problemas ambientales mediante diferentes mecanismos, entre ellos las normas primarias y secundarias de calidad ambiental y las normas de emisión. Cada una de ellas establece concentraciones de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o una combinación de ellos, como también periodos máximos y

mínimos permisibles. Además indican plazos, entes fiscalizadores (organismos públicos competentes), valores que determinan una emergencia ambiental y metodologías de medición y control, elaboradas por el INN (Instituto Nacional de Normalización).

Las Normas Primarias de Calidad Ambiental establece valores de concentraciones y periodos máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia. Tienen aplicación en todo el territorio de la República. (Decreto Supremo N°93/1995. "Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión")

Actualmente en Chile existen dos Normas Primarias: Decreto Supremo N°143/2009 quien establece las normas primarias de calidad ambiental de las aguas continentales superficiales en el territorio de la Republica, aptas para actividades de recreación con contacto directo, cuyo objetivo es proteger la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar la salud de las personas y el Decreto Supremo N°144/2009, quien establece las normas primarias de calidad ambiental de las aguas marinas y estuarinas, en el territorio de la Republica, aptas para actividades de recreación con contacto directo. El objetivo de dicha norma es proteger la calidad de las aguas marinas y estuarinas de manera de salvaguardar la salud de las personas.

Por su parte, las Normas Secundarias de Calidad Ambiental, son aquellas que establecen los valores de las concentraciones y periodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia

o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza. (Decreto Supremo N°93/1995, "Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión") Actualmente existen tres normas vigentes: Decreto Supremo N°122/2010 que establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue, cuyo objetivo general es mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutrofización¹ antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica², el Decreto Supremo N°75/2010 que establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Serrano, cuyo objetivo es proteger y mantener cuerpos o curso de agua de calidad excepcional en la cuenca del Río Serrano que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental³, escénico y turístico, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos y el reciente Decreto Supremo N°19/2013 que establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, la cual tiene por

¹ **Eutrofización:** Crecimiento excesivo de algas y macrófitas acuáticas producto de elevados niveles de nutrientes, disminuyendo la concentración de oxígeno en las aguas.

² **Oligotrófico:** Condición de un cuerpo de agua, pobre en nutrientes y que contiene numerosas especies de organismos acuáticos, caracterizado por una alta transparencia, una alta concentración de oxígeno en la capa superior y depósitos en el fondo con pequeñas cantidades de materia orgánica. (Cortes I. 2010. Glosario Agua)

³ **Sitio o Zona de Valor Ambiental:** aquellos espacios que, en condiciones naturales, proveen de servicios ecosistémicos relevantes para grupos humanos, o cuyos ecosistemas, formaciones naturales o paisajes presentan características de unicidad, escasez o representatividad. (Propuesta de Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental para consulta pública, s/f.)

objetivo proteger la calidad de las aguas del lago, de modo de prevenir el aumento acelerado de su estado trófico, provocado por las actividades antrópicas dentro de la cuenca hidrográfica.

Además, se encuentran en estudio los Anteproyectos de Normas Secundarias de Calidad de los Ríos Bío-Bío, Huasco, Valdivia y Maipo.

Finalmente, las normas de emisión, son aquellas que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora (Decreto Supremo N°93/1995. Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión). Estas tienen la finalidad de prevenir la contaminación generada por las industrias, existiendo actualmente tres normas: el Decreto Supremo N°46/2002, que regula la emisión de residuos líquidos a las aguas subterráneas. Este determina las concentraciones máximas de contaminantes que son permitidos en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlas. Tiene por objetivo de protección prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero. Con lo anterior, se contribuye a mantener la calidad ambiental de las aguas subterráneas.

Por su parte, el Decreto Supremo N° 90/2000 regula la emisión de residuos líquidos a los cuerpos de aguas. Este establece la concentración máxima de contaminantes permitida para residuos líquidos descargados por las fuentes emisoras, a los cuerpos de agua marinos y continentales superficiales de la República de Chile y tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República. Con lo anterior, se logra mejorar sustancialmente la calidad ambiental de las aguas, de manera que éstas mantengan o

alcancen la condición de ambientes libres de contaminación, de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República.

Finalmente, el Decreto Supremo N°609/98 regula la emisión de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. Esta establece la cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos industriales líquidos, en adelante riles, descargados por los establecimientos industriales en los servicios públicos de recolección de aguas servidas de tipo separado o unitario. Tiene por objetivo mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de estas, vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial, que se descargan a los alcantarillados. Además se orienta a proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas mediante el control de las descargas de riles que puedan producir interferencia con los sistemas de tratamiento de aguas servidas, o dar lugar a la corrosión, incrustación, u obstrucción de las redes de alcantarillado o a la formación de gases tóxicos o explosivos en las mismas, u otros fenómenos similares. Esta norma, al proteger los sistemas de recolección de aguas servidas, evita que los contaminantes transportados por estos puedan eventualmente ser liberados sin tratamiento, al medio ambiente urbano (calles, suelo, aire entre otros), por efecto de roturas u obstrucciones del sistema, pudiendo afectar la calidad de este y la salud de las personas.

Una norma, como ya se explicó anteriormente, es un instrumento de gestión que contiene valores de concentraciones y periodos máximos y mínimos permisibles de elementos y/o compuestos que puedan existir en un cuerpo de agua, determinando la calidad de las aguas de acuerdo a la concentración que existan en ella. Estos elementos y/o compuestos o también llamados parámetros ambientales, sufren

diversos cambios y se presentan de diferentes formas dependiendo de las condiciones fisicoquímicas o biológicas que presentan los sistemas hídricos, que determinaran la presencia y la forma de estos en las aguas. Es por ello, que nace la necesidad de contar con una guía que permita consultar fácilmente las características más relevantes de estos parámetros ambientales, como también los principales procesos fisicoquímicos que sufren en los cuerpos de agua.

Dichos antecedentes se presentarán mediante el formato de fichas técnicas, que incluirán además los efectos en la salud de las personas y ecosistemas hídricos, de modo que sirvan de antecedente para las próximas revisiones de todas las normativas nombradas con anterioridad, las que debiesen someterse a un proceso de revisión cada 5 años, según la legislación ambiental vigente.

1.1 OBJETIVOS:

1.1.1 Objetivo general:

Elaborar las bases conceptuales de un manual práctico que permita obtener de manera fácil información relevante de procesos y reacciones químicas que ocurren en las aguas. Además, deberá contener parámetros ambientales considerados fundamentales y aquellos que sirven para declarar alerta tempranas.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Evaluar las características físico-químicas de los principales parámetros establecidos en los instrumentos normativos referente a aguas: Normas Primarias y Secundarias de Calidad Ambiental y en las Normas de Emisión.

- Evaluar ventajas y desventajas de la normativa ambiental chilena, referente a aguas.
- Determinar parámetros fundamentales para cada tipo de instrumento normativo y su relevancia ambiental en ecosistemas y salud de las personas.
- Determinar parámetros fundamentales que permitan establecer alerta temprana para cada tipo de instrumento normativo.

1.2 MARCO TEORICO

El agua es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida e indispensable para el hombre (SINIA, 2011)

Es un recurso fundamental no solo para la vida de las personas y ecosistemas, sino también para el desarrollo de diversas actividades tanto sociales como económicas.

1.2.1 Calidad, contaminación y deterioro de las aguas

Al hablar de la calidad de las aguas no se habla de un término absoluto el cual pueda tener una definición clara, sino más bien el término calidad se relaciona con el uso o actividad que se le quiera dar a ésta en el territorio.

La calidad del agua se identifica con su estado natural y la pérdida de esta viene dada por la modificación del estado de la calidad apropiada. (Cortes & Montalvo, 2010)

La calidad del agua tiene directa relación con la salud de las personas, su mal o indiscriminado uso puede provocar la contaminación del recurso con el consecuente deterioro de la calidad de los demás recursos naturales. (SINIA, 2011)

Se entiende por "Calidad natural" a la unidad o concentración de un compuesto o elemento en el cuerpo o curso de agua continental superficial que corresponde a la situación original del agua sin intervención antrópica⁴ más las situaciones permanentes, irreversibles o inmodificables de origen antrópico. Esta calidad será de conocimiento público y será determinada por la Dirección General de Aguas y/o por la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante.

El término contaminación está definido en la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, como la presencia de materias extrañas que alteran o modifican las propiedades físicas, químicas, biológicas y/o radiactivas del agua, tendiendo a deteriorar su calidad, lo que puede degradar su utilización y/o constituir un riesgo para la salud de las personas.

Sin embargo, es importante destacar que en Chile solo se puede hablar del término "Contaminación" sólo cuando existe una normativa ambiental que contenga los niveles u concentraciones de aquellos contaminantes que deben existir en los cuerpos de agua.

1.2.2 Normativa ambiental referente a aguas en Chile.

Como se nombró anteriormente, en Chile existen principalmente dos tipos de normativas referentes a aguas: Las Normas de Calidad y las Normas de Emisión.

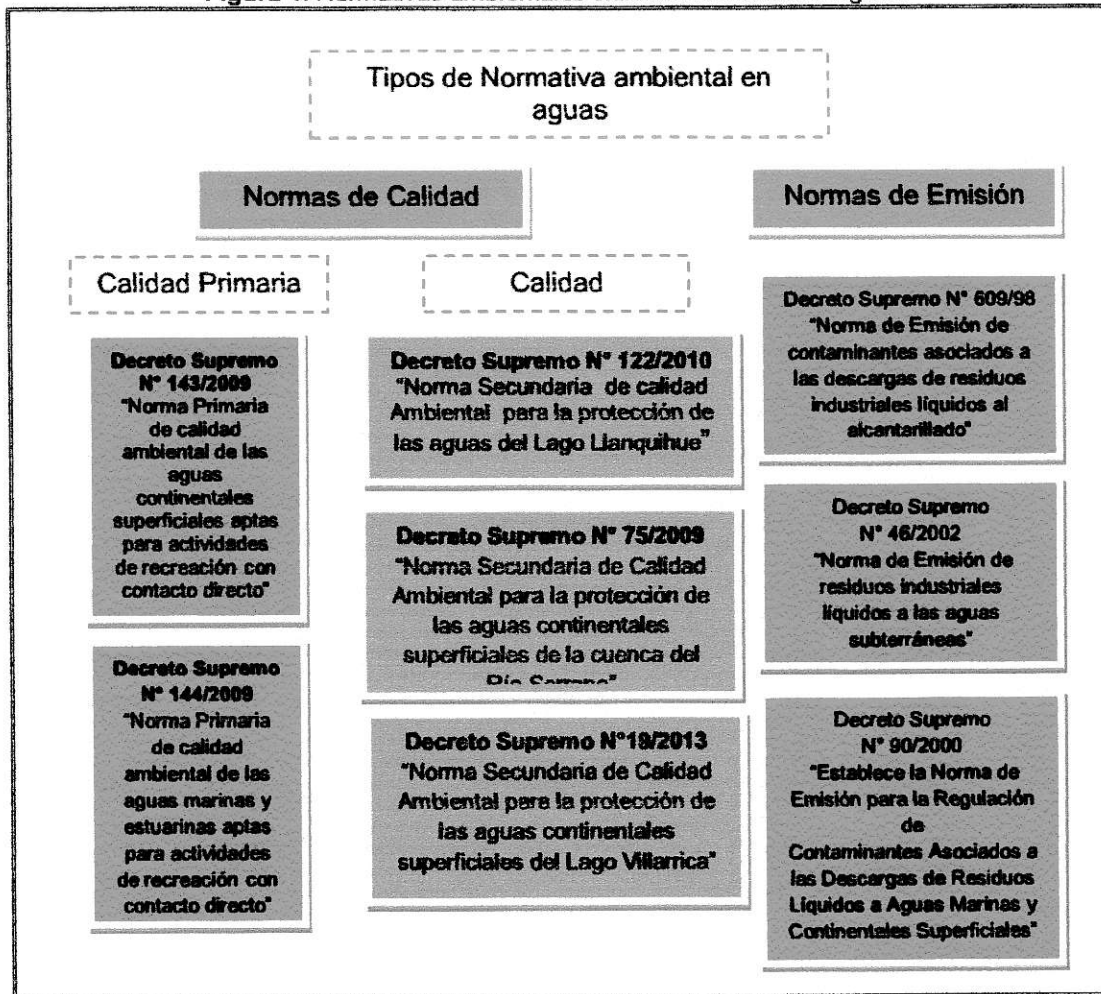
La primera de ellas se refiere a la calidad o aptitud de un cuerpo de agua vinculada a su uso y se divide en dos tipos: las normas de calidad Primaria y las Normas de Calidad Secundaria. (Cortes, 2010a).

⁴ **Intervención antrópica:** Intervención del hombre que altera la calidad de las aguas mediante actividades tales como extracción de caudal o descarga directa o difusa de contaminantes a cuerpos o cursos de agua receptores.

- La Norma Primaria, establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población.
- Las Normas Secundarias establece los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.
- Las Normas de Emisión, establecen límites a la cantidad máxima permitida para un contaminante que pueden producir las instalaciones industriales o fuentes emisoras en general. Con ellas, se puede prevenir la contaminación o sus efectos tanto en la salud de las personas como de los ecosistemas hídricos, o bien ser un medio para restablecer los niveles de calidad del agua cuando estos han sido sobrepasados, siendo en el último caso llamadas Normas de emisión sitio-específicas.

A continuación se presenta un diagrama con las normas objetivo de este seminario, las cuales serán abordadas con mayor profundidad en el siguiente capítulo.

Figura 1: Normativas ambientales chilenas referentes a Aguas.



Además, existen anteproyectos de normas de calidad secundarias para la protección de las aguas continentales superficiales de:

- Cuenca del Río Biobío
- Cuenca del Río Maipo
- Cuenca del Río Valdivia
- Cuenca del Río Huasco

1.2.2.1 Normas Primarias de Calidad Ambiental:

Decreto Supremo N° 143/2008, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Norma de Calidad Primaria para las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo⁵.

Objetivo: Proteger la calidad de las aguas continentales superficiales de manera de salvaguardar la salud de las personas.

Tabla 1: Niveles o valores de calidad ambiental para Aguas Continentales Superficiales.

DS N°143/2008.

Parámetros	Unidad	Valor máximo permitido	Nivel de Emergencia Ambiental ⁶ diario
Color	Escala Pt-Co	100	200
pH	Unidad de pH	6,0-8,5	5,5-9,0
Cianuro	mg/L	0,77	1,2
Bifenilos policlorados (PCBs)	mg/L	0,0055	0,005
Diclorometano	mg/L	0,22	0,6
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0022	0,06
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,022	0,071
Acido 2,4 diclorofenoxiacético	mg/L	0,33	1
Aldrín * y Dieldrín *	mg/L	0,00033	0,01
Atrazina	mg/L	0,022	0,05
Carbofurano	mg/L	0,055	0,167
Clordano *	mg/L	0,0022	0,05
Clorotalonil	mg/L	1,21	3
Cyanazina	mg/L	0,0066	0,02
Heptaclor *	mg/L	0,00033	0,01
Lindano *	mg/L	0,022	0,5
Simazina	mg/L	0,022	0,052
Trifluralina	mg/L	0,22	0,75
Arsénico	mg/L	0,11	0,2
Cadmio	mg/L	0,033	0,1
Cromo	mg/L	0,55	1
Mercurio	mg/L	0,011	0,071

⁵ **Recreación con contacto directo:** Toda actividad de entretenimiento y/o deporte en el cual el cuerpo humano está en contacto directo con el agua.

⁶ **Nivel de emergencia ambiental:** Episodio de contaminación durante el cual los niveles de calidad ambiental presentes en un periodo determinado de tiempo producen riesgo inminente de efectos agudos en la salud de las personas. Tiene por objetivo proteger la salud de la población en situaciones de excepción.

Continuación Tabla 1: Niveles o valores de calidad ambiental para Aguas Continentales Superficiales. DS N°143/2008

Plomo	mg/L	0,11	0,36
Coliformes fecales	NPM/100mL	1.000	>1.000

(*) Plaguicidas prohibidos por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)

Decreto Supremo N°144/2008, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Norma de Calidad Primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo.

Objetivo: proteger la calidad de las aguas marinas y estuarinas de manera de salvaguardar la salud de las personas.

Tabla 2: Niveles o valores de calidad ambiental para Aguas Marinas y Estuarinas. DS N°144/2008.

Parámetros	Unidad	Valor máximo permitido	Nivel de Emergencia Ambiental diario
Color	Escala Pt-Co	100	200
pH	Unidad de pH	6,0-8,5	5,5-9,0
Cianuro	mg/L	0,77	1,2
Arsénico	mg/L	0,11	0,2
Cadmio	mg/L	0,033	0,1
Cromo	mg/L	0,55	1
Mercurio	mg/L	0,011	0,071
Plomo	mg/L	0,11	0,36
Coliformes fecales	NPM/100mL	1.000	>1.000

1.2.2.2 Normas Secundarias de Calidad Ambiental

Actualmente existen tres normas vigentes, referentes a calidad secundaria: Decreto Supremo N° 75/2010 y Decreto Supremo N° 122/2010, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y el reciente Decreto Supremo N°19/2013, promulgado por el Ministerio del Medio Ambiente.



Decreto Supremo N°75/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la protección de las aguas superficiales continentales de la cuenca del Río Serrano, en la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

Objetivo: Proteger y mantener cuerpos o cursos de agua de calidad excepcional⁷ en la Cuenca del río Serrano que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental, escénico y turístico, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Tabla 3: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. ⁸ D.S N° 75/98

Parámetros	Unidad	PA 10	SE 10	SE 20	GR 10	CH 10	BA 10	VI 10	DG 10	TP 10
Aluminio	mg/L	9,0	1,0	3,0	3	10	7	6	1	1
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloruro	mg/L	8	10	8	8,5	8	10	11	26	15
Cobre	mg/L	0,05	0,08	0,01	0,07	0,05	0,09	0,06	0,06	0,04
Coliformes fecales	NPM/100mL	--	10	--	--	--	--	--	--	--
Conductividad eléctrica	µS/cm	80	180	80	340	300	370	360	550	370
Cromo	mg/L	0,06	0,06	0,01	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06
Hierro	mg/L	16	1	3	5	12,7	35	28	5	4
Manganeso	mg/L	0,3	0,1	0,2	0,08	2	0,7	0,6	0,1	0,05
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01
Niquel	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Oxígeno disuelto	mg/L	9,8	9,5	7,9	8,6	7,0	9,2	7,3	9,3	9,7
pH	unidad	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
Plomo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RAS	--	0,2	0,5	0,4	0,7	1,0	0,8	0,8	-	0,7
Selenio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

⁷ **Calidad excepcional:** Indica un agua de mejor calidad que la Clase 1 (muy buena calidad), que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta Clase.

⁸ **Área de vigilancia:** Es el curso de agua continental superficial, o parte de él, considerado para efectos de asignar y gestionar su calidad ambiental.

Continuación Tabla 3: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N° 75/98

Sulfato	mg/L	5	13	5	5	56	36	28	58	29
Zinc	mg/L	0,04	0,02	0,04	0,02	0,09	0,04	0,09	0,05	0,05

* Para el caso de los metales, los valores indicados corresponden a la fracción total.

Tabla 4: Áreas de vigilancia Cuenca del Río Serrano.

Abreviatura	Limites áreas de vigilancia
PA 10	Cauce río Paine. Desde desagüe Lago Dickson hasta inicio Lago Nordenskjöld
SE 10	Cauce río Serrano. Desde desagüe lago Toro hasta confluencia con río Grey
SE 20	Cauce río Serrano. Desde Confluencia río Grey hasta desembocadura río Serrano.
GR 10	Cauce río Grey. Desde Lago Grey hasta confluencia del río Serrano.
CH 10	Cauce río Las Chinas. Desde nacimiento río las Chinas hasta desembocadura en lago Toro.
BA 10	Cauce río Baguales. Desde nacimiento río Baguales hasta confluencia río Vizcachas.
VI 10	Cauce río Vizcachas. Desde nacimiento río Vizcachas hasta confluencia río Chinas.
DG 10	Cauce río Don Guillermo. Desde nacimiento río Don Guillermo hasta confluencia con río las Chinas.
TP 10	Cauce río Tres Pasos. Desde nacimiento río Tres Pasos hasta desembocadura en lago Toro.

Decreto Supremo N°122/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue, Región de Los Lagos, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Objetivo: Mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutrofización antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica⁹.

⁹ **Estado o condición oligotrófica:** condición de un cuerpo de agua, pobre en nutrientes y que contiene numerosas especies de organismos acuáticos, cada uno de los cuales está presente en un número relativamente bajo. Este cuerpo de agua se caracteriza por una alta transparencia, una alta concentración de oxígeno en la capa superior y depósitos en el fondo los cuales generalmente son coloreados en tonos marrones y contienen pequeñas cantidades de materia orgánica

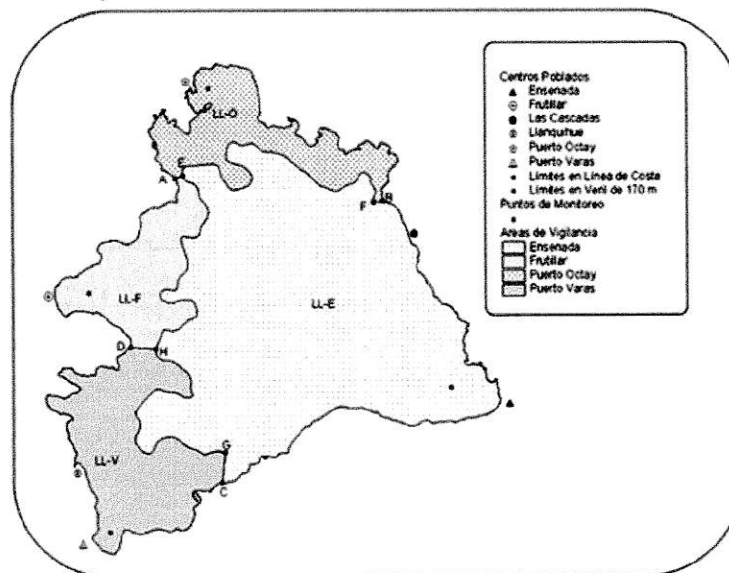
Tabla 5: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N° 122/2009

Parámetros	Unidad	LL-O Puerto Octay	LL-F Frutillar	LL-E Ensenada	LL-V Puerto Varas
Conductividad eléctrica	µS/cm	110	110	110	110
pH	Unidad	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5
Oxígeno disuelto	% saturación	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
Turbiedad	NTU	2,1	2,1	2,4	2,5
Sílice	mg/L	1,83	1,84	1,77	1,80
DQO	mg/L	4,8	4,9	6	5
Transparencia	m	≥ 13,5	≥ 14	≥ 16	≥ 12,5
Nitrógeno Total	mg/L	0,12	0,14	0,13	0,13
Fosforo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
Clorofila a	µg/L	1,4	1,4	1,4	1,4

Tabla 6: Áreas de vigilancia Cuenca del Lago Llanquihue.

Abreviatura	Límites áreas de vigilancia
LL-O	Puerto Octay: Desde el punto A en línea recta hasta el punto E, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto F, en línea recta hasta el punto B y siguiendo la línea de costa hasta el punto A.
LL-F	Frutillar: Desde el punto D en línea recta hasta el punto H, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto E, en línea recta hasta el punto A y siguiendo la línea de costa hasta el punto D.
LL-E	Ensenada: Desde el punto B en línea recta hasta el punto F, siguiendo por el veril 170 m pasando por los puntos E y H, hasta el punto G, en línea recta hasta el punto C y siguiendo la línea costa hasta el punto B.
LL-V	Puerto Varas: desde el punto C en línea recta hasta el punto G, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto H, en línea recta hasta el punto D y siguiendo la línea de costa hasta el punto C.

Figura 2: Representación de las Áreas de vigilancia en el Lago Llanquihue.



Decreto Supremo N°19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

Nombre: Normas Secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica.

Objetivo: Proteger la calidad de las aguas del lago, de modo de prevenir un aumento acelerado de sus estado trófico, provocado por la actividad antrópica dentro de su cuenca hidrográfica.

Tabla 7: Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia. D.S N°19/2013

PARAMETRO	UNIDAD	CRITERIO	PEL	LIT-POZA	LIT-PUCON	LIT-NORTE	LIT-VILLARRICA	LIT-SUR
Trofia ¹⁰ deseada			OT	OMT	OMT	OMT	OMT	OMT
Transparencia ¹¹ (secchi)	m	Promedio anual	≥ 9	≥7	≥7	≥7	≥7	≥7
		Mínimo	≥5	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
Fósforo (P) disuelto	mg P/L	Promedio anual	≤0,010	≤0,015	≤0,015	≤0,015	≤0,015	≤0,015
		Máximo	≤0,015	≤0,025	≤0,025	≤0,025	≤0,025	≤0,025
Fósforo (P) total	mg P/L	Promedio anual	≤0,01	≤0,015	≤0,015	≤0,015	≤0,015	≤0,015
		Máximo	≤0,015	≤0,025	≤0,025	≤0,025	≤0,025	≤0,025
Saturación oxígeno	%	Mínimo	≥80	≥70	≥70	≥70	≥70	≥70
Nitrógeno (N) disuelto*	mg N/L	Promedio anual	≤0,10	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤0,15
		Máximo	≤0,15	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,30
Nitrógeno (N) total	mg N/L	Promedio anual	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤0,15	≤0,15
		Máximo	≤0,20	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,30	≤0,30
Clorofila "a"	µg/L	Promedio anual	≤3	≤5	≤5	≤5	≤5	≤5
		Máximo	≤6	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10

Nota: (*) es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio OT: Oligotrófico OMT: Oligomesotrófico

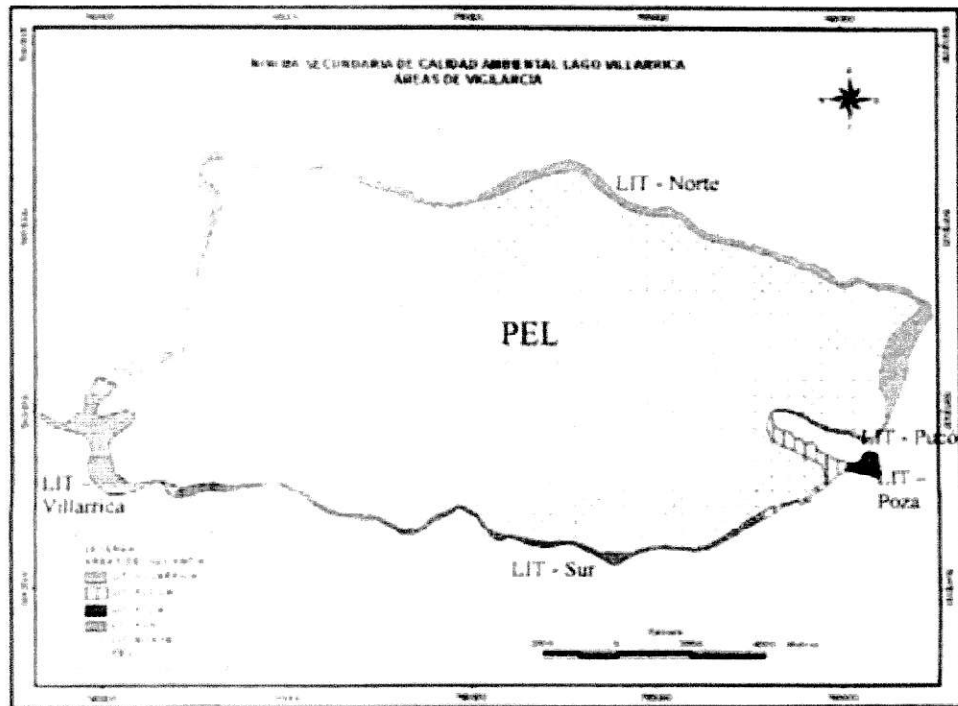
¹⁰ **Estado Trófico o de Trofia:** Es la categoría de calidad que representa el nivel de la productividad biológica determinada por la cantidad de nutrientes y los factores físicos y químicos de un curso o cuerpo de agua.

¹¹ **Transparencia:** Capacidad que tiene el agua de dejar pasar la luz y permitir ver a través de su masa lo que hay detrás.

Tabla 8: Áreas de vigilancia en el Lago Villarica

Área de Vigilancia	Límites áreas de vigilancia
PEL	Zona pelagial: siguiendo del veril 25 ¹² metros hacia el centro del lago. Corresponde a todo el cuerpo de agua pelágico cuyo límite horizontal está definido por la línea del veril 25 metros y cuyo límite vertical comprende desde la superficie hasta la profundidad máxima del Lago.
LIT - Pucón	Zona litoral: siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.
LIT - Norte	Zona litoral: siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno
LIT - Villarica	Zona litoral: siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno desde el punto
LIT - Sur	Zona litoral: siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno
LIT - Poza	Zona litoral- Poza: Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago, comprendiendo solo el sector de la bahía La Poza.

Figura 3: Representación de las Áreas de vigilancia en el Lago Villarica



¹² **Veril 25:** Punto del lago medido desde la tierra, donde el fondo alcanza una profundidad de 25 metros. En este caso corresponde al límite la zona pelagial y litoral del lago. En verano, durante estratificación, corresponde aproximadamente al epilimnion y la zona eufótica (profundidad donde llega como máximo el 1% de luz superficial)

Además, existen una serie de anteproyectos de normas secundarias que están en proceso de elaboración y que serán abordados en este estudio, tales como el Anteproyecto de Norma Secundaria de Calidad Ambiental de las aguas continentales superficiales de las cuencas del Río Biobío, Maipo, Valdivia y Huasco.

Anteproyecto Cuenca del río Biobío

Nombre: Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Biobío.

Objetivo: Proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca hidrográfica¹³ del río Biobío, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico y la protección y conservación de las comunidades acuáticas, de la vida silvestre y de los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

¹³ **Cuenca hidrográfica:** La cuenca u hoya hidrográfica de un caudal de aguas está formada por todos los afluentes, subafluentes, quebradas, esteros, lagos y lagunas que afluyen a ella, en forma continua o discontinua, superficial o subterráneamente.

Tabla 9: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Anteproyecto cuenca Río Biobío

Parámetros	Unidad	BI TR 20	BI TR 31	BI TR 32	BI TR 33	BI TR 40	BI TR 50	BI TR 60	BI TR 71	BI TR 72
Conductividad eléctrica ⁽¹⁾	µS/cm	73	105	116	105	118	120	113	149	178
DBO ₅	mg/L	-	1,7	-	1,7	3,7	20	1,9	3,4	3,6
Oxígeno disuelto ⁽²⁾	mg/L	9,4	9,7	9,8	9,7	9,8	7,5	9,2	8,1	7,5
pH ⁽³⁾	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Sólidos suspendidos	mg/L	-	5,7	-	6,8	6,6	7,7	7,2	12,8	11,9
Sólidos disueltos	mg/L	-	97,5	-	75,4	93,5	252,7	351,3	125,7	144,4
Amonio	mg/L	-	0,08	-	0,02	0,05	0,3	0,04	0,36	0,5
Cloruro	mg/L	2,86	-	7,24	-	7,74	-	8,75	-	-
Nitrito	mg/L	-	0,04	-	0,003	0,027	0,047	0,042	0,06	0,06
Sulfato	mg/L	-	8,3	-	-	21,2	27,1	5	9,6	-
Cobre	µg/L	10,0	5,0	10,0	9,0	10,0	8,0	10,0	10,0	-
Cromo Total	µg/L	10,0	5,0	10,0	5,0	5,0	7,0	5,0	5,0	-
Hierro	mg/L	0,33	0,373	0,55	0,178	0,37	0,441	0,8	1,23	-
Manganeso	mg/L	0,02	0,036	0,02	0,013	0,03	0,198	0,05	0,09	-
Molibdeno	mg/L	0,02	0,024	0,02	-	0,01	-	0,02	-	-
Zinc	mg/L	0,05	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	-
Aluminio	mg/L	0,46	0,35	0,46	0,28	0,2	0,41	0,56	0,93	-
Cadmio	µg/L	-	2,0	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	-
Mercurio	µg/L	-	0,13	-	0,05	0,07	0,24	0,07	0,13	-
Plomo	mg/L	-	0,01	-	0,009	0,09	0,01	0,009	0,009	-
Coliformes fecales	Gérmenes/100 mL	-	310	-	150	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Coliformes totales	Gérmenes/100 mL	-	372	-	160	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

(1) Corregida a 25°C. Corresponde a conductividad específica

(2) Oxígeno disuelto expresado en términos de valor mínimo

(3) pH expresado en términos de valor máximo y mínimo

Tabla 10: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Río Biobío: sólidos suspendidos-periodo estacional

Parámetros	Unidad	BI TR 20	BI TR 31	BI TR 32	BI TR 33	BI TR 40	BI TR 50	BI TR 60	BI TR 71	BI TR 72
Sólidos suspendidos Otoño	mg/L	-	28,6	-	8,0	9,6	17,2	13,0	14,3	13,7
Sólidos suspendidos invierno	mg/L	-	28,6	-	17,4	17,9	35,8	35,1	41,2	48,5
Sólidos suspendidos primavera	mg/L	-	18,9	-	23,8	20,7	-	-	-	-

Tabla 11: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Río Biobío: parámetros, compuestos o elementos adicionales.

Parámetros	Unidad	BI TR 20	BI TR 32	BI TR 33	BI TR 40	BI TR 50	BI TR 50	BI TR 60	BI TR 71	BI TR 72
DQO	mg/L	-	3,33	-	3,55	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Nitrato	mg/L	-	0,141	-	-	0,450	-	0,423	0,468	-
Nitrógeno total	mg/L	-	0,138	-	0,170	0,279	0,373	0,294	0,400	0,450
Fosforo total	mg/L	-	0,029	-	0,023	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
AOX	µg/L	-	13,03	-	7,37	34,00	60,00	60,00	52,86	-
Color verdadero	Pt-Co	-	9,8	-	9,4	30,4	310	28,2	56,1	20,2

Anteproyecto Cuenca del río Maipo

Nombre: Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la Cuenca del Río Maipo.

Objetivo: Proteger, mantener y recuperar la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico y la protección y conservación de las comunidades acuáticas, de la vida silvestre y de los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Tabla 12: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo

Compuestos, elementos o parámetros	Unidad	MA TR 10	MA TR 20	MA TR 31	MA TR 32	MA TR 33	MA TR 40	MA TR 50	MA TR 60	MP TR 10	MP TR 20	MP TR 31
Conductividad eléctrica	µS/cm	1574	1382	1333	1500	1500	1259	1487	1360	306	1297	1152
DBO ₅	mg/L	10	20	20	20	20	20	20	20	10	35	35
DQO	mg/L	33	36	32	32	32	54	39	38	19	116	215
Oxígeno disuelto	mg/L	9,9	10,4	9,4	9,4	9,4	10	7	9,2	10,3	7	7
pH	Unidad	6,5-8,5	6,5-8,1	6,5-8,1	6,5-8,1	6,5-8,1	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-7,6	6,4-7,5	6,5-7,6
RAS	-	4,3	3,0	2,7	2,7	2,7	1,9	3,0	1,8	0,4	2,6	2,1

Continuación Tabla 12: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo

Sólidos suspendidos	mg/L	50	50	90	90	90	50	50	50	50	50	50
Amonio	mg/L	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cianuro	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cloruro	mg/L	277	213	181	180	128	183	150	12	160	150	160
Nitrito	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,005	0,005	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sulfato	mg/L	356	361	355	380	380	310	324	339	115	317	317
Cobre	µg/L	27	20	70	85	85	54	396	58	1.549	930	80
Cromo total	µg/L	30	50	28	50	50	30	53	40	30	29	31
Hierro	mg/L	10	6,3	10	10	10	10	10	2,1	7	4,8	7,1
Manganeso	mg/L	0,26	0,33	0,42	1	1	0,42	0,46	0,42	0,4	0,15	0,4
Molibdeno	mg/L	0,015	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,015
Zinc	mg/L	0,14	0,14	0,07	0,07	0,07	0,07	0,20	0,05	0,18	0,12	0,2
Aluminio	mg/L	11	20	20	20	20	20	11	8	7,3	7	11
Arsénico	mg/L	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,015	0,008	0,04	0,02
Plomo	mg/L	0,03	0,02	0,035	0,035	0,035	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,03
Coliformes fecales (NMP)	Gémenes/100 mL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Coliformes totales (NMP)	Gémenes/100 mL	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000

Tabla 13: Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo

Elemento y/o Compuesto	Unidad	MP TR 32	CO TR 10	VO TR 10	YE TR 10	YE TR 20	SF TR 10	YL TR 10	MO TR 10	AR TR 10	PU TR 10	EC TR 10
Conductividad eléctrica	µS/cm	1345	1152	1245	1066	750	451	425	177	293	1500	195
DBO ₅	mg/L	35	10	10	10	5	10	10	10	10	10	10
DQO	mg/L	133	35	35	23	10	15	18	21	37	90	31
Oxígeno disuelto	mg/L	7	11	9	10	15	9,8	10	10	9,4	7,6	8,9
pH	Unidad	6,5-7,6	6,5-8,0	6,5-8,1	6,5-8,3	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,0	6,5-7,8	6,5-8,0	6,5-8,1
RAS	-	2,1	1,6	0,7	2,2	3	0,6	0,35	0,55	0,5	2	0,5
Sólidos suspendidos	mg/L	50	50	50	50	30	50	50	30	30	50	30
Amonio	mg/L	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cianuro	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cloruro	mg/L	160	104	52	137	58	25	46	8	100	150	100

Continuación Tabla 13: Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Rio Maipo

Nitrito	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sulfato	mg/L	317	361	330	304	150	208,7	250	22	96	357	26
Cobre	µg/L	30	25	29	28	70	1400	3844	38	30	40	20
Cromo total	µg/L	49	10	20	14	50	0,01	16	13	15	20	15
Hierro	mg/L	2,6	16,3	2,7	5,3	1	2,5	1,8	2,7	1,5	4	0,6
Manganeso	mg/L	0,4	0,33	0,1	0,1	0,2	0,2	0,8	0,08	0,1	0,05	0,01
Molibdeno	mg/L	0,015	0,015	0,02	0,02	0,15	0,018	0,01	0,02	0,015	0,02	0,02
Zinc	mg/L	0,09	0,09	0,03	0,3	0,15	0,3	0,025	0,025	0,05	0,08	0,09
Aluminio	mg/L	3,1	19,8	2	4,9	1	4	5,6	7,2	2,6	5	2,4
Arsénico	mg/L	0,04	0,04	0,02	0,08	0,005	0,015	0,01	0,01	0,1	0,01	0,02
Plomo	mg/L	0,03	0,02	0,02	0,1	0,003	0,02	0,02	0,015	0,015	0,02	0,02
Coliformes fecales (NMP)	Gérmenes/100 mL	1.000	1.000	100	100	100	100	100	100	500	1.000	1.000
Coliformes totales (NMP)	Gérmenes/100 mL	2.000	2.000	200	200	200	200	200	200	1.000	2.000	2.000

Tabla 14: Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Rio Maipo

Elemento y/o Compuesto	Unidad	AN TR 10	LA TR 10	OL TR 10	EEM TR 10	EEC TR 10	EM TR 10	SN TR 10	QR TR 10	EH TR 10
Conductividad eléctrica	µS/cm	1272	1500	982	200	100	200	200	250	200
DBO ₅	mg/L	10	10	10	5	5	5	5	5	5
DQO	mg/L	48	103	25	10	10	10	10	10	10
Oxígeno disuelto	mg/L	8,7	5,5	10	15	15	15	15	15	15
pH	Unidad	6,5-8,0	6,5-7,8	6,5-7,8	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
RAS	-	1,6	3	4,2	3	3	3	3	3	3
Sólidos suspendidos	mg/L	50	50	50	30	30	30	30	30	30
Amonio	mg/L	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1
Cianuro	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cloruro	mg/L	132	180	150	10	10	10	10	10	10
Nitrito	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sulfato	mg/L	313	445	79	20	15	15	100	100	100
Cobre	µg/L	40	50	38	70	70	70	70	70	70
Cromo total	µg/L	20	15	15	50	50	50	50	50	50
Hierro	mg/L	8	4	2,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Continuación Tabla 14: Continuación niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del Río Maipo

Manganeso	mg/L	0,02	0,37	0,06	0,2	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Molibdeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Zinc	mg/L	0,1	0,09	0,05	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Aluminio	mg/L	9	6	3,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Arsénico	mg/L	0,02	0,1	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Plomo	mg/L	0,02	0,02	0,015	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Coliformes fecales (NMP)	Gémenes/100 mL	1.000	1.000	100	100	100	100	100	100	100
Coliformes totales (NMP)	Gémenes/100 mL	2.000	2.000	200	200	200	200	200	200	200

Anteproyecto Cuenca del río Valdivia

Nombre: Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del Río Valdivia.

Objetivo: Asegurar la conservación del patrimonio ambiental¹⁴ y preservación de los ecosistemas hídricos de manera que en dichos cursos de agua se salvaguarden sus comunidades acuáticas, los usos y servicios ambientales que estos ecosistemas entregan a la sociedad en su conjunto.

Tabla 15: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Valdivia

Elemento o compuesto	Unidad	ÁREAS DE VIGILANCIA							
		RSP	RCC	RV	RC I	RC II	RC III	RC IV	SNCA
pH	-	6,5-8,0	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-7,5	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0	6,5-8,0
Oxígeno disuelto	mg/L	> 8,3	> 8,9	> 8	> 9,4	> 8,8	> 9,7	> 8,5	> 8,5
Conductividad eléctrica	µS/cm	100	100	-	100	100	100	100	-
Sulfato	mg/L	-	-	-	-	3	7	7,8	-
Sodio	mg/L	4,6	4,6	-	4,4	4,8	8,3	7,9	-

¹⁴ **Conservación del Patrimonio Ambiental:** el uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración.

Continuación Tabla 15: Niveles o valores de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Valdivia

Cloruro	mg/L	5,3	7,1	-	6,4	5,6	7,6	8,1	-
Calcio	mg/L	6,9	7,7	-	5,1	4,4	3,9	-	-
Magnesio	mg/L	4,7	1,5	-	1,9	1,9	1,8	-	-
Potasio	mg/L	2,6	1,8	-	0,75	2,1	2,2	-	-
Aluminio	mg/L	0,19	0,36	0,47	0,44	0,39	0,5	0,08 *	0,22
Cobre	mg/L	-	-	0,02	0,02	-	0,02	-	0,03
Cromo	mg/L	-	0,013	0,02	-	-	-	-	-
Hierro	mg/L	0,1	0,19	0,41	0,4	0,5	0,4	0,14*	0,39
Manganeso	mg/L	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,02	0,8
Zinc	mg/L	0,02	0,014	0,02	0,02	0,01	0,018	0,01	0,04
Nitrato	mg/L	0,08	0,1	0,19	0,2	0,19	0,2	0,5	-
Fosfato	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	-	-

* Referido al valor de la fracción disuelta

Anteproyecto Cuenca del Río Huasco

Nombre: Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Huasco.

Objetivos: Proteger la calidad de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Tabla 16: Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Huasco.

Parámetros	ÁREAS DE VIGILANCIA												
	Unidad	HU-10	HU-20	HU-30	CA-10	PO-10	PO-20	QU-10	TO-10	TR-10	CH-10	ES-10	C0-10
Conductividad eléctrica	µS/cm	700	1250	3380	800	870	600	350	440	610	480	340	520
Color aparente	Pt-Co	-	-	-	-	10	7	10	10	-	-	5	-
Oxígeno disuelto	mg/L	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5	>7,5

Continuación Tabla 16: Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia. Cuenca del río Huasco

pH	Rango	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
RAS (1)	-	0,7	3,6	4,9	0,6	-	-	-	-	0,7	0,3	-	0,7
Sólidos suspendidos	mg/L	-	-	-	-	32	25	13	10	-	-	36	-
Sólidos disueltos	mg/L	-	-	-	-	750	510	300	390	-	-	40	-
Cloruro	mg/L	20	60	540	20	10	10	20	10	20	10	10	30
Cianuro Total	mg/L	-	-	-	-	0,005	0,005	0,005	0,005	-	-	0,1	-
Amonio	mg/L	-	-	-	-	0,05	0,15	0,05	0,20	-	-	0,25	-
Nitrógeno de nitritos	mg/L	-	-	-	-	0,004	0,005	0,007	0,005	-	-	0,005	-
Nitrógeno de nitratos	mg/L	0,7	1,0	0,6	0,7	1,2	1,5	1,7	1,8	0,7	0,5	0,8	0,7
Sulfato	mg/L	220	390	790	270	390	220	90	160	190	190	150	160
Índice de Fenol	mg/L	-	-	-	-	0,002	0,002	0,002	0,002	-	-	0,002	-
Detergentes (SAAM)	mg/L	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	0,2	-
Boro	mg/L	1,25	1,25	1,25	1,25	0,63	0,63	0,63	0,63	1,25	1,25	0,63	1,25
Cobre	mg/L	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,16	0,07
Cromo	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,008	0,005	0,005	0,005	0,02	0,02	0,05	0,02
Flúor	mg/L	-	-	-	-	0,7	0,4	0,2	0,2	-	-	0,2	-
Fosforo	mg/L	-	-	-	-	0,01	0,14	0,04	0,24	-	-	1,00	-
Hierro	mg/L	0,8	0,3	0,4	0,6	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,8	0,7	1,2
Manganeso	mg/L	0,13	0,04	0,07	0,10	1,91	0,81	0,03	0,02	0,15	0,36	2,10	0,20
Molibdeno	mg/L	0,02	0,013	0,02	0,013	0,004	0,005	0,007	0,003	0,02	0,02	0,010	0,020
Níquel	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,021	0,025	0,018	0,02	0,02	0,057	0,02
Selenio	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Sodio	mg/L	30	110	360	30	20	20	20	10	30	10	10	30
Zinc	mg/L	0,036	0,02	0,02	0,023	0,29	0,15	0,02	0,05	0,045	0,15	0,93	0,13
Aluminio	mg/L	1,8	0,5	0,5	1,0	3,0	2,0	0,2	0,1	2,3	2,7	4,0	2,6
Arsénico	mg/L	0,006	0,005	0,007	0,008	0,013	0,028	0,042	0,006	0,004	0,006	0,0015	0,010
Cadmio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00155	0,0018	0,0009	0,002	0,02	0,02	0,01	0,02
Mercurio	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,002	0,002	0,001	0,002
Plomo	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,016	0,013	0,0175	0,007	0,02	0,02	0,05	0,02
Coliformes fecales (NMP)	NPM/10 0mL	-	-	-	-	26,0	13,0	23,0	2,0	-	-	2,0	-
Coliformes totales (NMP)	NPM/10 0mL	-	-	-	-	140,0	50,0	240,0	2,0	-	-	2,0	-

1.2.2.3 Normas de Emisión

Actualmente existen tres normas de emisión referentes a aguas, específicamente a los residuos líquidos industriales que pueden ser vertidos a las aguas subterráneas, marinas y continentales superficiales o directamente al alcantarillado.

Su objetivo es prevenir la contaminación o ser un medio para reestablecer los niveles de calidad del agua cuando estos han sido sobrepasados. Pueden ser aplicadas tanto a nivel nacional como a nivel local, dependiendo del objetivo de protección que tiene la norma.

Decreto Supremo N° 90/2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Normas de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a la descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

Objetivo: Prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores.

Esta norma establece las concentraciones máximas de contaminantes que pueden ser descargados por las fuentes emisoras¹⁵ a los cuerpos de agua marinas y continentales superficiales de la República de Chile, aplicado en todo el territorio nacional. Presenta límites para la descarga de riles a cinco tipos de cuerpos receptores, siendo estos representados de la siguiente manera:

¹⁵ **Fuente emisora:** es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio.

Tabla 1: cuerpos de aguas fluviales sin capacidad de dilución.

Tabla 2: cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor.

Tabla 3: cuerpos de aguas lacustres.

Tabla 4: cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral (ZPL)

Tabla 5: cuerpos de agua marinos fuera de la ZPL.

A continuación se presenta una figura, que permite visualizar de mejor forma las cinco alternativas de descarga de residuos líquidos a diferentes cuerpos de aguas, especificadas en el DS. 90

Figura 4: Alternativas de descargas de Riles en diferentes cuerpos de aguas.
DS N°90



En la siguiente tabla se presentan los parámetros establecidos en el DS. N° 90 para cada una de las zonas de descarga, que corresponden a las cinco tablas mencionadas anteriormente:

Tabla 17: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua: D.S N°90/2000.

CONTAMINANTES	UNIDAD	Tabla 1	Tabla 2	Tabla 3	Tabla 4	Tabla 5	Tabla 5
		LIMITE MAXIMO PERMITIDO Cuerpo de Aguas fluviales sin capacidad de dilución	LIMITE MAXIMO PERMITIDO Cuerpos de aguas fluviales con capacidad de dilución del receptor	LIMITE MAXIMO PERMITIDO Cuerpo de agua LACUSTRE(1)	LIMITE MAXIMO PERMITIDO Cuerpos de agua MARINOS (dentro de ZPL)	LIMITE MAXIMO PERMITIDO Cuerpo de agua MARINO (fuera de ZPL)	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE a partir del 3 de Septiembre del 2011
pH	unidad	6,0-8,5	6,0 - 8,5	6,0-8,5	6,0-9,0	5,5-9,0	--
Sólidos suspendidos totales	mg/L	80	300	80	100	700	300
Sólidos sedimentables	mL/L/h	--	--	5	5	50	20
Temperatura	C°	35	40	30	30	--	--
Fluoruro	mg/L	1,5	5	1	1,5	6	--
Fósforo	mg/L	10	15	2	5	--	--
Hidrocarburos fijos	mg/L	10	50	--	--	--	--
Hidrocarburos totales	mg/L	--	--	5	10	20	--
Hidrocarburos volátiles	mg/L	--	--	--	1	2	--
Sulfatos	mg/L	1000	2000	1000	--	--	--
Sulfuros	mg/L	1	10	1	1	5	--
Índice fenol	mg/L	0,5	1	0,5	0,5	1	--
Poder espumógeno	mm	7	7	--	--	--	--
SAAM	mg/L	--	--	10	10	15	--
Aceites y grasas	mg/L	20	50	20	20	350	150
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	0,01	--	--	--	--
Tetracloroetano	mg/L	0,04	0,4	--	--	--	--
Tolueno	mg/L	0,7	7	--	--	--	--
Triclorometano	mg/L	0,2	0,5	--	--	--	--
Xileno	mg/L	0,5	5	--	--	--	--
Coliformes fecales o termotolerantes	NPM/100 mL	1000	1000	1000-70	1000-70	--	--
DBO ₅	mg O ₂ /L	35	300	35	60	--	--

Continuación Tabla 17: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua:
D.S N°90/2000.

Aluminio	mg/L	5	10	1	1	10	--
Arsénico	mg/L	0,5	1	0,1	0,2	0,5	--
Boro	mg/L	0,75	3	--	--	--	--
Cadmio	mg/L	0,01	0,3	0,02	0,02	0,5	--
Cianuro	mg/L	0,20	1	0,5	0,5	1	--
Cloruro	mg/L	400	2000	--	--	--	--
Cobre	mg/L	--	--	--	1	3	--
Cobre Total	mg/L	1	3	0,1	--	--	--
Cromo hexavalente	mg/L	0,05	0,2	0,2	0,2	0,5	
Cromo Total	mg/L	--	--	2,5	2,5	10	--
Hierro disuelto	mg/L	5	10	2	10	--	--
Manganeso	mg/L	0,3	3	0,5	2	4	--
Mercurio	mg/L	0,001	0,01	0,005	0,005	0,02	--
Molibdeno	mg/L	1	2,5	0,07	0,1	0,5	--
Níquel	mg/L	0,2	3	0,5	2	4	--
Plomo	mg/L	0,05	0,5	0,2	0,2	1	--
Selenio	mg/L	0,01	0,1	0,01	0,01	0,03	--
Zinc	mg/L	3	20	5	5	5	--
Estaño	mg/L	--	--	0,5	0,5	1	--
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	50	75	--	50	--	--
Nitrógeno total (2)	mg/L	--	--	10	--	--	--

- (1) cuerpos de agua lacustres naturales, incluye a lagos y lagunas. Como también a aquellos que se viertan a cuerpos fluviales que sean afluentes de un cuerpo de agua lacustre. Las descargas a cuerpos lacustres de naturaleza artificial deben cumplir con los requisitos del vertido a cuerpos de agua fluvial.
- (2) La determinación del contaminante corresponderá a la suma de las concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl (nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal (amonio y amoniaco), nitrito y nitrato)

Decreto Supremo N°46/2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Nombre: Normas de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.

Objetivo: Prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero, contribuyendo a mantener la calidad ambiental de las aguas subterráneas.

Este decreto indica las concentraciones máximas permitidas de un contaminante permitido para residuos líquidos que son descargados por una fuente emisora, a

través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo.

No es aplicada a labores de riego, depósitos de relaves y a la inyección de las aguas de formación a los pozos de producción en los yacimientos de hidrocarburos.

Establece límites para de descarga de residuos líquidos a los siguientes cuerpos receptores:

- (1) Acuíferos con condiciones de vulnerabilidad media
- (2) Acuíferos en condiciones de vulnerabilidad baja.

Tabla 18: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a aguas subterráneas. D.S. N° 46/2002

CONTAMINANTES	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMITIDO DS N°46 (1)	LIMITE MAXIMO PERMITIDO DS N° 46 (2)
pH	unidad	6,0 - 8,5	6,0-8,5
Cianuros	mg/L	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250
Fluoruro	mg/L	1,5	5
N-Nitrato + N-nitrito	mg/L	10	15
Sulfatos	mg/L	250	500
Sulfuros	mg/L	1	5
Aceites y grasas	mg/L	10	10
Benceno	mg/L	0,01	0,01
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	0,009
tetracloroeteno	mg/L	0,04	0,04
Tolueno	mg/L	0,7	0,7
Triclorometano	mg/L	0,2	0,2
Xileno	mg/L	0,5	0,5
Aluminio	mg/L	5	20
Arsénico	mg/L	0,01	0,01
Boro	mg/L	0,75	3
Cadmio	mg/L	0,002	0,002
Cobre	mg/L	1	3
Cromo hexavalente	mg/L	0,05	0,2
Hierro	mg/L	5	10
Manganeso	mg/L	0,3	2
Mercurio	mg/L	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	1	2,5
Níquel	mg/L	0,2	0,5
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,01	0,02
Zinc	mg/L	3	20
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	10	15

- (1) Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas subterráneas. Vulnerabilidad media
- (2) Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas subterráneas. Vulnerabilidad baja

Decreto Supremo N° 609/98, del Ministerio de Obras Públicas.

Nombre: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

Objetivo: Mejorar la calidad ambiental de las aguas servidas crudas que los servicios públicos de disposición de estas, vierten a los cuerpos de agua terrestres o marítimos mediante el control de los contaminantes líquidos de origen industrial, que se descargan en los alcantarillados.

Al igual que las otras normas de emisión, establece una cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos industriales líquidos, que son descargados por los establecimientos industriales en los servicios públicos de recolección y/o disposición de aguas servidas.

Tabla 19: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado. D.S N°609/98.

CONTAMINANTES	UNIDAD	LIMITE MAXIMO PERMITIDO D.S N° 609 (1) Sin Planta de tratamiento de aguas servidas.	LIMITE MAXIMO PERMITIDO D.S N° 609 (2) Con planta de tratamiento de aguas servidas
pH	unidad	5,5-9,0	5,5-9,0
Sólidos suspendidos totales	mg/L	300 (e)	300
Sólidos sedimentables	mL/L 1 h	20	20
Temperatura	C°	35	35
Cianuros	mg/L	1	1
Fósforo	mg/L	10-45 (d)	10-15 (d)
Hidrocarburos totales	mg/L	20	20
Sulfatos	mg/L	1.000 (b)	1.000 (b)

Continuación Tabla 19: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a sistemas de alcantarillado. D.S N°609/98.

Sulfuros	mg/L	5	5
Poder espumógeno	mm	7	7
Aceites y grasas	mg/L	150	150
DBO ₅	mg O ₂ /L	(c)	(c)
Aluminio	mg/L	10	10
Arsénico	mg/L	0,5	0,5
Boro	mg/L	4 (a)	4 (a)
Cadmio	mg/L	0,5	0,5
Cobre	mg/L	3	3
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,5
Cromo total	mg/L	10	10
Manganeso	mg/L	4	4
Mercurio	mg/L	0,02	0,02
Níquel	mg/L	4	4
Plomo	mg/L	1	1
Zinc	mg/L	5	5
Nitrógeno amoniacal	mg/l	80	80

- (1) Límites máximos permitidos para descargas de afluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas
- (2) Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamientos de aguas servidas.

II. DESARROLLO

2.1 Fichas Técnicas

Para el desarrollo del presente seminario de título, se ha realizado una clasificación de los principales parámetros ambientales que se encuentran en las normas de calidad y emisión presentadas en el Capítulo 3.2

Estas fueron clasificadas, según sus principales características en 6 tipos de parámetros, además a cada clasificación se da un color correspondiente para que se pueda acceder más fácilmente a la información de cada ficha técnica. La clasificación (color de ficha) se presenta de la siguiente manera:

- 1- Parámetros Físicoquímicos (amarilla)
- 2- Metales (azul)
- 3- Parámetros Orgánicos (morado)
- 4- Parámetros Inorgánicos (verde)
- 5- Parámetros Microbiológicos (rosado)
- 6- Nutrientes (rojo)

Una vez realizada la clasificación, se confeccionaron fichas para cada parámetro, las cuales contienen los siguientes ítems:

- **Nombre y clasificación**
- **Formula molecular** (cuando corresponda).
- **Descripción:** entrega una descripción general del parámetro, su forma y origen en las aguas y sus principales funciones.

- **Características fisicoquímicas en las aguas:** se entregan las principales características fisicoquímicas del parámetro en el agua, como también las reacciones que puede sufrir frente a diferentes escenarios.
- **Riesgo para la salud de las personas¹⁶:** entrega los principales riesgos que puede sufrir una persona al entrar en contacto con aguas que contengan elevados niveles del parámetro en estudio.
- **Riesgo para los ecosistemas hídricos:** se entregan los principales daños que sufren los ecosistemas hídricos al estar en contacto con elevados niveles del parámetro en agua.
- **Conclusiones:** se presentan las principales características y efectos del parámetro en el agua, la salud de las personas y los ecosistemas hídricos. Es más bien, un resumen de los aspectos más importantes tratados en cada ítem de la ficha.
- **Recomendaciones:** se evalúa su medición en las principales normas y la forma en que debe ser medido.

2.2.1 Parámetros fisicoquímicos

Dentro de esta clasificación se encuentran todos aquellos parámetros que tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Estos

¹⁶ **Salud de las personas:** condición de toda persona que goza de un absoluto bienestar tanto a nivel físico como a nivel mental y social. Puede ser entendida como el grado de eficiencia del metabolismo y las funciones de un ser vivo a escala micro (celular) y macro (social).

definen las características del agua que responden a sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato. Entre ellos se encuentran:

- 1- Sabor y Olor
- 2- Color
- 3- Turbidez o Turbiedad
- 4- Oxígeno Disuelto
- 5- pH
- 6- Sólidos
- 7- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- 8- Demanda química de oxígeno (DQO)

Todos estos parámetros definen la calidad del agua y son la forma más sencilla de identificar las variaciones composicionales tanto espaciales como temporales, que resultan de cambios en factores naturales como el relieve, la litología, vegetación y clima de la región. Además son útiles para determinar el grado de contaminación tanto orgánica como inorgánica.

Generalmente, sirven como parámetros de alerta temprana o para realizar estudios preliminares de la calidad del agua, ya que estos ejercen una influencia notable sobre los procesos químicos y biológicos que ocurren en los sistemas acuáticos (Hem, 1985, Manahan, 1972).

Nombre	: Sabor y olor
Clasificación	: Físicoquímico
DESCRIPCIÓN:	
<p>Ambos parámetros son determinaciones del tipo organoléptica, que se miden subjetivamente, ya que no existen instrumentos de observación, ni unidades de medida. Son en general parámetros que se miden para agua potable destinadas al consumo humano, ya que son los que causan el principal rechazo por parte de quienes la consumen.</p>	
DIAGRAMA 1: Olores característicos según tipo de aguas	
<p>El diagrama muestra la correlación aproximada entre los tipos de olores y los tipos de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> Inodoro → Aguas frescas y dulces. Metálico → Aguas subterráneas. A sulfuro → Aguas residuales urbanas, con materia orgánica, de sistemas anaerobios de tratamiento. Vegetal → Aguas poco profundas, de humedales y estuarios. Pírico → Aguas procedentes de lixiviados de residuos sólidos o de plantas de tratamientos. Pescado → Aguas oceánicas y de cultivos piscícolas. 	
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN LAS AGUAS:	
<p>El olor y sabor de las aguas, se puede deber a la presencia en la misma de compuestos químicos (fenoles, cloro, etc.), diversos hidrocarburos, materia orgánica en descomposición (desprendimiento de gases) o bien a ciertos organismos vivos (algas, hongos, etc.)</p> <p>Una característica de estos compuestos químicos, es que incluso a concentraciones muy pequeñas pueden originar olores y sabores muy fuertes.</p>	
Factores forzantes	<p>Compuestos con olores y sabores característicos: fenoles, cloro, hidrocarburos, materia orgánica (viva o en descomposición).</p> <p>Cambios de pH, temperatura, oxígeno disuelto y/o potenciales redox, que causan la liberación de ciertas sustancias u compuestos que provocan olores.</p>
RIESGOS: salud de las personas y ecosistemas hídricos	
<p>Los parámetros como tal no producen riesgos a la salud de las personas ni a los ecosistemas hídricos, sino los compuestos causante de los malos olores o sabores.</p>	

CONCLUSIONES

El sabor solo puede ser medido en agua potable, ya que se requiere que el personal ingiera la muestra para determinar de acuerdo a su percepción el sabor que esta muestra contiene. Por tanto, para aguas naturales que cuentan con normas de calidad, sería poco ético que el personal analice este parámetro, mucho menos puede ser medido en las normas de emisión.

En cuanto al olor, si puede ser medido en las aguas naturales, sin embargo es un parámetro que presenta variabilidad, ya que depende del estado olfativo del analista que lo determine.

RECOMENDACIONES

No es recomendable medir el sabor, debido al tipo de metodología utilizada.

El olor puede dar indicios de qué está sucediendo algún proceso en el sistema o que en el análisis se pueden encontrar mayores concentraciones de ciertas sustancias que producen los malos olores. Este es un parámetro que se mide en terreno por tanto no aumenta el costo del análisis de laboratorio.

Se recomienda incluir dentro de los planes de vigilancia de las normas de calidad primaria, secundaria y emisión, como parámetro en la red de observación.

Nombre	:	Color
---------------	---	-------

Clasificación	:	Fisicoquímico
----------------------	---	---------------

DESCRIPCIÓN:

El color es la capacidad de los elementos, sustancias, compuestos, etc. de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. De acuerdo al tipo de longitud absorbida será la coloración que adquiera el elemento.

Es un parámetro puede estar ligado a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

DIAGRAMA 1: Tipos de color en las aguas



Definición de color, según diagrama 1.

Color aparente

Coloración otorgada por aquellas sustancias que se encuentran disueltas y en suspensión en las aguas. Se obtiene de una medición directa sobre la muestra aún sin filtrar.

Color verdadero
 Coloración que tiene la muestra una vez que se ha eliminado la turbidez, asociado a sustancias en solución. Se obtiene a partir de mediciones realizadas sobre muestras filtradas por membranas de 0,45 µm.
 El factor de color verdadero mas importante es constituido por los acidos de color, que son extractos del suelo y de fragmentos de plantas, que son capaces de disminuir el pH de las aguas hasta un pH 4, además mediante ligandos potenciales, los acidos de color pueden adicionar metales.

DIAGRAMA 2: Coloración según el tipo de agua. (1)

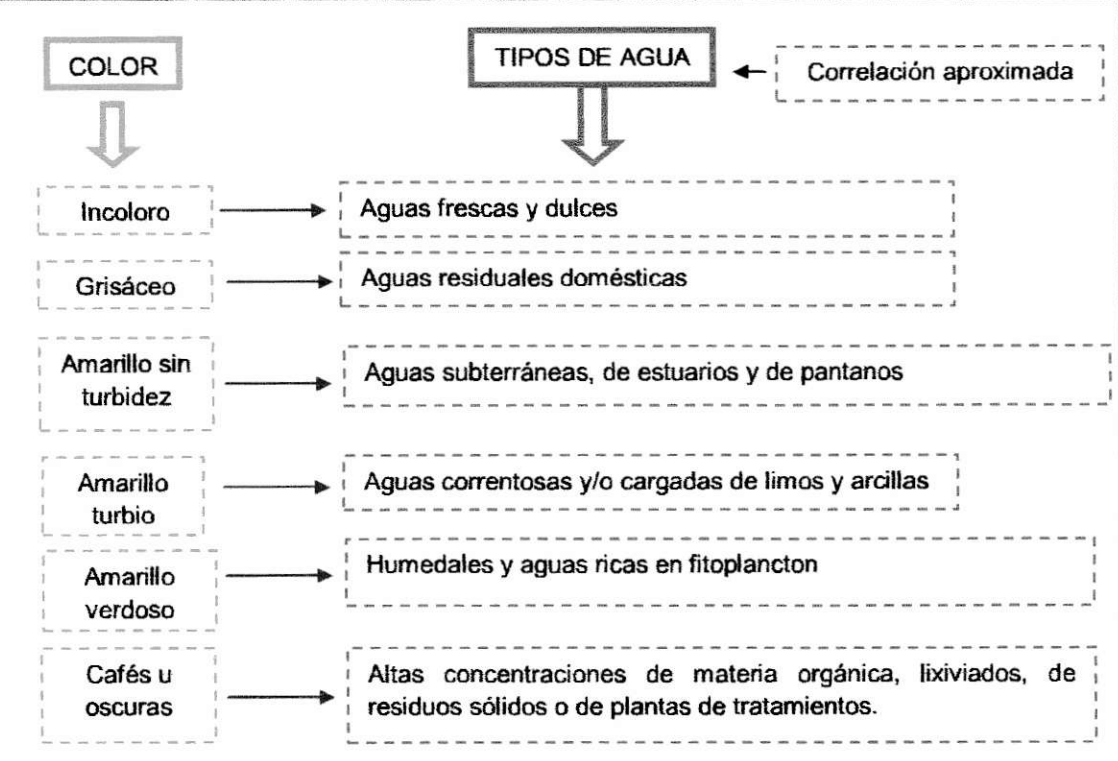
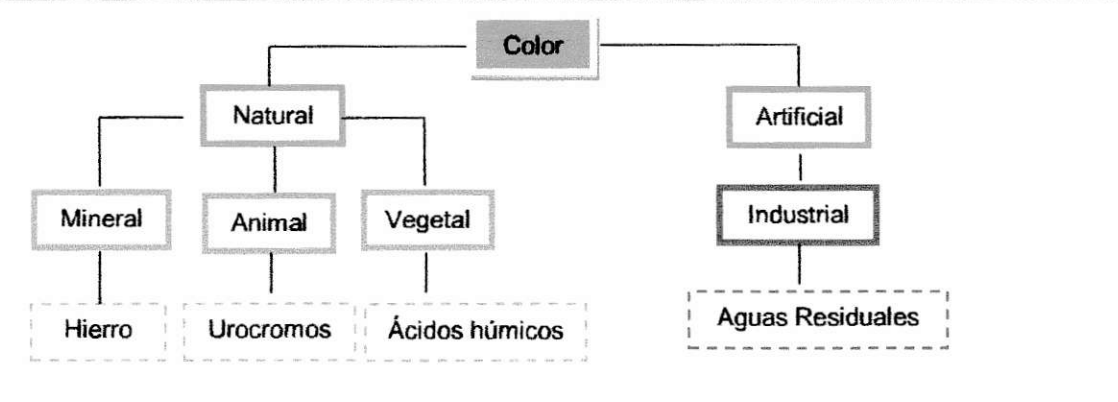


DIAGRAMA 3: Clasificación de color según su origen



CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS EN LAS AGUAS:

El agua es incolora, pero existen ciertas sustancias que se encuentran en forma natural que le otorgan ciertas tonalidades. De esta forma, suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. (Cortés, 2010)

(Ver clasificación según origen. Diagrama 3)

En cuanto a la coloración que se encuentra de manera artificial, se pueden encontrar un gran rango de tonalidades. Sin embargo, dependiendo de la capacidad de dilución del cuerpo de receptor, existen ocasiones que estas tonalidades no se perciben y por ende no indican la presencia de contaminantes (aunque el agua se encuentre fuertemente contaminada).

RIESGOS: salud de las personas y ecosistemas hídricos

No es posible determinar un riesgo ambiental¹⁷ para este parámetro, ya que dependerá del compuesto que este causando coloración en las aguas.

CONCLUSIONES

El color no se puede atribuir a ningún constituyente en exclusivo, pese a que existen ciertos colores en las aguas que indican la presencia de ciertos contaminantes. Sin embargo, es común que la coloración cambie con la turbidez de las aguas.

Como la especiación de las sustancias que otorgan coloración depende del pH, es necesario que se mida junto a la medición de color de las aguas, ya que dan un indicio del tipo de sustancia presente en ellas.

RECOMENDACIONES

Este es un parámetro que no siempre indica problemas de contaminación, debido a la capacidad de dilución de los cuerpos de aguas. Además, existen colores naturales que no significan precisamente daños a la salud de las personas y ecosistemas hídricos. Es más bien un parámetro que puede servir de alerta temprana o indicadora de los cambios estacionales. Puede ser considerado parámetro para la red de observación

Nombre	:	Turbidez o turbiedad
Clasificación	:	Físicoquímico

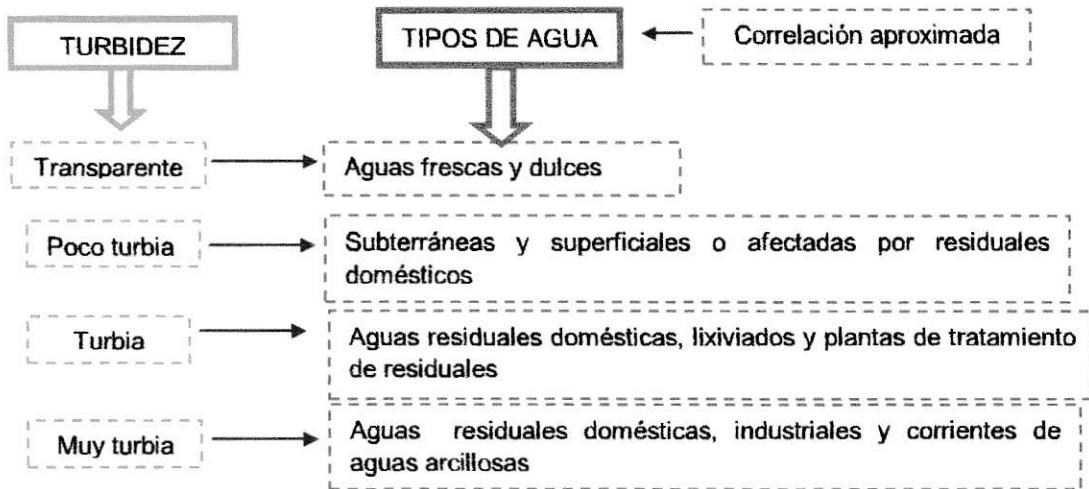
DESCRIPCIÓN:

Corresponde a la interferencia óptica de las materias insolubles en suspensión, coloidales o muy finos presentes en el agua, los cuales producen una reducción de su transparencia. Este tipo de dispersión no depende tan solo de la concentración en peso de la materia que está en suspensión, sino que además del tamaño, la forma y el índice de refracción

¹⁷ **Riesgo ambiental:** resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico

de las partículas que pudiese contener la muestra. (Cortes, 2010)

DIAGRAMA 1: Tipos de turbidez de las aguas



CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN LAS AGUAS

La turbiedad o turbidez se forma a partir de materias como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, microorganismos y sedimentos que provienen de la erosión.

RIESGOS: salud de las personas y ecosistemas hídricos

No se conoce efectos directos a la salud de las personas, sin embargo la turbiedad afecta la estética del agua.

Además, existen estudios que demuestran que al eliminar aquellos organismos patógenos (por la acción del cloro), las partículas que causan turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo del desinfectante (cloro).

Cuando se encuentra alta turbiedad suele asociarse con altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias, por lo que estos pueden causar síntomas como náuseas, diarreas y dolores de cabeza.

CONCLUSIONES

Debido a sus características para conocer el origen de la turbiedad es necesario considerar el tipo de partículas existentes, incluyendo características como el origen, estructura, composición y forma, además del tamaño y el comportamiento de estas.

RECOMENDACIONES

La turbiedad en sistemas lóticos¹⁸ no es un buen parámetro, ya que su origen puede ser muy diverso (caudal, variación estacional, clima, topografía, entre otros factores), por lo que no es necesaria su medición en normas primarias ni de emisión.

¹⁸ **Sistemas lóticos:** sistemas acuáticos en donde las masas de agua que mueven continuamente en una misma dirección. Son ambientes poco profundos como ríos, canales y arroyos. Se caracterizan por poseer sedimentos o materiales en suspensión, que están en continuo movimiento.

Si lo pueden ser en los sistemas lénticos¹⁹, en este caso en normas secundarias para lagos o ríos con bajo caudal.

Nombre	:	Temperatura
Clasificación	:	Fisicoquímico
DESCRIPCIÓN:		
<p>La temperatura es una magnitud física que indica la cantidad de calor que se disipa desde un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Comúnmente se asocia lo caliente cuando existe una mayor temperatura y frío a una menor temperatura.</p> <p>El aumento en la temperatura de las aguas puede ser de origen natural, debido a la radiación solar, o antropogénico, ya que existen industrias que ocupan agua para el enfriamiento de sus procesos, contribuyendo de esta forma a la contaminación térmica.</p>		
Efectos asociados a contaminación térmica en el agua		
<p>Un aumento de la temperatura significa una disminución en la solubilidad de los gases (oxígeno), aumenta en general la de las sales y aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo. Puede por tanto, alterar la composición del agua, al disminuir la densidad y concentración de oxígeno disuelto, reduce la viscosidad del agua y favorece los procesos de sedimentación.</p> <p>La disminución en la solubilidad de los gases, puede afectar el olor y el sabor de las aguas.</p>		
Riesgos para la salud de las personas:		
<p>Dado que la temperatura afecta la concentración de oxígeno disuelto y solubilidad de solutos (mayor temperatura menor concentración de oxígeno), pueden existir ciertos riesgos en la salud de las personas debido a la aparición de compuestos o metales que aparecen bajo condiciones reductoras.</p>		
Riesgos para los ecosistemas hídricos:		
<ul style="list-style-type: none"> - Altas temperaturas pueden provocar la muerte de especies como peces y larvas sensitivas (organismos estenotermicos). También puede provocar la emigración de los peces a otros lugares y alterar la actividad bacteriana y parasítica (hongos, protozoos, nematodos, etc.). Esto puede hacer que el sistema esté más susceptible a enfermedades y parasitismo de organismos oportunistas, como aquellos que toleran amplias variaciones de temperatura (organismos euritermicos). - Los organismos sufren estrés al tener que sobrevivir en un ambiente con altas temperaturas, lo cual provoca que ellos estén más susceptibles a cualquier contaminante presente en el sistema. 		

¹⁹ **Sistemas lénticos:** Cuerpos de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir (aguas estancadas sin ningún flujo de corriente continua). Son ambientes poco profundos como lagos, lagunas, esteros y pantanos. Cambian con el tiempo, disminuyendo su profundidad y aumentando su vegetación hasta la desaparición total del cuerpo de agua.

- Puede producir cambios en la tasa de respiración, crecimiento, alimentación, desarrollo embrionario y reproducción de los organismos que viven en el sistema. Al existir estos cambios en los periodos de reproducción de muchas especies, se puede generar un crecimiento exagerado de algunas especies y la desaparición de otras.
- Aumenta el crecimiento y la fotosíntesis de las plantas en los sistemas acuáticos.
- Se pueden producir trastornos en la cadena alimenticia del ambiente acuático.

La temperatura tiene importancia en la distribución y profundidad en la que habitan los organismos acuáticos, ya que influye en la alimentación, respiración, crecimiento y reproducción.

Además como se dijo anteriormente un aumento de la temperatura disminuye la concentración de oxígeno disuelto, al mismo tiempo que los organismos aumentan su consumo producto de un incremento de las necesidades metabólicas.

CONCLUSIONES

La temperatura es un parámetro que afecta muchos factores tanto físicos, químicos y biológicos, por lo que puede provocar cambios en la calidad de las aguas y/o en la vida de los organismos que habitan en ellas.

Por lo general, un aumento en la temperatura de las aguas se debe a procesos antropogénicos, ya que muchas industrias sobre todo las plantas generadoras de energía, utilizan el agua para enfriar sus procesos, las que luego son vertidas a los diferentes cuerpos de aguas. Una variación de la temperatura, producto del vertimiento de aguas que se encuentran a mayor temperatura que el lugar donde serán vertidos, provoca un cambio en la solubilidad de los gases, densidad, viscosidad, tensión superficial y presión de vapor del agua.

RECOMENDACIONES

La temperatura es un parámetro que adquiere mayor importancia en las normas de emisión, sean estas el DS 609 (alcantarillado) y DS 90 (distintos cuerpos de agua), ya que el aumento de la temperaturas de las aguas se da principalmente por la emisión de residuos que aumentan hasta incluso 20°C la temperatura de las aguas, lo que puede provocar daño en los ecosistemas acuáticos y calidad de las aguas.

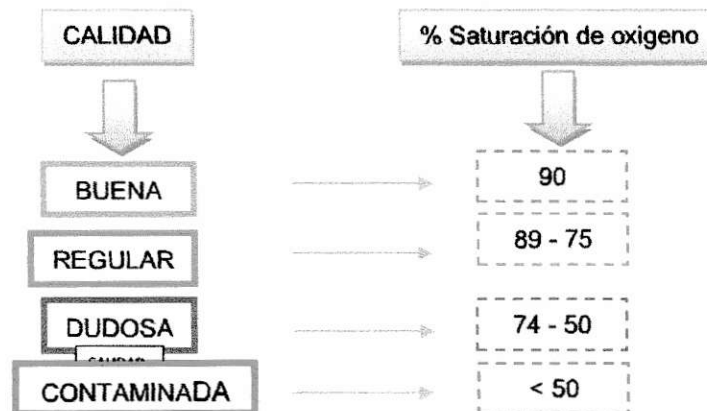
Nombre	:	Oxígeno disuelto
Clasificación	:	Fisicoquímico
DESCRIPCIÓN:		
<p>El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que esta disuelto en el agua y es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula. Además es importante en procesos de fotosíntesis, reacciones redox, solubilidad de minerales y la descomposición de la materia orgánica (Anónimo, tercera parte).</p> <p>Es un indicador del grado de contaminación que pueda tener un cuerpo de agua. Se encuentra en altas concentraciones en aquellas aguas naturales libre de contaminación y aireadas, desarrollándose una adecuada actividad biológica en dicho sistema acuático. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y organismos no pueden sobrevivir.</p>		

Para expresar la concentración de oxígeno disuelto, existen dos formas. La primera es en miligramos de oxígeno por litro (ppm) y la segunda en términos de saturación de oxígeno en agua²⁰. Este parámetro es utilizado para describir cualitativamente la calidad de cuerpos de agua, siempre y cuando no estén presentes compuestos tóxicos, tales como metales pesados y pesticidas.

Factores que afectan el ingreso de OD a los cuerpos de agua

- Concentración del oxígeno en el aire que es disuelto en el agua.
- Oxígeno generado a partir de la fotosíntesis de las plantas acuáticas.
- Cantidad de radiación solar. En un día soleado se producen altos niveles de OD en áreas donde hay muchas algas o plantas debido a la fotosíntesis.
- Turbulencia de la corriente también puede aumentar los niveles de OD debido a que el aire queda atrapado bajo el agua que se mueve rápidamente y el oxígeno del aire se disolverá en el agua.

Calidad del agua en función del porcentaje de saturación del oxígeno



RIESGOS ECOSISTEMAS HIDRICOS

Es un parámetro fundamental para mantener la vida acuática y la calidad de las aguas. De acuerdo al tipo de organismo acuático, los niveles de oxígeno necesarios para la vida, varían entre una especie a otra.

Por ejemplo la trucha requiere concentraciones mayores a 4 mg/L de oxígeno disuelto. Los crustáceos pueden vivir y reproducirse en ambientes acuáticos donde la concentración de oxígeno disuelto oscila entre 2 y 0,1 mg/L. Finalmente los microorganismos como bacterias, hongos y protozoos, necesitan diferentes niveles, aquellos anaerobios facultativos no es indispensable, para los aerotolerantes no lo utilizan, siendo indiferentes a su presencia y finalmente los anaerobios estrictos que se ven afectados por mínimos niveles de oxígeno disuelto, resultado tóxico o inhibitorio para el crecimiento.

²⁰ **Saturación de oxígeno:** porcentaje de oxígeno disuelto en 1 litro de agua, respecto la cantidad máxima de oxígeno disuelto que puede contener 1 litro de agua. Depende de la temperatura y presión del agua.

CONCLUSIONES
En las aguas, la cantidad de oxígeno depende de la temperatura, aumentando a temperaturas más bajas. Por tanto, para medir el oxígeno en función de la temperatura que tenga el agua en el momento de la medición, se requiere medir la concentración de saturación de oxígeno medido en porcentaje. Esta saturación también depende de la salinidad del agua.
RECOMENDACIONES
Debido a su gran importancia tanto para la vida de los organismos acuáticos como su influencia en la forma de los diversos parámetros que están presentes en las aguas, el oxígeno disuelto debe ser considerado un parámetro fundamental. Se debe medir en las normas secundarias de calidad ambiental.

Nombre	:	pH
Clasificación	:	Fisicoquímico
DESCRIPCIÓN:		
<p>Teóricamente el pH es definido como el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de iones hidrogeno en una disolución acuosa. Sin embargo, la forma más simple de entender, es aquella en la que se determina si una sustancia es acida, neutra o básica, la cual se calcula a partir de la concentración de iones Hidrogeno [H⁺] presentes en el agua. Se representa bajo una escala logarítmica, de la siguiente manera:</p> $pH = - \log [H^+]$ <p>Se mide en una escala de 0 a 14, siendo el 7 en la escala el indicativo de que el agua es neutra, valores menores a 7 indican que el agua es acida y los sobre 7 son básicas o alcalinas.</p> <p>El pH del agua natural depende de la concentración de anhídrido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua, por ende dependerá también de la composición de los terrenos por los cuales atraviesa el agua. Es decir, si el pH es alcalino indica que los terrenos son calizos y un pH acido que son silíceos.</p>		
Procesos fisicoquímicos regulados por el pH de las aguas.		
<p>Los procesos más comunes que se ven afectados por cambios en la concentración de iones hidrogeno de las aguas o pH, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesos acido- base - Precipitación - Coagulación 		
RIESGOS A LA SALUD DE LAS PERSONAS		
<p>Las condiciones de pH que deben tener las aguas para que no exista daño a la salud de las personas deben fluctuar siempre en valores neutros (entre 6 y 9), sin embargo dichas condiciones son las que se presentan normalmente en las aguas naturales. Valores superiores de pH 11 puede producir irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos.</p>		

RIESGOS ECOSISTEMAS HIDRICOS

La mayor parte de las formas de vida ecológicas son sensibles a los cambios de pH, siendo el rango aceptable un pH entre 5 a 9, y los más favorables entre 6 y 7,2.

CONCLUSIONES

En general el pH se mantiene constante, sin embargo si existen vertidos de origen antropogénico esta condición puede variar significativamente, aumentando la acidez o basicidad del sistema. Si en el agua se disuelven sustancias ácidas el pH es menor a 7 (aportando iones H^+) y al contrario si se vierten sustancias básicas el pH aumenta (disminuye la concentración de H^+ y aumenta la de OH^-).

RECOMENDACIONES

El pH es un parámetro que debe ser considerado como fundamental, ya que influye en la gran mayoría de los procesos fisicoquímicos y biológicos que ocurren en las aguas, además de que provoca cambios en las formas químicas de la gran mayoría de los parámetros que se miden en los tres tipos de instrumentos normativos.

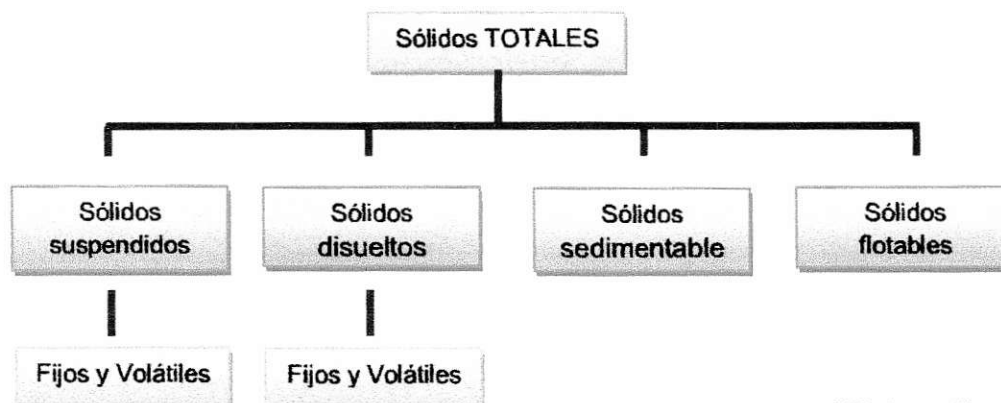
Nombre	:	Sólidos
---------------	---	---------

Clasificación	:	Fisicoquímico
----------------------	---	---------------

DESCRIPCIÓN:

En las aguas naturales existen diferentes tipos de partículas sólidas, las que pueden encontrarse de diferentes formas, sean estas: disueltas, suspendidas, sedimentadas o flotantes. Estas, en su conjunto forman parte de los sólidos totales (ST)
Este tipo de partículas se pueden medir por separado o como parte de los ST.

DIAGRAMA 1: Tipos de sólidos en las aguas



*Elaboración propia.

Formas y procedencia del tipo de sólidos en las aguas	
Sólidos totales	Es aquel material residual que en su análisis queda en una capsula después de la evaporación de una muestra del agua y subsiguiente secado, bajo condiciones específicas. Corresponde a la suma de sólidos suspendidos y sólidos disueltos de la muestra. (Glosario: Cortes, 2010)
Sólidos sedimentables	Fracción de sólidos de un agua, originalmente suspendidos, que debido a su peso específico pueden ser separados de esta por acción de la fuerza de gravedad. En su análisis es aquel material que suspendido en el agua es capaz de separarse y depositarse por acción de la gravedad en un cono Imhoff, dentro de un periodo definido de tiempo. (Glosario: Cortes, 2010)
Sólidos suspendidos	Partículas que son capaces de mantenerse dispersas en el agua, en virtud de su naturaleza coloidal. Este tipo de sólidos no sedimenta por acción de la gravedad al estar el agua en reposo. Además, es importante destacar que este tipo de sólidos determinan gran parte del color aparente del agua y la profundidad hasta la cual penetra la luz solar, por lo tanto está estrechamente relacionado con la turbidez del agua. (Cortes, 2010b)
Sólidos disueltos	Fracción de sólidos de un agua que son susceptibles de ser separados de esta mediante el complemento de operaciones físicas con procesos químicos como coagulación, oxidación, precipitación u otros. En su análisis es el material residual que queda en una capsula después de la evaporación y secado de una muestra de agua que previamente ha pasado a través de un filtro con tamaño de poro de 2,0 μm o menos bajo condiciones específicas. (Glosario agua, Cortes, 2010)
Sólidos flotables	Corresponden a la fracción de sólidos de un agua que por su tamaño, geometría y peso específico, se mantienen en la superficie y que pueden ser separados por dispositivos como rejillas, mallas u otros. (Glosario agua, Cortes, 2010)
Sólidos fijos	Material residual que queda después de la calcinación a la temperatura de $500 \pm 50^\circ\text{C}$ de los sólidos obtenidos en cualquiera de sus expresiones (totales, disueltos, suspendidos u otros). Estos permiten estimar el contenido de la materia inorgánica presente en la muestra.
Sólidos volátiles	Son aquellos materiales que se volatilizan al calcinar la muestra (proceso anterior). Estiman el contenido de materia orgánica contenida en la muestra.
Relación de sólidos disueltos con la conductividad.	
<p>Muchas sales solubles de naturaleza inorgánica que se encuentran normalmente en las aguas como sodio, potasio, magnesio y calcio, por parte de los cationes y los aniones como cloruros, fluoruros, sulfato, carbonatos, nitratos y silicatos, forman parte de los sólidos totales disueltos, los que se relacionan directamente con la conductividad eléctrica mediante las siguientes formulas:</p>	

$\frac{TDS}{Conductividad} = 0.55 - 0.70 \quad \text{ò} \quad \frac{Conductividad(\mu mhos/cm)}{TDS(mg/L)} = 1.4 - 1.8$
Riesgos a la salud de las personas y ecosistemas hídricos.
<p>Los sólidos pueden afectar negativamente la calidad de las aguas y por tanto afectan directamente la estética de las aguas utilizadas para recreación.</p> <p>En cuanto a los riesgos que involucran a los ecosistemas hídricos, se relaciona directamente con los tipos de sólidos que se encuentran en el sistema. Para poder determinar qué tipo de daño puede causar en los organismos acuáticos, se debe definir cuál es el origen y composición del sólido presente en el agua.</p>
CONCLUSIONES
<p>En general los sólidos en suspensión son producto de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, pudiendo ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, en donde pasan a formar parte de la turbidez, transparencia, color y también olor de las aguas.</p> <p>Este parámetro depende de las condiciones climatológicas, pendiente de la cuenca, velocidad del agua, etc., por tanto su origen puede ser muy diverso.</p>
RECOMENDACIONES
<p>Para las normas primarias de calidad no es necesaria su medición, ya que no producen efecto directo en la salud de las personas. Además si por ejemplo el agua lleva mucho sólido, lo más lógico es que las personas no utilizarán dicho cuerpo de agua para recreación con contacto directo. Se recomienda medir sólidos totales y disueltos en las normas secundarias de calidad, pero como un parámetro de observación, ya que durante el año dependiendo del clima existen muchas variaciones que no necesariamente indican problemas de deterioro de las aguas.</p> <p>Para las normas de emisión además de los dos tipos de sólidos mencionados anteriormente, es necesario medir los sólidos sedimentables. Se deben disminuir todos los tipos de sólidos existentes en el residuo líquido para poder ser vertidos en los diferentes cuerpos de agua.</p>

Nombre	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
Clasificación	:	Fisicoquímico
DESCRIPCIÓN:		
<p>Es una prueba que mide la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para descomponer la materia orgánica en condiciones aerobias. Es un procedimiento en el cual los organismos oxidan la materia orgánica hasta CO₂ y agua. Se mide tanto en la materia disuelta o en suspensión.</p> <p>La DBO puede ser medida bajo distintas metodologías, pero la utilizada comúnmente es la referida al periodo de incubación de 5 días, DBO₅. En dicho análisis se toma una muestra diluida de agua que se desea analizar, se incuba por 5 días a 20°C y se mide la cantidad de oxígeno disuelto que se consume durante ese periodo. Dicha oxidación es de un 70%. Al igual que la DQO se mide en miligramos de oxígeno por litro (mg/L O₂).</p>		

Es un parámetro utilizado fundamentalmente para aguas residuales.

Características químicas de la DBO

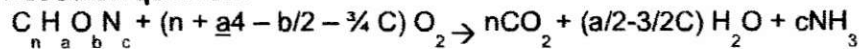
Oxidación de la materia orgánica

Forma de entrada: materia orgánica

Factores forzantes:

- Condiciones aerobias.
- Condiciones apropiadas para la existencia de microorganismos que realizan dicha oxidación (actividad biológica).
- Velocidad a la cual ocurre la reacción que depende directamente de la temperatura (20°C, temperatura normal a la cual los cuerpos de agua oxidan la materia orgánica).
- pH (6,5 a 8,3) Los microorganismos actúan mejor a dichos pH.
- Ausencia de metales tóxicos para los microorganismos.

Reacción química:



Relación entre DBO (demanda bioquímica) y DQO (demanda química) de oxígeno.

La relación entre ambos parámetros indica la biodegradabilidad de la materia contaminante. Si la relación DBO/DQO < 0,2 se interpreta como un vertido del tipo inorgánico (ya que la DQO es mayor) y si es mayor a 0,6 del tipo orgánico (la DBO es mayor), por tanto su biodegradabilidad es mayor.

RIESGOS A LA SALUD DE LAS PERSONAS

Sin riesgo directo.

La DBO se relaciona con la calidad del agua. Una DBO alta significa que el cuerpo de agua está contaminado con materia orgánica, disminuyendo además el oxígeno disuelto de este, por lo que los riesgos a la salud pueden ser variados y solo si la persona entra en contacto con esta.

RIESGOS ECOSISTEMAS HIDRICOS

La DBO afecta directamente la concentración de oxígeno que hay en el agua, por tanto si existen altos valores de este parámetro, significa que se necesitan grandes cantidades de oxígeno para que los microorganismos degraden la materia orgánica. Esto provoca una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, lo que afecta directamente la calidad de las aguas y la vida de los organismos acuáticos. Cambian las condiciones de oxigenación de las aguas, volviéndose un sistema reductor, que provoca la aparición de nuevas especies químicas que son generalmente tóxicas para los organismos, como metales tóxicos, sulfuros, etc.

CONCLUSIONES

El método DBO_5 mide exclusivamente la concentración de materia orgánica biodegradable, sin embargo puede existir oxidación bacteriana de nitritos y de sales amoniacales que están en solución.

No es recomendable utilizar este método en aguas que tengan baja cantidad de materia orgánica, ya que el método se vuelve poco preciso. Por tanto, es recomendable solo para muestras de aguas residuales (domesticas e industriales) o aguas superficiales que reciban descargas de aguas domiciliarias.

Además, es un parámetro que permite conocer cuánto oxígeno se necesita para la depuración de las aguas contaminadas y comprobar si los tratamientos depuradores son eficientes, debe ser un parámetro utilizado en las normas de emisión.

RECOMENDACIONES

Se recomienda medir la DBO_5 principalmente en dos normas de emisión, sean estas DS90 (emisión a distintos cuerpos de aguas) y DS 609 (emisión alcantarillado con y sin sistema de tratamiento). El principal motivo de su medición es que al emitir residuos líquidos con altos valores de DBO se ve afectada la concentración de oxígeno que contiene el cuerpo receptor o agua natural, ya que si la DBO es alta significa que el cuerpo receptor necesita altas concentraciones de oxígeno disuelto para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica contenida en dicho residuo líquido, por tanto disminuye el oxígeno que necesitan los organismos acuáticos y afecta también la calidad de las aguas, volviendo al medio acuático un sistema reductor.

Debe ser considerado un parámetro de observación para este tipo de normativa. Además, conocer la DBO permite saber la capacidad de autodepuración de las aguas o en este caso cuerpos receptores.

En cuanto a las normas primarias, no es necesario medir, ya que la DBO_5 es más bien un parámetro que determina la calidad de las aguas y no afecta directamente la salud de las personas.

Nombre	:	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Clasificación	:	Fisicoquímico
DESCRIPCIÓN:		
La demanda química de oxígeno o DQO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica utilizando un oxidante fuerte (sin intervención de microorganismos). Estas sustancias pueden estar en la muestra de forma disuelta o en suspensión. El objetivo de su medición es conocer el grado de deterioro que pueda tener el agua y se expresa en miligramos por litro de oxígeno por litro ($mg/L O_2$). Es conocida también como demanda inmediata.		
Características químicas de DQO		

Oxidación química de la materia orgánica	<p>Forma de entrada: materia orgánica</p> <p>Factores forzantes: presencia de agentes oxidantes fuertes, como dicromato de potasio en medio ácido (capaz de oxidar casi todos los compuestos orgánicos excepto ácidos grasos de bajo peso molecular)</p> <p>Reacción química:</p> $\text{Materia orgánica} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_n\text{H}_a\text{O}_b + c\text{CrO}_7^{2-} + 8c\text{H}^+ \rightarrow n\text{CO}_2 + [(a+8c)/2]\text{H}_2\text{O} + 2c\text{Cr}^{3+}$
	<p>RIESGOS A LA SALUD DE LAS PERSONAS</p> <p>Al igual que la DBO, la demanda química de oxígeno se relaciona con la calidad del cuerpo de agua y los efectos que puedan causar sobre las personas dependerá de qué tan contaminado se encuentre el cuerpo de agua.</p>
<p>RIESGOS ECOSISTEMAS ACUATICOS</p> <p>Un aumento de DQO en las aguas significa directamente una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, por tanto el ecosistema acuático se ve directamente afectado al variar este parámetro. Se considera que valores menores a 2 mg/L indica que el río es muy limpio; sin intervención antrópica y sin efectos para los ecosistemas acuáticos ni salud de las personas. Valores de DQO de 2,5 mg/L indica que el río está limpio (no contaminado), valores de 5 mg/L indica problemas de contaminación (río sucio) y valores sobre 7 mg/L se considera en malas condiciones.</p> <p>Por lo tanto, dependiendo del valor de DQO medido en el agua, se conocerán las condiciones en las que viven los organismos acuáticos y el efecto que en ellos provoca.</p>	
<p>CONCLUSIONES</p> <p>La DQO se puede obtener en 3 horas a diferencia de la DBO que necesita 5 días, por lo que tiene mayor utilidad la primera. Sin embargo, la DQO no diferencia entre la materia orgánica biodegradable (biológicamente oxidable) y la biológicamente inerte, además no entrega información sobre la velocidad de degradación en las condiciones naturales.</p> <p>Se debe prestar atención en la medición de DQO ya que pueden existir ciertos compuestos orgánicos que se oxidan con el dicromato pero que no son bioquímicamente oxidables. Además existen compuestos inorgánicos como los sulfuros, tiosulfatos, cloruro nitritos y ion ferroso que también pueden ser oxidados por el dicromato, por lo que se mide una DQO inorgánica.</p> <p>Es un ensayo enfocado en aguas con altas cantidades de materia orgánica, ya que si la muestra contiene una baja concentración de esta, la precisión del método no es la adecuada.</p> <p>En pruebas de DQO pueden ser oxidados químicamente la glucosa y la lignina, pero en la prueba de DBO solo puede ser oxidada por bacterias la glucosa, ya que la lignina no puede ser asimilada por las bacterias. Esto sucede en residuos líquidos provenientes de fábricas de pulpa y papel, las cuales se caracterizan por tener altas DQO y relativamente bajas DBO.</p> <p>Se debe considerar que la DQO es siempre mayor que la DBO (aproximadamente el doble). La relación entre ambos parámetros indica la calidad del agua.</p>	

RECOMENDACIONES

Se recomienda medir principalmente en Normas de emisión, DS 90 y DS 609 debido a que si se vierten aguas residuales con altos contenidos de materia orgánica tanto a los cuerpos de aguas como los sistemas de alcantarillado, se ve afectada directamente la concentración de oxígeno disuelto.

En el caso de las normas secundarias se recomienda su medición si se quiere conocer el tipo de emisiones de aguas residuales que se están vertiendo en el agua, ya que la DQO indica la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. Es más bien un parámetro de observación. (necesito completar esto)

Para las normas primarias de calidad no es necesaria su medición, ya que la DQO afecta directamente la calidad de las aguas, no la salud de las personas.

2.2.2 Metales

Se denominan metales a todos aquellos elementos de la tabla periódica que tienen la característica de ser buenos conductores del calor y la electricidad. Poseen alta densidad y son sólidos a temperaturas normales, a excepción del mercurio. Forman enlaces del tipo metálico, el que le confiere sus principales propiedades. Sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución.

Hay metales que se presentan en su forma nativa como el cobre, oro y la plata, mientras que otros se obtienen a partir de óxidos, sulfuros, carbonatos o fosfatos.

Su presencia en las aguas se debe principalmente a las industrias que vierten sus residuos líquidos a las aguas. Se pueden encontrar disueltos (metales en disolución o en estado coloidal que pasan a través de una membrana de poro de 0,45 micrones) o suspendidos (retenidos por una membrana de poro de 0,45 micrones).

Dentro de la clasificación de metales, existe una sub-clasificación de metales que poseen una mayor densidad y cierta toxicidad, los denominados metales pesados. Estos se encuentran libres y de forma natural en algunos ecosistemas y pueden variar en su concentración. Los metales pesados tóxicos más conocidos son: el mercurio, plomo, cadmio y el arsénico, y en raras ocasiones algún no metal como el selenio.

Estos no tienen un efecto vital o beneficioso para el organismo, y su acumulación en el tiempo puede causar serias enfermedades, como el cáncer.

Nombre	: Aluminio
Clasificación	: Metal (no crítico)
Símbolo (estados de oxidación)	: Al (+3)
DESCRIPCIÓN:	
<p>Es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, ocupando el tercer lugar en orden de abundancia. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales. Forma parte de minerales, rocas y arcillas.</p> <p>En estado natural se encuentra en muchos silicatos (feldespatos, plagioclasas y micas). Por tanto, es un mineral que se encuentra en forma natural en las aguas producto de la solubilidad de las rocas que lo contienen y de la escorrentía.</p> <p>Puede presentarse como sal soluble, coloide o compuesto insoluble, pero nunca en forma de metal libre. También puede encontrarse bajo forma de mineral secundario estable como arcillas o silicatos de aluminio impuros, hidróxido de aluminio, etc.</p> <p>No se ha encontrado ninguna función biológica para este metal.</p>	
DIAGRAMA 1: FORMAS DE ALUMINIO EN EL AGUA	
<pre> graph TD A[Aluminio total] --> B[Soluble Al+3] A --> C[Precipitado Al(OH)3] </pre>	
FORMAS Y PROCEDENCIA DEL ALUMINIO EN AGUAS	
Hidroxido de aluminio $Al(OH)_3$	Compuesto formado en aguas con pH neutros, entre 6 y 9. Esta forma de aluminio es insoluble en aguas.
Ion aluminio Al^{+3}	Forma de aluminio soluble a pH extremadamente ácidos menores a 4,5. Es un ion altamente tóxico.
$Al(OH)_2^+$	Compuesto formado en aguas con pH inferiores a 4,5. El $Al(OH)_3$ reacciona con los ácidos formando el $Al(OH)_2^+$

$Al(OH)_4^-$	Compuesto formado en aguas con pH sumamente alcalinos. El $Al(OH)_3$ reacciona con bases formando el $Al(OH)_4^-$.
REACCIONES Y CARACTERISTICAS QUIMICAS EN EL AGUA:	
<p>El aluminio es un elemento con propiedades anfóteras, pudiendo comportarse como ácido o como base, por lo que las diferentes formas de este en las aguas, depende directamente del pH.</p> <p>En condiciones extremadamente ácidas, el aluminio se encuentra en forma disuelta como Al^{+3}, al aumentar el pH a condiciones neutras (6 y 9) este aluminio precipitada en forma de hidróxido como $Al(OH)_3$.</p> <p>En condiciones normales en las que se encuentran las aguas (pH neutro) la forma más común es el $Al(OH)_3$, sin embargo al existir un aumento de pH a valores alcalinos, sobre 10, este hidróxido reacciona con bases formando el $Al(OH)_4^-$ y en condiciones ácidas (pH 4,5) forma $Al(OH)_2^+$.</p> <p>Se presentan las principales reacciones químicas que sufre el aluminio en las aguas:</p>	
$Al^{+3} \xrightleftharpoons{OH} Al(OH)^{+2} \xrightleftharpoons{OH} Al(OH)_2^+ \xrightleftharpoons{OH} Al(OH)_3 \xrightleftharpoons{OH} Al(OH)_4^-$ <p style="text-align: center;">pH 4,5 pH 6-9 pH >10</p>	
Hidróxido de Aluminio	<p>Forma de entrada: óxido de aluminio (Al_2O_3) u $Al(OH)_2^+$</p> <p>Factores forzantes: pH: 6 y 9 (condiciones normales)</p> <p>Reacción química: $Al_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3$ $Al(OH)_2^+ + OH^- \rightarrow Al(OH)_3$</p>
Ion Aluminio	<p>Formas de entrada: $Al(OH)_3$</p> <p>Factores forzantes: pH (ácido <4,5)</p> <p>Reacciones químicas: $Al(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow Al^{+3} + 3H_2O$</p>
Aluminato	<p>Forma de entrada: $Al(OH)_3$</p> <p>Factores forzantes: pH (alcalino >10)</p> <p>Reacción química: $Al(OH)_3 + OH^- \rightarrow Al(OH)_4^-$</p>
RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS	
<p>La incorporación de aluminio puede tener lugar a través de la comida, inhalación y por contacto en la piel. La toma de concentraciones significantes de Aluminio puede causar un efecto serio en la salud como: daño al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía y temblores severos.</p> <p>La forma más tóxica corresponde al aluminio soluble (Al^{+3})</p>	

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	
Al soluble	<p>El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. En lagos acidificados, las concentraciones de aluminio pueden ser muy altas, lo que provoca la muerte de anfibios y peces al reaccionar con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas.</p>
FORMA ALUMINIO SOLUBLE Al ³⁺	<p>Elevadas concentraciones de Aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, sino también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el Aluminio a través del aire.</p> <p>Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Otro efecto negativo en el ambiente del Aluminio es que estos iones pueden reaccionar con los fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos. ($Al^{+3} + PO_4^{-3} \rightarrow Al(PO_4)$)</p> <p>Altas concentraciones de Aluminio no sólo pueden ser encontrados en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el Aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas, inhibiendo su crecimiento. (2)</p>
CONCLUSIONES:	
<p>De acuerdo a las condiciones de pH en que se encuentran normalmente las aguas, la concentración de aluminio debiese ser baja, debido a su solubilidad limitada a valores neutros de pH. A pH ácidos, aumenta la solubilidad, quedando disponible para los organismos acuáticos, el cual es altamente toxico como Al³⁺.</p> <p>Si se considera el aporte que existe por contaminación difusa, cuando los suelos se acidifican, el aluminio queda en forma disuelta, pudiendo ser transportado a las aguas por escorrentía.</p> <p>En aguas de bajo y alto pH o altas con contenido orgánico el aluminio llega a ser más soluble. Aguas superficiales naturalmente acidificadas como lagos pantanosos, drenaje volcánico, aguas subterráneas acidas y vertientes termales y salinas, pueden contener altas concentraciones de aluminio.</p> <p>Bajo la existencia de agentes complejos inorgánicos, la concentración de aluminio en aguas puede ser mayor. En aguas neutras se presenta en altos niveles de material aluminosilicato o aluminio absorbido orgánicamente.</p>	
RECOMENDACIONES	
NORMAS PRIMARIAS	<p>Según el pH en el que normalmente se encuentran las aguas (neutro) la forma predominante es el hidróxido de aluminio Al(OH)₃, el cual es insoluble y por tanto se encuentra en forma de precipitado. Este no presenta problemas en la salud de las personas, por tanto no debiese normarse. El ion aluminio, se presenta en condiciones extremadamente acidas y por tanto no debería existir en los sistemas hídricos con pH neutros. Por tanto, no es un parámetro de importancia en la salud de las personas, bajo las condiciones normales en que se encuentran las aguas.</p>

NORMAS SECUNDARIAS	Debido a la toxicidad del aluminio en los diversos organismos acuáticos es necesario que sea medido en las normas secundarias de calidad.
NORMAS DE EMISION	Los residuos emitidos de los tres tipos de instrumentos de emisión existentes (DS 46, 90 y 609) deben regular su pH, llevando este a condiciones neutras, en donde el Al (OH) ₃ precipita, por tanto se trata con los sólidos sedimentables o en suspensión. Las otras formas de aluminio, como el Al ⁺³ no debiesen existir en tales condiciones de pH. Por tanto, para estudiar la efectividad de los tratamientos y prevenir la contaminación de los cuerpos de aguas a los cuales se emiten dichos residuos líquidos, se recomienda el análisis de aluminio total, debido a la toxicidad que presenta en los organismos acuáticos, además de afectar la calidad de las aguas.

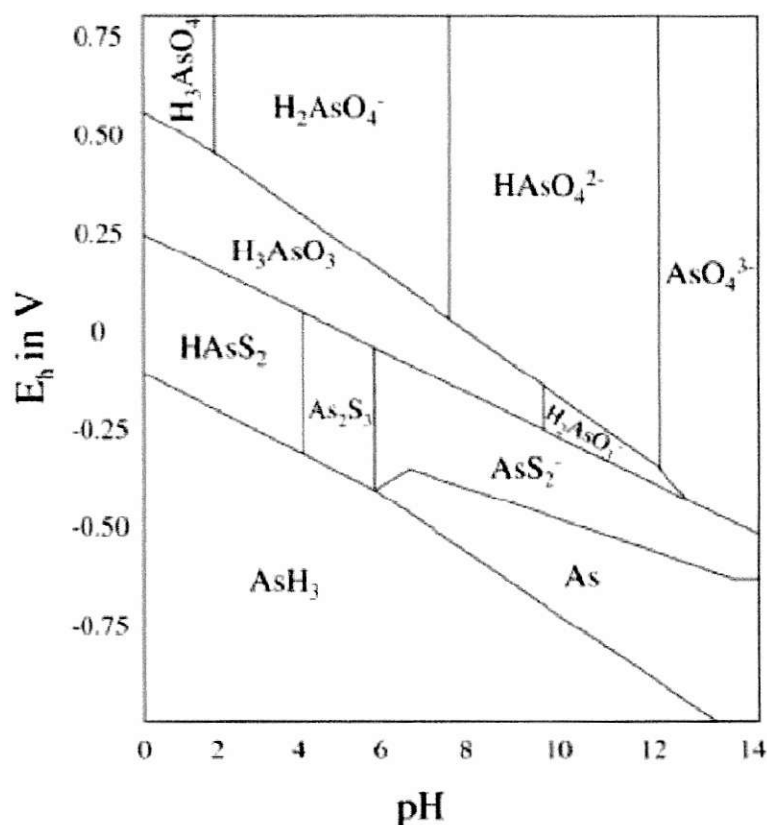
Nombre	: Arsénico
Clasificación	: Metal (muy tóxicos y relativamente accesibles)
Símbolo (estados de oxidación)	: Arsénico (-3, +3 y +5)
DESCRIPCIÓN:	
<p>Vigésimo elemento más abundante en la corteza terrestre. Es un metaloide de muy baja solubilidad en agua (presenta propiedades intermedias entre metales y no metales). Se encuentra en forma nativa y principalmente en forma de sulfuro en una gran variedad de minerales que contienen metales como el cobre, plomo, hierro, níquel, cobalto y otros. Raramente se puede encontrar en estado sólido. Su principal mineral es el FeAsS (arsenopirita).</p> <p>Desde la antigüedad se conoce que los compuestos de arsénico son extremadamente tóxicos, aunque se emplean como componentes en algunos medicamentos.</p> <p>Este no metal puede encontrarse en las aguas como resultado de la disolución de minerales, descargas industriales y la aplicación de insecticidas, pesticidas o herbicidas. Pese a su toxicidad y la de sus compuestos, es un elemento esencial para la vida.</p>	
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>Se encuentra principalmente en forma de sulfuros, presenta propiedades intermedias entre los metales y los no metales. Es capaz de precipitar con H₂S y con Hierro (El arsénico se inmoviliza (precipita) por efecto de fases adsorbentes, principalmente hidróxidos de hierro).</p> <p>El arsénico es un compuesto que es extremadamente duro de convertir en productos solubles en agua o volátiles. Además es un compuesto móvil, por lo que grandes concentraciones pueden aparecer en diferentes sitios, no necesariamente en su origen.</p> <p>En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico con estado de oxidación +5 (As⁺⁵, arsenatos). Bajo condiciones de reducción generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico con estado de oxidación +3 (As⁺³, arsenitos), pero también puede existir el As⁺⁵. Sin embargo, la conversión de As⁺³ a As⁺⁵ o viceversa es bastante lento. Los compuestos</p>	

reducidos de As^{+3} pueden ser encontrados en medios oxidados y los compuestos oxidados de As^{+5} en medios reducidos.

Los microbios, plantas y animales pueden convertir todo estos compuestos químicos de arsénico inorgánico en compuestos orgánicos (comprometiendo átomos de carbono e hidrógeno)

Este tipo de situaciones, se pueden observar en el siguiente diagrama de pH versus potenciales redox para el sistema Arsénico-Agua.

Figura 5: Diagrama pH v/s Eh sistema Arsénico - Agua



Se observa también, que el arsénico elemental y la arsina se forman bajo ambientes fuertemente reductores.

A continuación, se presenta una tabla con la estabilidad y predominio de las especies de arsénico variando los rangos de pH en el medio acuático

pH	0 - 9	10 - 12	13	14
As + 3	H_3AsO_3	H_2AsO_3^-	$\text{H}_3\text{AsO}_3^{-2}$	AsO_3^{-3}
pH	0 - 2	3 - 6	7 - 11	12 - 14
As + 5	H_3AsO_4	H_2AsO_4^-	$\text{H}_3\text{AsO}_4^{-2}$	AsO_4^{-3}

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

El arsénico y la mayoría de sus compuestos son extremadamente tóxicos para el hombre, especialmente el arsénico inorgánico. Altas concentraciones de este puede causar infertilidad y abortos, perturbación en la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Además puede dañar el ADN y cáncer a la piel, pulmón, hígado, riñón y vejiga. Por su parte, el arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN, pero si la exposición es elevada, puede causar lesión de nervios y dolores de estómago. La ingestión de pequeñas cantidades de arsénico puede causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo.

Tanto los arsenitos (As^{+3}) como los arsenatos (As^{+5}) son tóxicos, pero los arsenitos (As^{+3}) son más tóxicos, ya que provocan una contaminación aguda más potente que el arsenato, tienen la capacidad de romper el ADN (un orden de magnitud más potente que el arsenato) y es 50 veces más tóxico que el arsenato.

La toxicidad del arsénico depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico. La escala de toxicidad del arsénico decrece en el siguiente orden: Arsina > As^{+3} inorgánico > As^{+3} orgánico > As^{+5} inorgánico > As^{+5} orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

El arsénico presenta cuatro estados de oxidación (-3, 0, +3 y +5), siendo el As^{+3} altamente tóxico para invertebrados marinos, especialmente ostras y otros moluscos. Además se le atribuyen propiedades cancerígenas (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 80). El arsénico elemental y los derivados orgánicos son escasamente tóxicos. Sin embargo, los derivados de minerales como el As_2O_3 son letales para peces en concentraciones de 2 mg/L.

CONCLUSIONES:

Se debe tener especial cuidado con este metal, ya que es altamente tóxico. Se acumula en los organismos, por lo que se puede encontrar en grandes concentraciones en los peces, ya que ellos lo absorben.

El arsénico orgánico es la forma menos dañina, pero peces que tienen altas concentraciones de arsénico inorgánico pueden ser un grave peligro para los seres humanos que lo consumen.

La contaminación por arsénico puede afectar a un amplio sector, ya que este se puede movilizar fácilmente. La movilidad geoquímica del arsénico está controlada principalmente por el pH, potencial redox (Eh) y presencia de fases adsorbentes (hidróxidos de Fe, Mn y Al), arcillas, ácidos húmicos.

RECOMENDACIONES:

NORMA
PRIMARIA

Debido a su toxicidad es necesario que sea medido en las normas de calidad primaria.

NORMA SECUNDARIA	De acuerdo a las propiedades que presenta este metal pesado y sus efectos en los ecosistemas acuáticos, es necesario que sea normado en aquellas normas de calidad secundaria, con la finalidad de proteger la vida de los organismos acuáticos.
NORMA DE EMISION	Debido a las propiedades de dicho metal, es necesario que se regule su emisión desde la fuente, para dar protección tanto a la salud de las personas como a los ecosistemas acuáticos.

Nombre	: Cadmio
Clasificación	: Metal (muy tóxicos y relativamente accesibles)
Símbolo (estados de oxidación)	: Cd (+2)
DESCRIPCIÓN:	
<p>El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen una cantidad de cadmio. Su entrada a los cuerpos de agua se debe a actividades antropogénicas como el vertido de las industrias de galvanización, del acero, pigmentos, plásticos, entre otras. También puede ser encontrado en fertilizantes, excremento de animales y una fuente importante de descarga es la quema de combustibles fósiles (como carbón y petróleo) o la incineración de la basura doméstica común.</p> <p>Es un metal muy tóxico para las plantas, animales y humanos, ya sea por inhalación o en forma de vapor. Es un elemento de muy fácil asimilación por plantas terrestres y acuáticas.</p> <p>Su toxicidad es parecida a la del mercurio.</p>	
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>Su estado de oxidación más común es el +2, sin embargo puede presentar el estado +1, pero es muy inestable. Forma compuestos orgánicos e inorgánicos, principalmente cloruros y carbonatos.</p> <p>Este metal no se degrada en el ambiente, pero si puede cambiar de forma (algunas de estas se disuelven en agua).</p> <p>Los carbonatos, sulfuros, e hidróxidos presentan una baja solubilidad en agua. Por su parte, la solubilidad del ion cadmio disminuye con el incremento de pH, ya que se favorece la formación del hidróxido.</p> <p>El oxígeno disuelto juega un rol preponderante en el comportamiento de este metal en las aguas sub-superficiales ya que tiende a precipitar cuando se generan condiciones microxicas/anóxicas próximas al piso marino (Saager et al. 1992, Rosenthal et al. 1995, van Geen et al. 1995, Mosford & Emerson 1999). Por otro lado, estudios proponen que la surgencia es uno de los mecanismos más importantes que regulan la distribución de Cd en las aguas superficiales de diferentes ambientes costeros (Van Geen et al. 1992, Van Geen & Husby 1996). En el agua de mar se encuentra como $CdCl^+$.</p>	

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Es uno de los cinco metales más tóxicos para el hombre, de allí su importancia y por tanto la regulación que existe sobre este metal.
Puede causar, diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, debilitamiento óseo, fallas en la reproducción y posibilidad de infertilidad, daños al sistema nervioso central, sistema inmune, desordenes psicológicos y posiblemente daño en el ADN o desarrollo de cáncer.
Se comporta como el Zinc, sin embargo en el cuerpo solo existe un mecanismo que controla los niveles de Zn y no de Cd.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

En ecosistemas acuáticos el Cadmio puede bioacumularse en mejillones, ostras, gambas, langostas y peces. Las susceptibilidades al cadmio pueden variar ampliamente entre los diferentes organismos acuáticos.
Organismos de agua salada se sabe que son más resistentes al envenenamiento por cadmio que organismos de agua dulce. Animales que comen o beben cadmio algunas veces tienen la presión sanguínea alta, daños del hígado y daños en nervios y el cerebro.
(www.lenntech.es)

CONCLUSIONES:

El Cadmio es un metal pesado de gran importancia toxicológica y que proviene mayoritariamente de las actividades antropogénicas. Este puede ser transportado a grandes distancias cuando es absorbido por el lodo (materia orgánica del suelo). Este lodo rico en cadmio puede contaminar las aguas superficiales y los suelos.
Es un metal bioacumulable, por lo que los impactos que puede provocar son variados y ocurren a distintas escalas (pueden transportarse a lo largo de la cadena alimenticia).
Este metal es removido de la capa superficial del océano mediante incorporación en el tejido biológico de organismos planctónicos, y posteriormente, durante el proceso de sedimentación del material biogénico la oxidación de la materia orgánica devuelve los nutrientes y el Cd al medio acuático, los cuales son nuevamente transportados hacia la superficie por los fenómenos de surgencia (Bruland 1980).

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	Debido a los efectos negativos que provoca en la salud, es necesario que sea medido en este tipo de normativa.
NORMA SECUNDARIA	Al ser un metal pesado, tóxico y bioacumulable, se hace imprescindible su medición en los cuerpos de agua, primero para proteger a los sistemas acuáticos y con esto evitar que llegue a través de la cadena alimentaria al ser humano.
NORMA DE EMISION	Este metal debe ser normado desde su origen (fuentes industriales) para evitar que llegue a los cuerpos de agua, organismos acuáticos y personas.

Nombre	: Calcio
Clasificación	: Metal (no critico)
Símbolo (estados de oxidación)	: Ca (+2)

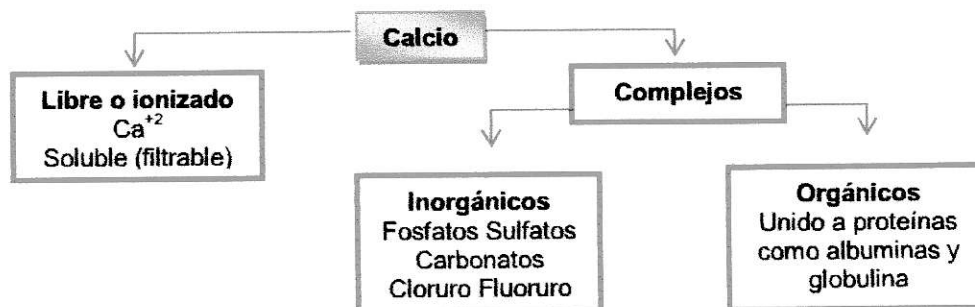
DESCRIPCIÓN:

Es el quinto elemento más abundante de la corteza terrestre (3,6%), encontrándose en minerales como la calcita, mármol, caliza y dolomita, en forma de carbonatos y como sulfatos en minerales como el aljez y alabastro, y como minerales de aluminosilicatos tales como feldespato y la arcilla mineral montmorillonita. No se encuentra en estado nativo.

Se puede encontrar de manera natural por disolución de los minerales o meteorización de las rocas que lo contienen o de manera antropogénica mediante el vertido de residuos líquidos industriales y domiciliarios. Se puede encontrar generalmente como CaCO_3 y es el principal componente de la dureza de las aguas.

Es un metal esencial para los organismos, ya que forma parte del esqueleto interno o externo, además de formar parte de otras moléculas. El ion calcio actúa como cofactor en muchas reacciones enzimáticas, intervienen en el metabolismo del glucógeno y junto al potasio y el sodio, regula la contracción muscular.

DIAGRAMA: FORMAS DE CALCIO EN EL AGUA



FORMAS Y PROCEDENCIA DEL CALCIO EN AGUAS

Ion calcio	Forma soluble de calcio que se encuentra en las aguas bajo condiciones oxidantes o reductoras y en cualquier rango de pH. Se encuentra en el medio interno de los organismos, realizando la mayoría de las funciones metabólicas, en relación a las otras formas de calcio.
Calcio inorgánico	Fosfato de calcio: de fórmula empírica $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ es una familia de minerales que contienen iones calcio junto a ortofosfatos (PO_4^{-3}), metafosfatos o pirofosfatos ($\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$). Es la principal forma en que el calcio se encuentra en la leche bovina. Forma parte de los huesos (70% del hueso se constituye por hidroxiapatita, mineral de fosfato cálcico). También forma parte del esmalte dental. Su solubilidad decrece con un aumento de la temperatura (precipita al aumentar la T°). Es utilizado en la producción de ácido fosfórico y fertilizantes, por lo que es una de las formas que contribuye a la eutroficación de las aguas y es parte de la contaminación difusa.

Calcio inorgánico	<p>Sulfato de calcio: de fórmula CaSO_4, es un compuesto soluble en agua que se encuentra mayoritariamente en el agua de mar. Puede presentarse en aguas con pH neutro y condiciones oxidantes o reductoras. Es comúnmente utilizado a nivel industrial y de laboratorio. En su estado natural, es una roca blanco cristalina (yeso). Es utilizado para mejorar la estructura del suelo, eliminar sales perjudiciales y mantener el pH en un rango neutro.</p>
Calcio inorgánico	<p>Carbonato de calcio: compuesto químico de fórmula molecular CaCO_3, es una sustancia abundante en la naturaleza, formando rocas, conchas y esqueletos de muchos organismos o de cáscaras de huevo. Es la causa principal de la dureza del agua. Se encuentra en forma de precipitado. Es utilizado en medicina (suplemento de calcio, antiácido y agente adsorbente), en la industria del vidrio y cemento, entre otros.</p>
Calcio orgánico	<p>Forma de calcio unido a las proteínas como albuminas y globulina.</p>
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>En las aguas el ion calcio forma parte de la dureza de las aguas, encontrándose principalmente como CaCO_3 (carbonato de calcio). Este es insoluble en agua y por tanto se encuentra en los sedimentos de los sistemas hídricos.</p> <p>La solubilidad de las partículas minerales y otros factores ambientales – en especial la concentración de especies carbonatos en el agua – determinan la concentración final de calcio en un cuerpo de agua particular. (1)</p> <p>El calcio al tener solo un estado de oxidación (Ca^{+2}) no está directamente influenciado por las condiciones redox del agua (la forma soluble Ca^{+2} se puede presentar en medios oxidantes y reductores). Tampoco depende del pH del sistema, por tanto es común encontrar calcio en su forma disuelta (Ca^{+2}) a cualquier pH (ácido, neutro o alcalino)</p> <p>Es capaz de formar complejos con especies tales como el fosfato, carbonato y sulfatos, los cuales adquieren importancia al encontrarse en mayores concentraciones en el agua. (La formación del complejo específico, dependerá de la concentración que exista de cada especie en el sistema)</p>	
RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS	
<p>No hay efectos tóxicos conocidos y su deficiencia tampoco está bien definida.</p>	
RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	
<p>El calcio presente en el agua es absorbido y excretado por los peces a través de las branquias (ANDREWS <i>et al.</i>, 1973), y su concentración en el agua tiene un efecto pronunciado sobre el crecimiento de los mismos (RAILO <i>et al.</i>, 1985).</p> <p>El fosfato de calcio es tóxico para los organismos acuáticos.</p>	

CONCLUSIONES:	
<p>En general, el calcio es un parámetro de importancia en la dureza de las aguas, por lo que su medición no es de relevancia para la salud de las personas ni para los ecosistemas acuáticos. Es más bien un parámetro que sirve para el agua de uso potable o industrial, ya que se forman incrustaciones que tapan las tuberías y calderas. La concentración de este metal también puede ser utilizado para la medición del RAS (razón de adsorción de sodio), que tiene importancia para el agua de regadío.</p>	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	No es necesaria su medición para las normas primarias, en donde existe recreación con contacto directo. Este parámetro está más bien vinculado al agua de uso potable y de regadío.
NORMA SECUNDARIA	No es necesaria su medición en su forma total. Se puede realizar una medición de la forma tóxica para los organismos acuáticos; fosfato de calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, para saber si existe en concentraciones perjudiciales para los organismos.
NORMA DE EMISION	Es necesaria su medición como carbonato de calcio (CaCO_3) causante principal de la dureza de las aguas (aguas dulces). Para la emisión a aguas marinas la forma más importante es el sulfato de calcio (CaSO_4). En el DS 46 es importante que sea medido solo en la contribución del RAS. En cuanto al DS 609 su importancia está en el cuidado de las tuberías y calderas, ya que se pueden producir incrustaciones en forma de CaCO_3 .

Nombre	: Cromo
Clasificación	: Metal (muy tóxico y relativamente accesible)
Símbolo (estados de oxidación)	: Cr (+3 y +6)
DESCRIPCIÓN:	
<p>El cromo es el sexto elemento más abundante que se encuentra en la corteza terrestre. Se presenta naturalmente en rocas, plantas, suelos y el polvo volcánico. Su mineral más importante es la cromita (FeCr_2O_4).</p> <p>Tiene tres estados de oxidación típicos, trivalente (Cr^{+3}), hexavalente (Cr^{+6}) y en la forma metálica (Cr^0), aunque esta última no se encuentra libre en la naturaleza por su alta reactividad. El Cr (III) se encuentra en muchos vegetales, frutas, carnes, granos y levadura. El Cr (VI) y el Cr (0) son generalmente producidos mediante procesos industriales.</p> <p>Las fuentes principales del Cr^{+6} en el agua son descargas de fábricas de acero inoxidable, procesos de cromado, pinturas y celulosa, y de Cr^{+3} la erosión de depósitos naturales. En muchos lugares, los compuestos de cromo han sido liberados al medio ambiente mediante filtraciones, almacenaje inadecuado, o prácticas inadecuadas de disposición. Los compuestos de cromo son muy persistentes en el agua y en sedimentos. Sus sales presentan variados colores.</p>	

Es considerado un elemento esencial (Cr^{+3}), pese a no conocer con exactitud cuáles son sus funciones. Se cree que participa en el metabolismo de los lípidos, hidratos de carbono y otras funciones como participar en la potenciación de la acción de la insulina. Estimula la síntesis de ácidos grasos y del colesterol, los cuales son esenciales para la función cerebral y otros procesos corporales.

Por su parte, los compuestos de cromo en estado de oxidación +6 (muy oxidante) son cancerígenos.

Se debe obtener de los alimentos, ya que no es producido por el cuerpo.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Metal de transición muy resistente frente a la corrosión. Los compuestos con estado de oxidación +6 son muy oxidantes y menos estable pero más soluble que el cromo (III), el cual es poco soluble y muy estable por ser un elemento traza esencial, además precipita rápidamente y se adsorbe en partículas en suspensión y sedimentos del fondo.

Estos dos tipos de cromo se convierten entre sí en el agua, dependiendo de las condiciones ambientales. Esto se produce mediante una reducción de especies tales como las sustancias orgánicas, ácido sulfhídrico, azufre, sulfuro de hierro, los compuestos de amonio y los nitritos (USPHS 1997, Kimbrough et al. 1999)

En teoría, el cromo (VI) puede persistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que, al pH natural de las aguas, el cromo (III) formará compuestos insolubles, a menos que se formen complejos. (Albert L, 2006)

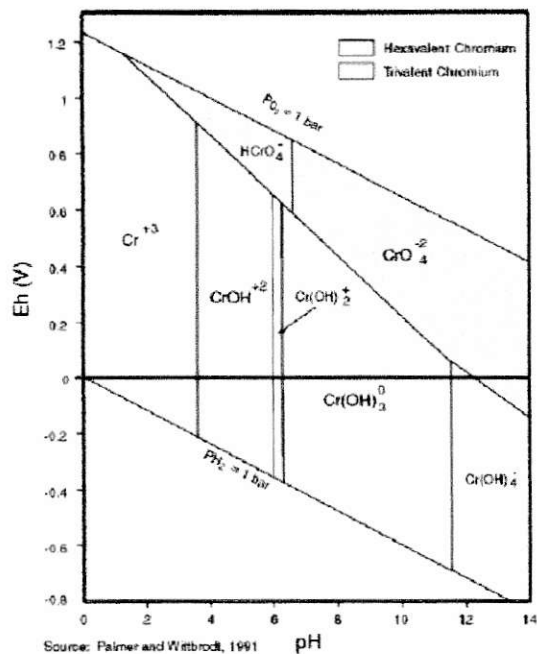
El cromo forma tres series de compuestos con otros elementos; éstos se representan en términos de los óxidos de cromo:

- Cromo con valencia dos: CrO , óxido de Cr(II) u óxido cromoso
- Con valencia tres: Cr_2O_3 , óxido de Cr(III) u óxido crómico,
- Con valencia seis: CrO_3 , anhídrido de Cr(VI) o anhídrido de ácido crómico.

Se conocen también los peróxidos, ácido percrómico y perchromatos. Los halogenuros (fluoruro, cloruro, yoduro y bromuro) de cromo son compuestos bastante comunes de este metal.

A continuación, se presenta el diagrama de Eh-pH para el cromo, en el cual se pueden observar las diferentes especies de cromo según potencial y pH.

Figura 6: Diagrama pH v/s Eh Cromo



Por tanto, a partir del diagrama se puede confirmar que la forma natural más común del cromo es en su estado de oxidación III. Este existe en un amplio rango de Eh-pH. Predomina en forma iónica para valores de pH menores a 3. Para valores de pH superiores a 3,5, la hidrólisis del Cr(III) en sistemas acuosos, da lugar a diferentes hidróxidos [CrOH²⁺, Cr(OH)⁺, Cr(OH) y Cr(OH)₄⁻]. Bajo condiciones oxidantes se encuentra el Cr (VI) como anión en forma de cromato (CrO₄²⁻). (Albert L., 2006)

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

El Cr (III) es esencial para mantener el metabolismo de la glucosa, lípidos y proteínas. En tanto, el Cr (VI), es tóxico debido a su poder oxidante y a su facilidad de penetración en las membranas biológicas. Forma compuestos que son carcinogénicos y corrosivos para los tejidos. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 82)

La mayoría de los compuestos de cromo (VI) irritan los ojos, la piel y las mucosas. La exposición crónica a compuestos de cromo (VI) puede provocar daños permanentes en los ojos. Además pueden aparecer malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, cáncer al pulmón o la muerte.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Se ha comprobado que el cromo (III) y el cromo (VI) se acumulan en muchas especies acuáticas, especialmente en peces que se alimentan del fondo del cuerpo de agua, como el bagre (*Ictalurus nebulosus*), y en los bivalvos, como la ostra (*Crassostrea virginica*), el mejillón azul (*Mytilus edulis*) y la almeja de caparazón blando (*Mya arenaria*) (Kimbrough et al. 1999).

La toxicidad en el medio marino varía con las especies, el estado de oxidación y el pH.

CONCLUSIONES:	
Como las dos especies de cromo que se encuentran en las aguas se convierten entre sí, es difícil determinar la proporción relativa de ambas especies. La concentración de ambas dependerá de factores como el pH, condiciones redox y concentración de materia orgánica, entre otros.	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	Es necesario enfocar su análisis en la forma más tóxica para el ser humano, que corresponde al Cr en su estado de oxidación +6.
NORMA SECUNDARIA	Se debe medir el cromo en su forma total, ya que tanto el Cr (III) y Cr (VI) son bioacumulables y tóxicos.
NORMA DE EMISIÓN	Para evitar su ingreso a los diferentes cuerpos de agua, es necesario enfocar su medición desde la fuente y para la forma tóxica Cr (VI). Por tanto, debe ser medido en los tres tipos de normas de emisión existentes actualmente.

Nombre	:	Cobre
Clasificación	:	Metal (muy tóxico y relativamente accesibles)
Símbolo (estados de oxidación)	:	Cu (+1 y +2)
DESCRIPCIÓN:		
<p>El cobre es un metal de transición de color rojizo y brillo metálico que se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad. Por estas características físicas que lo caracterizan además de una alta ductibilidad y maleabilidad se ha convertido en el material más utilizado en el mundo, para la fabricación de cableado eléctrico y otros componentes eléctricos y electrónicos.</p> <p>Es uno de los pocos metales que se puede encontrar en estado nativo en la naturaleza, sin estar combinado con otros elementos.</p> <p>Se obtiene mayoritariamente de los sulfuros minerales como la calcopirita, covelita, calcocita, bornita y enargita.</p> <p>Es un elemento metálico que se puede encontrar en el agua debido al contacto de esta con minerales que contienen cobre o con desechos minerales en la producción de cobre, además de procesos naturales como tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos.</p> <p>El peligro del cobre y sus sales se deriva, por una parte, de que el sulfato de cobre (CuSO₄) es utilizado como alguicida, funguicida y molusquicida, del uso de conducciones y recipientes metálicos de latón o bronce y como fármaco en acuicultura.</p> <p>El cobre posee un importante rol biológico, ya que actúa en el proceso de fotosíntesis de</p>		

las plantas, contribuye a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunitario y huesos, por lo tanto es un oligoelemento esencial para la vida.

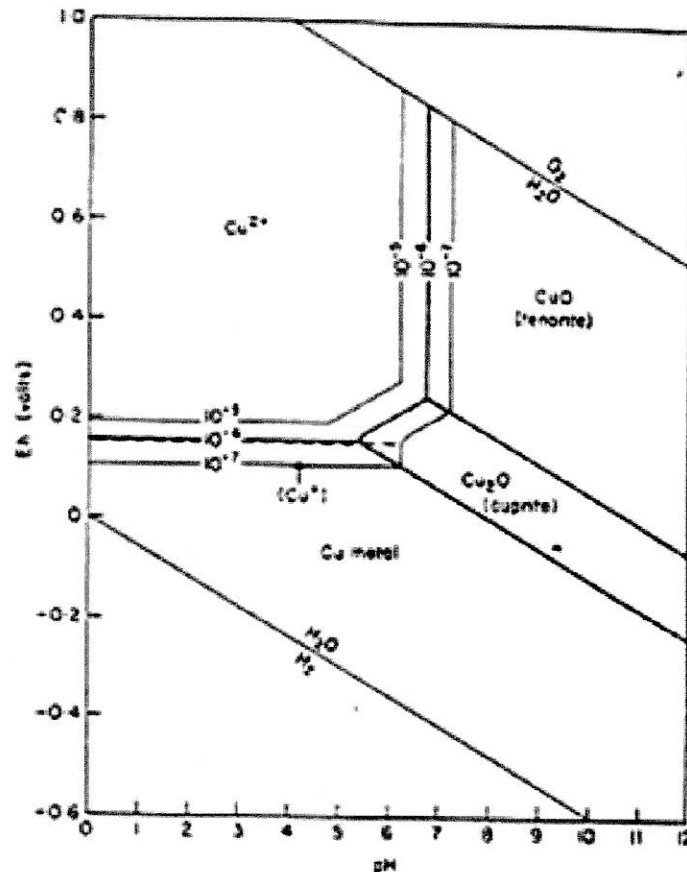
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Se caracteriza por su baja actividad química. Se combina químicamente en algunos de sus posibles estados de valencia. El más común de ellos es Cu (II) (cúprico), sin embargo el Cu (I) (cuproso) también es frecuente. El estado de oxidación +3 ocurre solo en algunos compuestos inestables. Presenta conductividad térmica y eléctrica muy alta.

La mayoría de los compuestos de cobre se depositan y enlazan tanto a los sedimentos del agua como a las partículas del suelo. Se unen fuertemente a la materia orgánica y minerales.

A continuación se presenta un diagrama de Eh -pH del cobre en agua.

Figura 7: Diagrama pH v/s Eh Cobre



Se observa que bajo condiciones oxidantes y pH inferiores a 6, el cobre se presenta como ion Cu en su estado de oxidación +2. Al aumentar el pH (>7,5) se forma óxido cúprico (CuO). El cobre metálico se presenta en todo el rango de pH y básicamente en condiciones reductoras (potenciales bajo 0,1 volts). El cobre precipita entre pH 5 y 5,5.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

El cobre es esencial para los seres humanos, quienes poseen mecanismos homeostáticos para la adsorción, transporte, utilización y eliminación de este.

Los compuestos solubles de cobre pueden causar daño a la salud de las personas, los cuales se liberan desde su aplicación en la agricultura. Sin embargo, las concentraciones que se encuentran normalmente en las aguas, no presentan efectos adversos para el hombre.

Exposiciones de largo periodo pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Tomar cobre en altas concentraciones puede causar daño al hígado y los riñones e incluso puede causar la muerte.

No se ha determinado si es cancerígeno.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

El cobre es un metal esencial para algunos organismos acuáticos, encontrándose presente en la hemocianina de los mariscos, equivalente de la hemoglobina en los seres humanos. (Kemmer & McCallion, 1989) Sin embargo, presenta toxicidad para la vida acuática en dependencia del pH, la existencia en el medio de compuestos orgánicos y la alcalinidad. Las formas juveniles de peces son las más sensibles a los efectos tóxicos del cobre. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 82)

El cobre y sus derivados disueltos en el agua son extremadamente tóxicos para los peces sobre todo a pH bajo y déficit de carbonatos,

Una concentración que mata a las truchas en pocas horas es de 0,5 mg/L, mientras que para las Daphnias y los copépodos mueren con 20 mg/L. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 82)

CONCLUSIONES:

Debido a que el cobre se une fuertemente a las partículas del suelo, es difícil que ingrese a las aguas subterráneas. En las aguas superficiales puede viajar largas distancias, tanto en sólidos suspendidos (partículas de lodo) o como iones libres.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	No es necesaria su medición.
NORMA SECUNDARIA	Debido a su toxicidad para los organismos acuáticos debe ser medido en su forma total.
NORMA DE EMISION	Debe ser medido desde la fuente, para no aumentar la concentración en los cuerpos de agua.

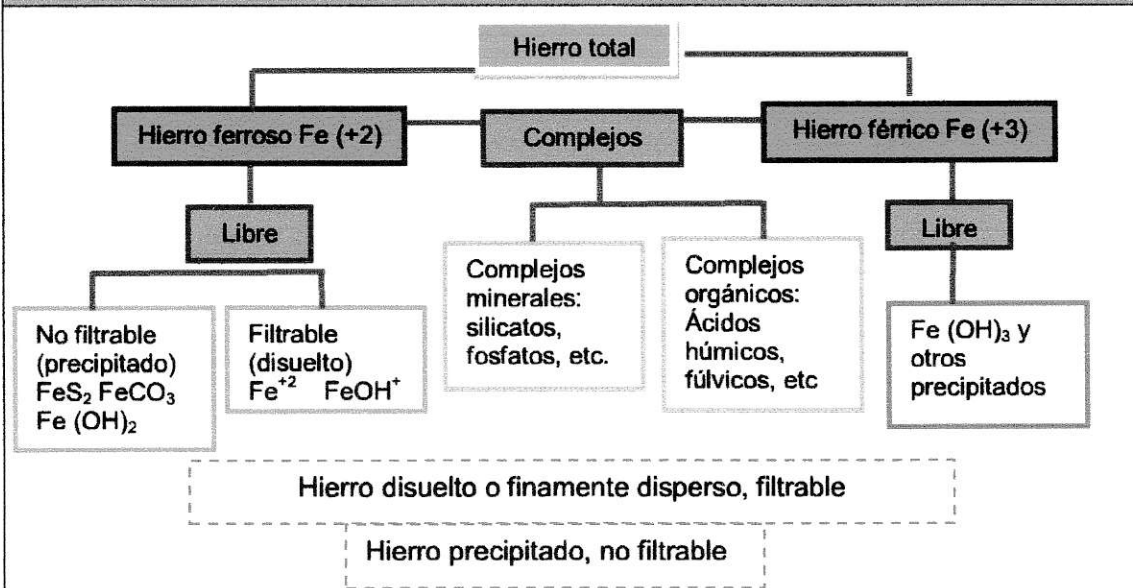
Nombre	: Hierro
Clasificación	: Metal (no crítico)
Símbolo (estados de oxidación)	: Fe (+2 y +3)

DESCRIPCIÓN:

Es el cuarto metal más abundante de la corteza terrestre (5,08%), encontrándose en la mayor parte de las rocas ígneas y en los minerales arcillosos, puede estar en forma de óxido, carbonato, sulfuro o silicato. Por ello es uno de los principales metales que se encuentran de manera natural en las aguas, debido a la disolución de este tipo de rocas y minerales que lo contienen, formas que dependen directamente del pH y del potencial del sistema. En raras ocasiones se presenta en estado nativo.

Es un metal catiónico esencial para los organismos vivos. Su importancia radica en las funciones que ejecuta como: cofactor de varias enzimas importantes (ej. peroxidasa, catalasa, oxidasa de citocromos y nitrogenasa), componente activo de intermediarios de cadenas de transporte de electrones (ej. citocromos y las proteínas de hierro-azufre, "iron-sulfurproteins") y componente esencial de proteínas con función de transporte (ej. hemoglobina, leghemoglobina).

DIAGRAMA: FORMAS DE HIERRO EN EL AGUA



FORMAS Y PROCEDENCIA DEL HIERRO EN AGUAS

FeS ₂	Precipitado negro que se encuentra en el fondo de los cuerpos de agua (sedimentos). Se forma bajo condiciones anóxicas y ambientes reductores a partir del ion ferroso y el sulfuro de hidrogeno, el primero proveniente de la reducción bacteriana del Fe (OH) ₃ y el segundo del ion sulfato, que es ocupado por bacterias como receptor de electrones.
------------------	--

FeCO_3	Sal formada a partir del ácido carbónico y el hidróxido de hierro II. Se encuentra en forma de precipitado. $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{FeCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	Compuesto formado a partir del ion ferroso y agua. Es un precipitado que se forma sobre pH 8 y potenciales entre -0,4 y -0.6 V.
Fe^{+2}	Ion ferroso que se encuentra mayoritariamente en aguas acidas a neutras, con bajas concentraciones de oxígeno y potenciales de reducción negativos. Es soluble en agua.
$\text{Fe}(\text{OH})^+$	Hidróxido ferroso que se encuentra en forma soluble en las aguas.
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	Precipitado formado a partir de la oxidación del ion ferroso. Se encuentra en los sedimentos de aguas con pH alcalinos, elevadas concentraciones de oxígeno y potenciales redox positivos (ambientes oxidantes)

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Este metal se puede encontrar en la naturaleza en dos estados de oxidación: bajo ion ferroso (Fe^{+2} , forma reducida) y como ion férrico (Fe^{+3} , forma oxidada). Su solubilidad en agua depende directamente del pH del sistema, cantidad de oxígeno disuelto y de los potenciales redox.

Tales condiciones se pueden estudiar en los diagramas de pH versus Eh, el cual presenta los diferentes estados en los que se encuentra el hierro en las aguas:

Figura 8: Diagrama de Eh vs pH para Hierro. ↓: precipitado

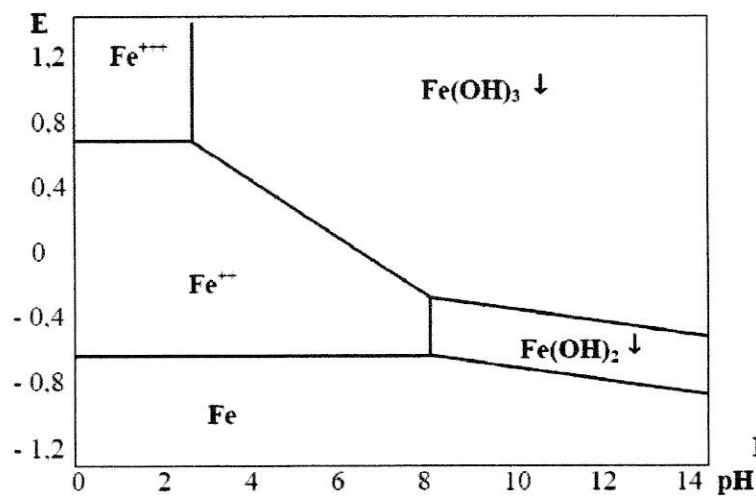


FIGURA 1

Este tipo de diagrama permite evaluar las condiciones de estabilidad del hierro en los distintos ambientes de pH y Eh. A modo de ejemplo, y como ya se mencionó anteriormente, a pH ácido el Fe^{+2} se encuentra soluble en las aguas, sin embargo al aumentar el pH y disminuir el potencial del sistema ($< 0,77\text{V}$), se estabiliza el Fe (III) y precipita como $\text{Fe}(\text{OH})_3$ el cual es el componente mayoritario en tales condiciones.

La mayoría de los compuestos ferrosos son solubles, con la excepción del sulfuro ferroso (FeS). Este le imparte un color negro brillante a sedimentos profundos que son sometidos a periodos extraordinariamente largos de anoxia.

Además, se puede observar que en muy raras ocasiones el hierro se encuentra en su estado nativo, como Fe^0 . Para que esta especie sea estable debe estar en un ambiente que no depende directamente del pH, como se puede observar en la figura, sino más bien del potencial del sistema, encontrándose en aquellas circunstancias en que estos están por debajo los $-0,6\text{V}$, condiciones extremadamente reductoras.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

No es peligroso para la salud de las personas, a las concentraciones observadas normalmente en el agua, ya que el pH de las aguas naturales está siempre en niveles neutros, en donde la especie predominante es el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ que precipita en los sedimentos (ver figura 1). Además, el sabor y aspecto del agua se ven afectados a concentraciones menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud ($<0,3 \text{ mg/L}$). (3)

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

El hierro y el manganeso en forma ionizada, de sales o de hidróxidos coagulados, se acumulan en las láminas branquiales de los peces, irritan e hiperplasia mecánicamente los epitelios, estimulan la secreción de moco y como consecuencia se altera la respiración y se produce la muerte a concentraciones de $0,9 \text{ mg/L}$ y pH entre 6,5 y 7,5

En ambientes contaminados con desechos ácidos, que provienen de efluentes de minas de carbón, proliferan masas floculentas de un color rojizo-pardo, este material está formado por un precipitado de hidróxido. Este material floculento de hidróxido férrico y de complejos de sales férricas, conocido con el nombre común de *niño amarillo* ("yellow boy") entre los mineros del carbón, a menudo afecta a los peces obstruyendo sus agallas.

CONCLUSIONES:

En las condiciones normales de pH, oxígeno disuelto y potencial redox, en que se encuentran las aguas, el componente mayoritario es el hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), que es insoluble y por tanto precipita.

En condiciones anaerobias y pH ácidos o neutros, prevalece la forma disuelta de Fe^{+2} . Este ion suele encontrarse en sistemas lenticos, en donde la concentración de oxígeno es menor, en aguas subterráneas y sistemas fuertemente reductores.

Las sales solubles de hierro son por lo general ferrosas (Fe^{+2}) y la especie más frecuente es el bicarbonato ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$)

Por otro lado, se debe prestar especial atención en la entrada de θ -arsenito de hierro III pentahidratado ($\text{As}_2\text{Fe}_2\text{O}_6 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) que puede ser peligroso para el medio ambiente. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre a las aguas porque persiste en éste (insoluble).

El hierro tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico.

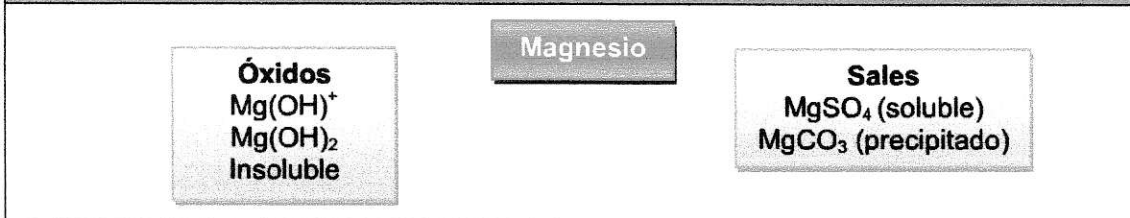
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	<p>No es necesaria su medición, ya que en los niveles que se encuentra normalmente en las aguas superficiales, no causa efectos en la salud de las personas.</p> <p>Cabe recordar, que a las condiciones fisicoquímicas (pH neutro y condiciones oxidantes) que normalmente se encuentran las aguas, la forma predominante de hierro es el $\text{Fe}(\text{OH})_3$, el cual se encuentra en forma de precipitado (insoluble), por lo que la concentración de hierro en aguas es muy baja.</p> <p>El hierro ferroso no se encuentra normalmente en el agua superficial, ya que solo está presente en aguas bajo condiciones anaerobias o en aguas estratificadas térmicamente (mayor temperatura, menor concentración de oxígeno disuelto). Sales de Fe^{+2} precipitan a pH 6 como $\text{Fe}(\text{OH})_2$</p>
NORMA SECUNDARIA	<p>Se recomienda medir hierro total, debido al daño que pueden generar en los ecosistemas acuáticos (ya sea en vida acuática, como en la acumulación en sedimentos), recordando que su entrada puede ser en cualquiera de sus formas (ion férrico y ferroso)</p>
NORMA DE EMISIÓN	<p>DS 46 (aguas subterráneas): es importante que se mida el hierro en su forma disuelta (Fe^{+2}) en los riles emitidos a aguas subterráneas, ya que estas suelen tener mayores concentraciones de ion ferroso (Fe^{+2}). Por tanto se debe evitar aumentar dichas concentraciones naturales.</p> <p>DS 90: para la descarga a distintos cuerpos de agua, es de vital importancia medir el hierro disuelto (Fe^{+2}), debido a sus efectos en la vida de los organismos acuáticos. No es necesario medir el hierro total, ya que las formas precipitadas se mitigan junto a los sólidos sedimentables.</p> <p>DS 609: para la emisión a alcantarillado, el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ podría presentar complicaciones al incrustarse en las cañerías, pero al mitigar los sólidos sedimentables, se eliminan los precipitados de hierro, por tanto no representaría mayores inconvenientes.</p>

Nombre	:	Magnesio
Clasificación	:	Metal (no crítico)
Símbolo (estados de oxidación)	:	Mg (+2)
DESCRIPCIÓN:		
<p>Es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre (2%), además es el tercer elemento más abundante en el agua de mar, en su forma disuelta. Se encuentra como componente principal de muchos minerales como la dolomita $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$, calizas magnesianas $[\text{MgCO}_3]$, evaporitas y silicatos ferromagnesianos, entre otros. No se encuentra como metal puro en la naturaleza.</p> <p>Su ingreso a los cuerpos de agua puede ser de manera natural, por la disolución de los minerales que lo contienen o de manera antropogénica por riles vertidos de industrias químicas, de construcción, productoras de hierro y acero, metales no férreos, cristales, cemento, la agricultura (fertilizantes), ganadería (en fuentes de alimentación), entre otros.</p>		

Al igual que el calcio, el magnesio forma parte de la dureza del agua, pero tan solo de una tercera parte de la dureza total.

Es esencial para todas las células vivas. En vegetales forma parte de la clorofila y en el ser humano, la mayor parte del magnesio se encuentra en los huesos y sus iones desempeñan roles importantes en la actividad de muchas coenzimas y en reacciones que dependen de ATP. Ejercen también un papel estructural, ya que el ion magnesio estabiliza la estructura de cadenas de ADN y ARN. Intervienen en la formación de neurotransmisores y neuromoduladores. Actúan como energizantes y calmantes del organismo.

DIAGRAMA: FORMAS DE MAGNESIO EN EL AGUA



FORMAS Y PROCEDENCIA DEL MAGNESIO EN AGUAS

Hidróxido de magnesio	Hidróxido de forma molecular $Mg(OH)_2$ formado por la reacción entre el óxido de magnesio con agua. Es comúnmente utilizado como antiácido o como laxante. Presenta una solubilidad de 12 mg/L. En bajas dosis no presenta riesgo al ingerirlo, pero en grandes cantidades es peligroso.
Sulfato de magnesio	Sal blanca brillante con cristales romboides, muy soluble en agua. Conocida como sal de Epsom o sal inglesa, es muy poco frecuente encontrarla como $MgSO_4$. Generalmente se encuentra como sal hidratada $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Procede de salinas naturales donde queda como residuos después de la evaporación del agua. Utilizada en la agricultura y medicina.
Carbonato de magnesio	Compuesto químico de fórmula molecular $MgCO_3$. Sólido blanco que existe como mineral en la naturaleza. Existe también en su forma hidratada. Es prácticamente insoluble en agua. Utilizado en diversas industrias y la medicina.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

En general el magnesio es un elemento poco reactivo. Sin embargo, dicha reactividad aumenta con la concentración de oxígeno que existen en las aguas. En estas se puede encontrar principalmente como ion magnesio (Mg^{+2}), pero también como $MgOH^+$ y $Mg(OH)_2$. En el agua de mar, donde las concentraciones de sulfato aumentan se puede encontrar como $MgSO_4$.

Forma carbonato de magnesio el cual es mucho más soluble que el carbonato de calcio. En aguas subterráneas puede estar en menores concentraciones ya que cuando el agua se infiltra en los suelos, el ion magnesio sufre un intercambio iónico con los cationes que existen en los suelos. Este es retenido con preferencia al ion calcio.

Se combina con la mayor parte de los no metales y prácticamente con todos los ácidos (a excepción de los ácidos fluorhídricos y clorhídrico que no los afectan). Reacciona solo

ligeramente o nada con la mayor parte de los álcalis y muchas sustancias orgánicas. como hidrocarburos, aldehídos, alcoholes, fenoles, aminas, esterres y la mayor parte de los aceites.

La solubilidad de $Mg(OH)_2$ es de 12 mg/L, seguido del $MgSO_4$ es de 309 g/L a 10°C y el $MgCO_3$ con una solubilidad mayor de 600 mg/L.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

En general el magnesio no causa problemas en la salud de las personas, incluso a concentraciones superiores a 125 mg/L pueden tener un efecto purificador y diurético. (Cortes & Montalvo, 2010). Sin embargo, hay que destacar que no existe evidencia científica de la toxicidad de este metal.

Si se presenta como $MgSO_4$, le otorga un sabor agrio a las aguas.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

No se le atribuyen efectos negativos.

En forma de óxido de magnesio se ha establecido una toxicidad en el agua de 1000 ppm (2)

CONCLUSIONES:

La importancia del magnesio en las aguas se debe a que forma parte de la dureza de estas, lo que adquiere importancia a nivel industrial al producirse incrustaciones en tuberías o problemas en calderas. Es un parámetro que debe ser medido principalmente en agua de uso potable y de riego.

Se debe tener especial cuidado con la presencia de fosforo de magnesio Mg_3P_2 (sólido oleoso y gris que se utiliza como fumigante insecticida), ya que al ponerse en contacto con el agua o aire húmedo, se descompone y se forma la fosfina (PH_3), que es un compuesto tóxico y también muy inflamable.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	No es necesaria su medición, ya que no produce efectos en la salud de las personas por contacto directo. Es más bien un parámetro que debe ser medido en agua potable.
NORMA SECUNDARIA	No presenta efectos negativos en los organismos acuáticos, por tanto no es necesario que sea medido.
NORMA DE EMISION	Parámetro que puede ser medido en las industrias para efecto de aumentar el tiempo de vida útil de tuberías y calderas. Es importante que al emitir líquidos a los diferentes cuerpos de aguas, sobre todo en agua marina (por tener altas concentraciones de sulfato) estas no sean aguas duras, por tanto deben tener bajas concentraciones de calcio y magnesio. En aguas subterráneas no debiese existir en altas concentraciones, ya que en el suelo se produce un intercambio iónico con los cationes que existen en este.

Nombre	: Potasio
Clasificación	: Metal (no crítico)
Símbolo (estados de oxidación)	: K (+1)
DESCRIPCIÓN:	
<p>Es el séptimo metal más abundante en la corteza terrestre (2,4%), encontrándose en minerales como feldespatos, micas y evaporitas (silvina, KCl o carnalita, KCl MgCl₂). En el agua de mar es el sexto mineral más abundante. No se encuentra libre en la naturaleza. Es un metal sólido, blando, de baja densidad y maleable.</p> <p>Su presencia en la naturaleza es escasa, por lo que se encuentra en concentraciones más bajas que el sodio, aumentando en el agua de mar. Su ingreso a las aguas puede ser de manera natural por la meteorización del feldespato o disolución de aquellos depósitos de evaporitas o antropogénica por industrias y agricultura.</p> <p>Es un parámetro relacionado íntimamente con el sodio, tanto que rara vez se analiza un componente separado en los análisis de agua (Kemmer & McCallion, 1989).</p> <p>Es un metal esencial para el organismo, ya que juega el rol de estabilizar los cromosomas y forma parte de la bomba de sodio/potasio que posibilita la transmisión del impulso nervioso. Además está involucrado en el mantenimiento del equilibrio osmótico, el ritmo cardíaco y la contracción muscular.</p> <p>Es uno de los alimentos esenciales para el crecimiento de las plantas.</p>	
FORMAS Y PROCEDENCIA DE POTASIO EN AGUA	
Cloruro de potasio	Compuesto de fórmula molecular KCl, se encuentra principalmente en mezclas de fertilizantes y manufactura de otros compuestos de potasio.
Hidróxido de potasio	De fórmula molecular KOH, es un compuesto empleado para la manufactura de jabones líquidos. Es conocido como potasa cáustica.
Carbonato de potasio	De fórmula molecular K ₂ CO ₃ , es un compuesto empleado para la manufactura de jabones blandos y material de partida en la industria del vidrio. Es conocido como potasa.
Nitrato de potasio	De fórmula molecular KNO ₃ , es utilizado en fósforos, fuegos pirotécnicos y en artículos afines que requieren un agente oxidante.
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>El potasio es un metal muy reactivo al entrar contacto con el agua, por tanto debido a esta solubilidad es difícil encontrarlo en su estado nativo en las aguas. Su reacción con ácidos acuosos es aún más violenta y casi explosiva.</p>	

Ion potasio	<p>Formas de entrada: K^+ (forma disuelta)</p> <p>Factores forzantes: se encuentra a cualquier rango de pH, bajo condiciones oxidantes o reductoras.</p>
Hidróxido de potasio	<p>Formas de entrada: Potasio metálico.</p> <p>Factores forzantes: bajo cualquier condición. Es una reacción espontánea.</p> <p>Reacción química: $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$ (reacción violenta)</p>
RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS	
<p>Es un elemento químico esencial, al jugar un papel importante en los sistemas de fluidos físicos de los humanos y en las funciones nerviosas.</p> <p>Su toxicidad no es relevante.</p>	
RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	
<p>Es uno de los macronutrientes esenciales en la vida de las plantas, al mantener la presión osmótica y el tamaño de la célula, influyendo en la fotosíntesis y en la producción de energía.</p> <p>Altos niveles de potasio soluble en el agua puede causar daños en semillas que se encuentran en germinación, inhibiendo la toma de otros minerales y reduciendo así la calidad del cultivo.</p>	
CONCLUSIONES	
<p>No tiene importancia en las fuentes de agua para uso público o en el agua que se utiliza en industrias (Kemmer & McCallion, 1989).</p> <p>Altas concentraciones pueden ser indicio de contaminación por vertidos de aguas residuales.</p>	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	<p>Debido a que no existen daños para la salud de las personas, no es necesaria su medición en las aguas destinadas a recreación con contacto directo.</p>
NORMA SECUNDARIA	<p>Puede ser medido al considerarse un nutriente para los organismos y plantas que forman parte del ecosistema. Sin embargo, no produce efectos negativos en este medio.</p>
NORMA DE EMISION	<p>No es necesaria su medición.</p>

Nombre	: Sodio
Clasificación	: <i>Metal (no critico)</i>
Símbolo (estados de oxidación)	: Na (+1)
DESCRIPCIÓN:	
<p>Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y el más abundante de los metales alcalinos. Es muy reactivo, se oxida en presencia de oxígeno y reacciona violetamente con el agua.</p> <p>Suele presentarse como sales muy solubles en agua y que tienden a permanecer disueltas, aunque ciertos complejos en los minerales no lo son. Se encuentra mayoritariamente en la naturaleza en forma de sal cloruro de sodio NaCl. Otra de sus formas es el carbonato de sodio Na₂CO₃ y sulfato de sodio Na₂SO₄. No se encuentra libre en la naturaleza y se puede encontrar además como minerales halita y zeolita.</p> <p>Su entrada en las aguas se debe a la disolución de rocas y suelos. Se encuentra en grandes concentraciones en el mar, seguido de los ríos y en los lagos que dependerán de las condiciones geológicas y de la contaminación por aguas residuales, ya que es utilizado en muchos procesos industriales.</p> <p>En las normas de calidad de aguas suele medirse como RAS (relación de adsorción de sodio). Este parámetro indica la influencia que pueda tener el sodio (Na⁺) sobre las propiedades del suelo, ya que este tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta la permeabilidad. Sus efectos no dependerán solo de la concentración de sodio sino también del resto de los cationes (calcio y magnesio). Este parámetro es importante que sea medido en la agricultura para el agua utilizada para regadío.</p> <p>Es un elemento esencial para la vida, ya que es un regulador de funciones corporales en los procesos de ósmosis. Juega un papel fundamental en el metabolismo celular como en la transmisión del impulso nervioso (bomba sodio-potasio) y en la contracción muscular, mantiene el volumen y la osmosis, equilibrio ácido base y la absorción de nutrientes por las membranas.</p>	
FORMAS Y PROCEDENCIA DEL SODIO EN AGUAS	
Cloruro de sodio	<p>El cloruro de sodio (NaCl) es la conocida sal de mesa y en su forma mineral la halita. Es una sal responsable de la salinidad del océano y del fluido extracelular de muchos organismos. Es el mayor componente de la sal comestible, por lo que se usa como condimento y conservante de comida.</p> <p>Se puede obtener por la evaporación de agua de mar o salmuera de otras fuentes de aguas, además de la halita.</p> <p>Para las plantas es toxica en altas concentraciones.</p>
Carbonato de sodio	<p>De formula molecular Na₂CO₃, es una sal utilizada para fabricar jabón, vidrio y tintes, regular el pH del agua, fabricación de detergentes, producción de aluminio, textiles, pulpa y papel, entre otros. Su ingreso a las aguas por tanto, puede ser de manera artificial por el vertido de efluentes industriales o de manera artificial por la disolución de los minerales que lo contienen.</p>

Hidróxido de sodio	<p>Más conocida como soda cáustica, de fórmula molecular NaOH. Es una base fuerte y corrosiva usada en productos destinados a la limpieza de desagües y al desengrase de hornos, así como a la fabricación de jabones, papel, tejidos y detergentes. Al disolverse en el agua libera gran cantidad de energía (reacción muy exotérmica), lo que le otorga un gran poder corrosivo, siendo letal para los tejidos vivos y los compuestos orgánicos, e incluso en contacto permanente puede atacar al vidrio. En presencia de CO₂ produce carbonato de sodio, lo que la hace ser poco estable.</p>
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>El sodio en disolución se encuentra en forma de iones Na⁺, pudiendo estar de dicha forma, a cualquier rango de pH y concentración de oxígeno (ambientes oxidantes o reductores).</p> <p>El ion sodio (Na⁺) tiene una solubilidad muy elevada y es difícil de precipitar, además se ve muy afectado por el cambio iónico en arcillas. Se asocia mayoritariamente al ion cloruro.</p> <p>La reacción del sodio con el agua, es sumamente violenta y libera grandes cantidades de energía en forma de calor, produciendo hidróxido de sodio y gas hidrógeno ($2\text{Na(s)} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH (aq)} + \text{H}_2 \text{(g)}$).</p> <p>El compuesto más conocido de sodio es la sal NaCl cuya solubilidad es 359 g/L a 20°C (prácticamente independiente de la temperatura). Al igual que esta sal, el carbonato de sodio (Na₂CO₃) también es soluble en agua, su solubilidad es de 220 g/L a 20°C.</p>	
RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS	
<p>Es un elemento esencial para la vida y que solo causa problemas a la salud cuando es ingerido en altas cantidades. Puede causar aumento de la presión sanguínea, arteriosclerosis, además e hiperosmolaridad.</p>	
RIESGOS ECOSISTEMAS HIDRICOS	
<p>En la forma de sal como cloruro de sodio no supone riesgo para los ecosistemas acuáticos. El LC₅₀ del sodio para los peces es de 157 mg/L.</p> <p>El hipoclorito de sodio (NaClO*5H₂O) puede contribuir a la formación de hidrocarburos clorados, los cuales pueden llegar a ser cancerígenos, causar problemas reproductivos, ser acumulativo, tóxicos, entre otros efectos.</p>	
CONCLUSIONES:	
<p>El sodio es un elemento utilizado en grandes proporciones como sal cloruro de sodio (NaCl). Es muy soluble en agua a cualquier valor de pH y concentración de oxígeno.</p> <p>Es un elemento esencial para la vida, por lo que solo produce efectos en ella si es ingerido en grandes cantidades.</p> <p>Se encuentra en altas concentraciones en el agua de mar y en acuíferos litorales, debido al aporte del agua marina que ingresa tanto por intrusión marina, como por infiltración desde la superficie.</p> <p>En otro tipo de aguas subterráneas, debiesen estar en menores concentraciones ya que al infiltrarse el agua, los suelos arcillosos pueden adsorber sodio, debido al intercambio catiónico, como el ion calcio.</p> <p>Se debe tener especial cuidado al utilizar aguas para riego ricas en sodio, ya que pueden provocar problemas de alcalinización o sodificación de los suelos.</p>	

RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	No es necesaria su medición
NORMA SECUNDARIA	No es necesaria su medición en normas de calidad secundaria. Sin embargo, si el agua es utilizada para riego, es importante que sea medida en la forma de RAS, ya que permitirá conocer si dicha agua puede causar problemas de estructura y permeabilidad de las partículas del suelo.
NORMA DE EMISION	No es necesaria su medición.

2.2.3 Parámetros orgánicos:

En términos generales, corresponde a aquel compuesto que contiene en su estructura principalmente carbono e hidrogeno, además de oxígeno, nitrógeno, azufre y halógenos, entre otros que se pueden encontrar en pequeñas cantidades (Fe, Co, P, Ca, Zn). Se pueden extraer de materias primas que se encuentran en la naturaleza, de origen animal o vegetal, o por síntesis orgánica. El petróleo, el gas natural y el carbón son las fuentes más importantes.

Pueden formar principalmente enlaces covalentes, formados por pares electrónicos compartidos y se pueden encontrar en cualquiera de los tres estados físicos. La mayoría de estos compuestos no son solubles en agua.

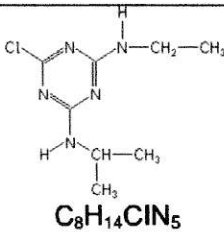
Este tipo de compuestos provocan una disminución del oxígeno disuelto en las aguas, como consecuencia de su consumo para los procesos de degradación biológica, Pueden conducir a perturbaciones indeseables en el medio y su biota (Cortes, 2010)

Dentro de estos compuestos están los pesticidas que son sustancias químicas de origen natural o sintético que se utilizan para eliminar o controlar plagas tanto

agrícolas como domésticas (Cortés, 2010). La principal fuente de estas sustancias en las aguas proviene de las aguas de escorrentía de zonas agrícolas, zonas residenciales y parques, por tanto forman parte de la llamada “contaminación difusa”.

El problema que presenta este tipo de compuestos en las aguas, radica principalmente en su baja biodegradabilidad, además de sus elevadas toxicidades y bioacumulación.

A continuación se presentan fichas técnicas de los principales parámetros orgánicos medidos en las normas de aguas chilenas.

Nombre	:	Atrazina (6-cloro-N-etil-N'-(1-metiletil)-1,3,5-triazina-2,4-diamina ó 2-Cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-1,3,5-triazina)
Clasificación	:	Orgánicos
Formula molecular	:	 <p style="text-align: center;">C₈H₁₄ClN₅</p>
DESCRIPCIÓN:		
<p>Es un herbicida utilizado para combatir malezas anuales en campos de espárragos, bosques, pastizales, gramíneas, cultivos, maíz, etc., mediante la detención de la fotosíntesis. La atrazina pura es un polvo blanco sin olor, no muy volátil, reactivo o inflamable.</p> <p>No ocurre de forma natural por lo que su presencia en las aguas es de origen antropogénico, mediante contaminación difusa, ya que al ser aplicada en los suelos puede ser arrastrada por la lluvia hacia ríos, lagos u otros cuerpos de agua o también puede infiltrarse a las aguas subterráneas.</p> <p>Es un plaguicida de uso restringido, por lo que puede ser utilizado solo por personal certificado.</p>		
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:		
<p>La hidrólisis química, seguida de la biodegradación son los principales procesos responsables de su eliminación tanto en suelo como en agua.</p> <p>La atrazina puede hidrolizarse con bastante rapidez en medios ácidos o alcalinos, pero en medio neutro (pH 7) es muy resistente a la hidrólisis química.</p> <p>En los cuerpos de agua su degradación es lenta y no se espera que se una fuertemente a los sedimentos.</p>		

En presencia de sustancias húmicas, la velocidad de hidrólisis aumenta, ya que los grupos funcionales ácidos de estas sustancias (particularmente iones de hidrogeno) actúan como catalizadores.

No se volatiliza, es ligeramente degradable y fácilmente soluble (30 mg/L).

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Si la piel entra en contacto con agua contaminada con atrazina, una pequeña cantidad de esta puede pasar desde la piel a la sangre. Si la persona traga agua contaminada, la mayor parte de la atrazina ingerida pasa a través de la pared del estómago y los intestinos y de estos órganos a la sangre. Una vez en la corriente sanguínea, se distribuye por otras partes del cuerpo.

Estudios realizados en animales indican que la atrazina se transforma en otros compuestos (metabolitos) los que pueden entrar en algunos órganos o al tejido graso. Sin embargo, este compuesto no es bioacumulable, ya que la mayoría de sus metabolitos se elimina del cuerpo mediante la orina durante las primeras 24 a 48 horas. Otra cantidad menor se elimina en las heces.

La EPA solo limita la forma en que la atrazina se puede usar y aplicar, por lo que no cualquier persona lo puede manipular, es considerado como un Plaguicida de Uso Restringido.

Es considerado de toxicidad poco peligrosa y no es considerado cancerígeno.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Es un compuesto que se acumula moderadamente en los organismos. Sin embargo, no suele acumularse en organismos vivientes tales como algas, bacterias, almejas o peces, y por lo tanto, no se es común que se acumule en la cadena alimentaria. Si este plaguicida se bioacumula en peces, se pueden encontrar bajos niveles en el cerebro, vesícula biliar, hígado y tracto digestivo.

Para anfibios, peces y otros organismos acuáticos es de ligera a moderadamente toxico. Cuando se usa directamente en los cuerpos de agua a bajas concentraciones inhibe el crecimiento de varias especies del fitoplancton, sin embargo la biomasa de las algas se puede mantener por la colonización de especies resistentes.

CONCLUSIONES:

La atrazina es un compuesto que puede sufrir principalmente dos tipos de reacciones en las aguas: hidrólisis química y degradación. No se volatiliza, es ligeramente degradable y fácilmente soluble.

Es importante destacar que favorece la absorción de arsénico por las plantas.

RECOMENDACIONES:

NORMA
NORMA
PRIMARIA

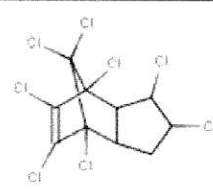
La atrazina es considerada de toxicidad poco peligrosa para el ser humano, además de que no es cancerígena ni bioacumulable. Sin embargo, la EPA restringe su uso por lo que si debe ser incluido en este tipo de normativa.

NORMA
SECUNDARIA

Es necesaria su medición debido al riesgo que presenta este herbicida en las diferentes especies que existen en el ecosistema.



NORMA DE EMISION	<p>No es necesaria su medición en el DS 609 y DS 90, ya que su origen en las aguas se debe principalmente a la contaminación difusa.</p> <p>En el DS 46 puede ser medido, ya que es un compuesto que une débilmente a las partículas del suelo, por lo que llega fácilmente a las aguas subterráneas.</p>
-------------------------	---

Nombre	: Clordano
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	:  C ₁₀ H ₆ Cl ₈

DESCRIPCIÓN:

Es un líquido espeso de color entre ámbar e incoloro, con olor levemente irritante. Se utiliza en plagas de termitas que viven bajo tierra, en hogares y huertos y para proteger trigo, cítricos, hortalizas y otros cultivos.

Es un plaguicida manufacturado que una vez liberado al ambiente tarda hasta 20 años en degradarse (persistente).

El clordano técnico es una mezcla de clordano puro con otros compuestos similares a él. Este no ocurre de manera natural en el medio ambiente, por lo que su presencia en las aguas se debe al arrastre de este contaminante hacia los cuerpos de agua.

Está prohibido en todas sus formulaciones y sus usos, por ser dañino para la salud de las personas y el medio ambiente.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Compuesto considerado un contaminante orgánico persistente (COP), sin embargo una pequeña cantidad de este se puede descomponer por efecto de la luz solar.

Al ser persistente, no se degrada rápidamente en el agua y no se disuelve muy fácilmente en ella (solubilidad a 25°C: 0,1 mg/L, ligeramente soluble).

En los sistemas acuáticos puede eliminarse mediante adsorción en sedimentos o mediante volatilización.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Es un plaguicida altamente tóxico para los seres humanos según la FAO, OMS y NIOSH. Además es persistente y bioacumulable, por lo que la continua exposición a largo plazo a través del agua, alimentos y otras fuentes, puede provocar graves efectos ya que se bioacumula a través de la cadena alimentaria, por lo que el ser humano, al ser el último eslabón, puede ingerir grandes concentraciones de este compuesto.

Puede dañar al sistema nervioso, digestivo y el hígado. Si la persona traga pequeñas cantidades puede provocar dolores de cabeza, irritabilidad, confusión, debilidad, problemas de la vista, vómitos, calambres estomacales, diarrea e ictericia.

Según la Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC) no es posible clasificar al clordano como cancerígeno en seres humanos.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

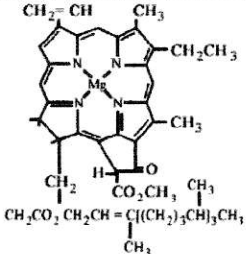
El clordano es altamente tóxico para los organismos acuáticos, por la continua exposición a largo plazo a través del agua, alimentos y otras fuentes, puede llevar a la acumulación de este en los tejidos de peces. Se considera que la acumulación en organismos acuáticos es alta.

CONCLUSIONES:

El clordano es considerado un compuesto orgánico persistente, por lo que suele tardarse varios años en descomponerse. Por su persistencia, causa graves daños en la salud de las personas y ecosistemas acuáticos, ya que es bioacumulable y tóxico. Una pequeña parte de este, puede descomponerse por efecto de la luz solar, produciendo los llamados fotoisómeros. Estos revisten especial importancia, ya que para ciertos animales son mucho más tóxicos que el clordano. El foto-cis-clordano, que es más biodegradable que el cis-clordano, presenta valores de bioacumulación más altos y por consiguiente puede tener efectos más apreciables en la cadena alimentaria.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	Por su alta toxicidad, persistencia y bioacumulación, es necesario que sea medido en las normas de calidad primaria, específicamente en las aguas continentales superficiales que se ven mayormente afectadas por la contaminación difusa.
NORMA SECUNDARIA	Debido a sus efectos en el medio ambiente, específicamente en el ecosistema acuático, es necesario que sea medido en aquellas cuencas que tienen a la agricultura como sus principales actividades económicas.
NORMA DE EMISION	No es necesaria su medición, ya que provienen fundamentalmente de la contaminación difusa. En normas de emisión para agua subterránea no tiene mucha importancia, ya que el clordano se adhiere fuertemente a las partículas del suelo por lo que es difícil que llegue al agua subterránea.

Nombre	: Clorofila a
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	:  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$

DESCRIPCIÓN:

La clorofila es un pigmento que se encuentra en las cianobacterias y en todos los organismos que contienen cloroplastos en sus células, entre ellas las algas.

Dentro de la familia de las clorofilas se encuentra la clorofila a, la cual es un buen indicador de la biomasa de organismos fotosintéticos presentes en los medios acuáticos, además de indicar el estado trófico del medio que se pretende estudiar. También es el indicador más usado para determinar la biomasa algal, ya que integra a todos los organismos que componen el fitoplancton. (1)

La clorofila puede detectarse fácilmente gracias a su comportamiento frente a la luz. Medir ópticamente la concentración de clorofila en una muestra de agua da poco trabajo y permite una estimación suficiente de la concentración de fitoplancton (algas microscópicas) e indirectamente de la actividad biológica; de esta manera la medición de clorofila es un instrumento importante de vigilancia de los procesos de eutrofización.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

En si no presenta riesgo para la salud de las personas, pero sí afecta la calidad de las aguas, disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto, lo que genera cambios en especies químicas que pueden ser perjudiciales para las personas.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Al igual que en los riesgos para la salud de las personas, la clorofila por sí sola no presenta riesgos para los ecosistemas hídricos, sin embargo sirve como indicador de la calidad de las aguas. Altas concentraciones de clorofila indica la presencia de un exceso de fitoplancton en el agua, por lo que si existen altas concentraciones, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en las aguas, llevando a la muerte directa de muchos peces y otros organismos acuáticos que dependen del oxígeno.

CONCLUSIONES:

La medición de la clorofila A, puede dar pistas de cambios generales en la comunidad fitoplanctónica, que luego pueden ser tratados más concretamente observando los distintos grupos algales (1). Es un indicador de la trofia de las aguas.

La presencia de clorofila también puede ser medida por sistemas de teledetección que informan sobre la distribución de la producción primaria, incluidas las oscilaciones estacionales y las fluctuaciones interanuales. En esta forma la medición de la clorofila ayuda a la investigación del cambio climático y ecológico a escala global

RECOMENDACIONES:

NORMA
PRIMARIA

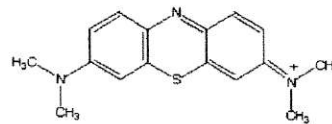
No es necesaria su medición, ya que no es un parámetro que afecta directamente la salud de las personas.

NORMA
SECUNDARIA

Es necesaria su medición en aquellos cuerpos susceptibles de sufrir eutrofización de sus aguas. Puede ser utilizado como un indicador de contaminación por nutrientes, ya que indica un exceso de fitoplancton.

No es necesaria su medición, ya que es un parámetro que indica el crecimiento excesivo de nutrientes.

Nombre	: Detergentes (surfactantes)
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	: Mezcla de sustancias tensoactivas y anfipáticas. El principal compuesto que contiene son los surfactes de la siguiente estructura molecular.



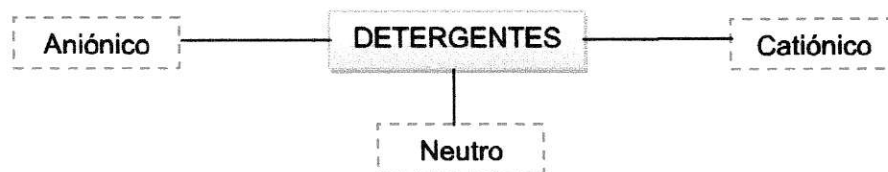
DESCRIPCIÓN:

Los detergentes son sustancias tensoactivas y anfipáticas que tienen la propiedad de disolver la suciedad o las impurezas de un objeto sin corroerlo. Contienen un conjunto de sustancias con propiedades fisicoquímicas diversas, cada una de las cuales ejerce una función específica. (Cortes I, 2010)

Los agentes tensoactivos o también llamados surfactantes, son productos orgánicos que se obtienen de compuestos petroquímicos, de aceites vegetales o grasas animales con propiedades humectantes, emulsificantes y dispersantes que provocan la separación de la muestra. (Cortes I, 2010) Contienen un segmento liposoluble y otro hidrosoluble, lo que permite formar puentes de agua y aceite, ayudando a remover la suciedad. Son las sustancias que producen la espuma. Pueden ser de naturaleza aniónica, catiónica o neutra.

Debido a que la mayoría de los jabones y detergentes son de naturaleza aniónica, el análisis de los detergentes en aguas limpias o residuales, se lleva a cabo con el método de las sustancias activas al azul de metileno, más conocido como SAAM. El azul de metileno que es un colorante "catiónico" (carga positiva) reacciona con aniones orgánicos (carga negativa) para formar sales hidrofóbicas de color azul intenso, que pueden extraerse con un solvente orgánico y cuantificarse con espectrofotometría (Cortes I., 2010)

DIAGRAMA 1: Tipos de detergentes (surfactantes)



Tipos de surfactantes

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Surfactante Aniónico</p>	<p>Son aquellos que en solución acuosa, se disocian en un anión anfifilo y un catión metálico o amonio. El 60% de la producción de surfactantes se encuentra en esta categoría, tales como jabones, detergentes en polvo y líquido. (3)</p> <p>Los aniónicos contienen uno de los cuatro grupos polares solubles: carboxilato, sulfonato, sulfato o fosfato, combinado con una cadena hidrocarbonada hidrófoba. Si la cadena es corta son muy hidrosolubles y en caso contrario tendrán baja hidrosolubilidad, por lo que en sistemas no acuosos actuaran como aceites lubricantes.</p> <p>Son los más empleados y son fácilmente degradables por las bacterias, lo que quiere decir que no poseen bastante toxicidad. Influyen en este proceso el oxígeno disuelto y la dureza, el primero potenciándolo y el segundo atenuándolo, por razones hasta ahora desconocidas. En general, la longitud de la cadena de estas moléculas aumenta la toxicidad, como podría preverse.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Surfactante Catiónico</p>	<p>Los catiónicos están compuestos por una molécula lipofílica y otra hidrofílica, consistente en uno o varios grupos amino terciarios o cuaternarios. Los surfactantes catiónicos son comúnmente utilizados en detergentes, agentes limpiadores, líquidos lavaplatos y cosméticos. Sin embargo, no se analizan por el método SAAM.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Surfactante Neutro</p>	<p>Los neutros o no iónicos son aquellos que no se disocian en iones hidratados en medios acuosos. Sus propiedades hidrofílicas son provistas por hidratación de grupos amida, amino, éter o hidroxilo. Cuando existe un número suficiente de estos grupos la solubilidad acuosa es comparable con la de los surfactantes iónicos. Al igual que los catiónicos, no son analizados por la metodología existente en la norma (SAAM).</p>

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

En aguas superficiales está relacionada con la interferencia en el poder autodepurador de las aguas, ya que inhiben la oxidación química y biológica.

Si el agua es dura, los jabones tienden a formar sales con los cationes de los metales, dando lugar a natas que neutralizan su acción. Este tipo de sales puede ser insoluble, por lo que precipitan. Si el jabón está en exceso, este precipita en forma de sales cálcicas de los ácidos grasos, arrastrando consigo parte de la suciedad que no es soluble, formando emulsiones.

Los jabones tienen una lenta biodegradación de algunos de los compuestos que lo constituyen, como los surfactantes de cadena ramificada.

En el caso de los detergentes, tienen varios efectos en las aguas. El primero de ellos es que genera espumas, las cuales aumentan frente a la presencia de sales de calcio y proteínas que existen en ellas. Inhiben la oxidación, ya que alteran la transferencia y disolución de oxígeno entre la superficie y el aire, dificultando la autodepuración de las corrientes de agua. Perturban la sedimentación e impiden el desarrollo de algas.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Son muy ligeramente tóxicos, pero son generadores de espuma y pueden interferir en los procesos de floculación y coagulación (ya que dispersan las sustancias insolubles o absorbidas), además de afectar la oxigenación del agua.

Por tanto, sus efectos en la salud de las personas son secundarios, ya que no interfieren directamente.

Pueden alterar el olor y sabor de las aguas potables. Concentraciones menores de 0,5 mg/L no tienen efectos adversos en los procesos de tratamiento ni en la salud. (2)

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Los riesgos que existen por la presencia de este tipo de compuestos, radica en que disminuyen la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua con lo cual se dificulta la vida acuática. Interfiere en el poder autodepurador de los recursos hídricos, debido a la inhibición de la oxidación química y biológica.

No es posible dar un valor límite de toxicidad debido a que cada organismo tiene distintas sensibilidades, puede variar en relación a la especie, tamaño, tipo de detergente y otros factores físicos del medio ambiente.

Sin embargo, se conoce que el daño en los peces se evidencia en lesiones en las branquias, dificultando la respiración y provocándoles la muerte y también inhiben el proceso de fotosíntesis originando la muerte de la flora acuática.

Si son detergentes fosfatados, puede provocar la eutroficación de las aguas.

CONCLUSIONES:

Si existen aguas muy contaminadas, como los detergentes inhiben la oxidación química y biológica, la DBO tendría que estar muy baja, ya que las bacterias en presencia de los detergentes se rodean de una película que las aísla del medio e impide su acción.

Si disminuyen la solubilidad del oxígeno en aguas, también disminuye la difusión del oxígeno del aire a través de la superficie del agua, por lo que el sistema se vuelve anóxico.

Si los detergentes están constituidos por fosfatos, estos promueven la eutroficación de las aguas, por un aumento de este nutriente. Además se obtienen productos secundarios como metano, amoníaco y sulfuro de hidrogeno, que dan mal olor al agua.

En el análisis de detergentes, SAAM, se debe tener en consideración que pueden existir otras sustancias activas al azul de metileno, que modifican la concentración final de detergentes en agua. Además, el análisis SAAM solo funciona con detergentes del tipo aniónico, ya que el azul de metileno reacciona solo con sustancias de carga negativa. Si existen detergentes de carga catiónica en las aguas, este no podrá ser detectado con el análisis de SAAM (Cortes I., 2010)

RECOMENDACIONES:

NORMA
PRIMARIA

No presentan efectos directos en la salud de las personas, por tanto no es necesaria su medición.

NORMA SECUNDARIA	<p>Es importante su medición porque disminuyen la solubilidad de oxígeno en el agua, por lo que interfiere directamente en la vida de los organismos acuáticos. Sin embargo, no deberían existir altas concentraciones de detergentes en las aguas, ya que es más bien un parámetro que se trata en las normas de emisión. Es recomendable medirlo como un parámetro de observación, para saber si existen altas concentraciones, las cuales pueden deberse a la contaminación difusa. Además, si se vierten altas cantidades de detergentes fosfatados a los sistemas lenticos, como lagos, puede provocar una eutroficación de sus aguas, por un aumento de este nutriente.</p>
NORMA DE EMISION	<p>Es un parámetro importante de medir en los sistemas de tratamiento, ya que intervienen en los procesos de coagulación, sedimentación y filtración (los agentes tensoactivos pueden dispersar las sustancias insolubles o absorbidas). Si obligatoriamente los deben disminuir en sus sistemas de tratamiento, se debe exigir bajos niveles en las normas de emisión.</p>

Nombre	: Aceites y grasas
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	: No especifica
DESCRIPCIÓN:	
<p>Las grasas y aceites son compuestos de origen orgánico constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal o vegetal y por hidrocarburos del petróleo, que generalmente varían en longitud. Aquellos esteres que se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente se les denomina grasas y a los de estado líquido corresponden a los aceites. De acuerdo a su composición química son muy semejantes, conteniendo elementos como el carbono, hidrogeno y oxígeno.</p> <p>Su presencia en las aguas viene dada por los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos utilizados en los hogares, como los son las mantequillas, mantecas, aceites vegetales, carnes, cereales, semillas, frutos secos, entre otros) y además de procesos industriales.</p> <p>Alguna de las características más relevantes es que tienen baja densidad, poca solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. Por ello, son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan formando películas en el agua que dañan a los seres vivos.</p> <p>Para su determinación analítica no se mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia que se pueda extraer con hexano.</p>	
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>Son compuestos que intervienen en el intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. Al formar una película en el agua, no permiten el acceso libre de oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ hacia la atmosfera. En algunos casos, puede acidificar el agua junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir en la penetración de la luz del sol.</p>	

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

No tiene efecto directo sobre la salud de las personas.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Altas concentraciones de aceites y grasas en las aguas puede provocar una disminución del oxígeno disuelto, lo que conlleva a la muerte de los organismos por falta de este. Además, como se crea una capa protectora, se acumula dióxido de carbono en las aguas lo que puede aumentar la acidez de estas.

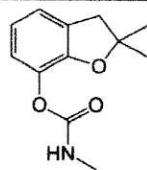
CONCLUSIONES:

Los aceites y grasas producen un impacto estético en aguas naturales, además de reducir el oxígeno disuelto de las aguas y la transferencia de luz solar, afectando la vida de los organismos acuáticos. Aumentan de manera indirecta la acidez de las aguas por un aumento de CO₂ en el sistema.

En aguas residuales, afecta el tratamiento fisicoquímico y biológico de ellas, ya que se al ser inmiscibles en ella, se difunde por la superficie, por lo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies del agua.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	No es necesaria su medición.
NORMA SECUNDARIA	No es necesaria su medición. Sin embargo, puede servir como parámetro de observación para el caso de la existencia de contaminación difusa.
NORMA DE EMISION	Es necesario medir, ya que afecta directamente los procesos de tratamientos fisicoquímicos y biológicos que se deben aplicar a las aguas residuales. La presencia de grasas y aceites en las aguas a ser tratadas, disminuye el intercambio de oxígeno que hay con la atmosfera, volviendo anóxicos los sistemas. Además pueden aumentar las concentraciones de CO ₂ , ya que este no se puede liberar a la atmosfera, lo que provoca una acidificación de las aguas.

Nombre	:	Carbofurano (2,2-dimetil-2,3-dihidro-1-benzofuran-7-yl metilcarbamato)
Clasificación	:	Orgánicos
Formula molecular	:	 $C_{12}H_{15}NO_3$
DESCRIPCIÓN:		
<p>Conocido también como carbofuran, es uno de los plaguicidas sistémicos perteneciente al grupo químico de los carbamatos, más tóxicos utilizado como insecticida, acaricida y nematocida de amplio espectro.</p> <p>A temperatura ambiente es un sólido cristalino de color blanco o gris, en forma de granulo. Es inodoro o con ligero olor a fenol. Presenta una solubilidad en agua que llega a 700 mg/L a 25°C (WHO, internet).</p> <p>Su origen en las aguas es por contaminación difusa, es decir por arrastre desde suelos agrícolas hacia cuerpos de aguas superficiales o por filtración a las aguas subterráneas. En Chile está clasificado como moderadamente toxico y tiene libre venta al público.</p>		
REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:		
<p>Se degrada principalmente por acción microbiológica generando CO₂ (biodegradación), por hidrólisis y degradación fotoquímica (La fotólisis directa y la fotoxidación (vía radicales hidroxilo)).</p> <p>La volatilización, adsorción a sólidos suspendidos o sedimentos y la bioconcentración en organismos acuáticos (moluscos y peces) son destinos ambientales menores para este plaguicida.</p> <p>Su adsorción en el suelo es muy baja, por lo que su escasa retención en este y su relativa alta solubilidad acuosa provocan que migre considerablemente hacia cuerpos de aguas, sean estas superficiales y subterráneas. En la primera de ellas persiste menos tiempo en comparación a las aguas subterráneas, ya que esta presenta pH más ácido, lo cual dificulta su degradación. En aguas superficiales que tienen pH 7 tienen un tiempo de vida media de 5,1 semanas y para un pH 10, 1,2 horas.</p> <p>En el agua, la toxicidad del carbofurano puede verse influenciada por las poblaciones microbianas presentes en los sedimentos.</p>		
RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS		
<p>Dentro de los plaguicidas usados en los cultivos de campos, presenta una de las toxicidades agudas más altas para los seres humanos.</p> <p>La EPA destaca que al ser altamente toxico, la exposición a la más pequeña cantidad genera un riesgo importante. Por su parte, la OMS lo clasifica en el grupo identificado como 1b "altamente peligroso" y si se ingiere en forma directa o de residuos existentes en alimentos es "extremadamente toxico".</p> <p>Su contacto directo puede provocar desde irritaciones en la piel a daños en el aparato digestivo, ya sea nauseas, vómitos, salivación, sudor frio, dolor abdominal y diarrea.</p> <p>Niveles más altos puede provocar espasmos musculares, perdida de coordinación y paro respiratorio. Además puede afectar el sistema nervioso central, generando ansiedad, dolores de cabeza, irritabilidad, agresividad y al sistema inmunológico, con síntomas como cansancio, falta de apetito y debilidad general.</p>		

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Según la EPA, el carbofurano presenta riesgos preocupantes para especies acuáticas. Es altamente tóxico para peces (CL 50 entre 5,3 y 36 µg/L para peces y artrópodos acuáticos). La USEPA (2006) señala un valor de toxicidad aguda de CL₅₀ de 88 y 280 µg/L para el carbofurano en el pez *Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819 y *O. mykiss*, respectivamente

En ensayos de toxicidad realizados a la especie *Daphnia magna* se determinó una concentración letal media (CL50) a 48 h de exposición de 0,002 mg/L.

CONCLUSIONES:

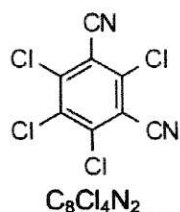
Las principales vías de remoción de este plaguicida en el agua son la biodegradación, fotodegradación e hidrólisis. En aguas con pH alcalinos la degradación es más rápida que a pH neutros.

Su toxicidad depende de la duración, frecuencia, intensidad de exposición, formulación y la susceptibilidad del organismo evaluado, siendo este último influenciado por la edad, sexo, vigor y variación genética (Iannacone y Tejada 2007)

Pese a que muchos países lo han prohibido por sus daños a la salud de las personas, en Chile aún se sigue comercializando bajo distintos nombres.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	Debido a su efecto en la salud de las personas y por ser catalogado como una sustancia peligrosa, es necesaria su medición en los cuerpos de aguas utilizados para la recreación con contacto directo, especialmente aquellos cuerpos de aguas ubicadas en zonas agrícolas.
NORMA SECUNDARIA	Debido a su toxicidad en organismos acuáticos debe ser medido en este tipo de normativa. Se recomienda su análisis en cuerpos de aguas de zonas agrícolas.
NORMA DE EMISION	Su medición podría ser exigida directamente a las empresas agrícolas que utilizan carbofuran o a las plantas de tratamiento que reciben riles de agroindustrias.

Nombre	: Clorotalonil (2,4,5,6-tetracloro-1,3-bencenodicarbonitrilo)
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	:  C ₈ Cl ₄ N ₂

DESCRIPCIÓN:

Es un fungicida aromático de contacto, preventivo y curativo que controla una amplia gama de enfermedades fúngicas que afectan a cultivos de hortalizas, cereales, cítricos y frutales. Es un sólido cristalino (como la arena) blanco e inodoro que puede encontrarse en formulación líquida.

Su origen en las aguas se puede deber a lixiviación desde suelos agrícolas cercanos a los cuerpos de agua y por riles emitidos por industrias formuladoras de plaguicidas. Es clasificado como plaguicida líquido tóxico.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

En los sistemas acuáticos este compuesto puede unirse a los sólidos suspendidos y sedimentos o puede ser eliminado por procesos químicos y biológicos. Su vida media por biodegradación varía entre 8,1 y 8,8 días en agua marina, su vida media por fotólisis es igual a 65 días en la superficie del agua y su vida media por hidrólisis tiene un valor de 38,1 días en aguas alcalinas (pH de 9). Por tanto, es poco persistente.

Es estable a la hidrólisis en condiciones ácidas o neutras (se hidroliza muy lentamente bajo condiciones de pH inferiores a 9).

Su solubilidad en agua a 25°C es de 0,81 mg/L (poco soluble). Ligeramente soluble en disolventes orgánicos.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

El contacto con este fungicida puede irritar la piel y los ojos y si se ingiere puede causar malestar general, cefalea, enrojecimiento de la piel e irritación bronquial.

Se encuentra en la lista de sustancias peligrosas (Hazardous Substance List) y de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List) ya que es carcinógeno, según la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). En tanto la Unión Europea lo califica como un producto que representa el posible riesgo de provocar efectos irreversibles (entre ellos, cáncer) y la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) lo señala como posible cancerígeno para humanos.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Es una sustancia altamente tóxica para anfibios y moderadamente tóxica para insectos. Su toxicidad varía de alta a extremadamente alta para crustáceos y peces, de ligera a alta para el zooplancton y de ligera a moderada para moluscos.

Su potencial de bioconcentración varía de bajo a alto en organismos acuáticos.

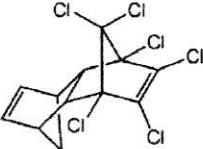
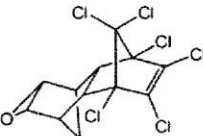
CONCLUSIONES:

Se degrada bajo condiciones básicas, pH mayor a 9, siendo su principal producto de degradación más tóxico que el clorotalonil (se ha demostrado que es 30 veces más tóxico y más persistente en el medio ambiente).

Se debe tener especial cuidado con este tipo de fungicida, ya que si se calienta puede liberar cianuro.

El clorotalonil técnico contiene trazas de dioxinas y hexaclorobenceno, contaminantes orgánicos persistentes (COPs) prohibidos por el Convenio de Estocolmo.

RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	Por su efecto en la salud de las personas, además de estar dentro de la lista de sustancias peligrosas, este debe ser medido en las normas primarias. Puede ser medido directamente en el agua o en los sólidos suspendidos o sedimentos, ya que se adhiere a estas. Se recomienda medir su producto de degradación.
NORMA SECUNDARIA	Debido a la alta toxicidad que representa para los peces es necesario que sea medido en las normas secundarias, enfocada mayoritariamente a los cuerpos de aguas adyacentes a zonas agrícolas.
NORMA DE EMISION	No es necesaria su medición, ya que este plaguicida se introduce a las aguas mayoritariamente por contaminación difusa.

Nombre	: Aldrín y Dieldrín
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Aldrín $C_{12}H_8Cl_6$</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Dieldrín $C_{12}H_8Cl_6O$</p> </div> </div>
DESCRIPCIÓN:	
<p>Ambos compuestos son insecticidas con estructura química similar. Son sustancias químicas de origen antropogénico, no encontrándose de manera natural en el ambiente. Se indican juntos ya que el aldrín se degrada rápidamente a dieldrín en el cuerpo y en el medio ambiente.</p> <p>A las aguas puede llegar por infiltración o por lixiviación. Sin embargo, se liga fuertemente al suelo por lo que presenta una escasa movilidad y permanece inmóvil incluso sometido a una lixiviación prolongada, por lo que no debería estar en grandes concentraciones en los cuerpos de agua.</p> <p>En 1987 la EPA prohibió todos los usos dados para estos dos insecticidas, ya que en 1974 se prohibieron todos sus usos a excepción del control de termitas.</p> <p>Son compuestos liposolubles, bioacumulables y persistentes en el medio ambiente. Son volátiles por lo que pueden ser transportados por el aire a grandes distancias.</p>	

ALDRIN Y DIELDRIN EN AGUAS

Aldrin (HHDN)

De nombre científico 1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,2,4 α ,5,8,8 α -hexahidro-1,4-endo,exo-5,8-dimetanonafalina. Es un compuesto persistente en el medioambiente y puede acumularse en los organismos vivos. Es denominado compuesto orgánico persistente (COP) altamente toxico para la mayoría de los organismos.

Presenta por tanto una solubilidad en agua muy baja (0,027 mg/L) pero se disuelve fácilmente en compuestos orgánicos, grasas y aceites. Es sumamente volátil.

Se utilizaba como insecticida para la protección de cultivos, contra termitas, gusanos, escarabajos, saltamontes, etc.

Dieldrin (HEOD)

De nombre científico 1,2,3,4,10,10-hexacloro-6,7-epoxi-1,4,4 α ,5,6,7,8,8 α -octahidro-1,4-endo,exo-5,8-dimetanonafalina. Corresponde a un metabolito del aldrin, pero también puede encontrarse en forma de dieldrin.

Es estable en presencia de luz, humedad, álcalis y ácidos moderados, pero es sensible a los ácidos minerales concentrados, a los catalizadores ácidos y a los agentes oxidantes y metales activos ácidos.

Se utilizaba para proteger las maderas frente a carcoma, plagas textiles y termitas. También fue utilizado como spray residual o larvicida para el control de varias clases de insectos que son vectores de enfermedades. (Elika, 2008)

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

El aldrin es transformado por las bacterias y la luz solar en dieldrin, por lo que es normal encontrar esta forma en las aguas. Sin embargo, se adhiere al suelo y el agua no es capaz de removerlo fácilmente de allí y al no disolverse muy bien se puede encontrar en bajas concentraciones en los cuerpos de agua. La mayor parte del dieldrin se adhiere al sedimento de los cuerpos de agua. Presenta escasa solubilidad en agua (0,1 mg/L), en ella no sufre hidrólisis ni biodegradación. En aguas que contienen un fotosensibilizador puede ser susceptible a fotólisis con una semidesintegración de unos cuatro meses.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

La EPA ha determinado que ambos son probablemente carcinógenos en seres humanos. Sin embargo, la agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) dice que no son clasificables como carcinogénicos en seres humanos.

El dieldrin si ingresa al cuerpo, es almacenado en la grasa y abandona el cuerpo muy lentamente (por tanto se acumulan en el).

Provoca dolores de cabeza, mareo, irritabilidad, vómitos, movimientos musculares sin control. Además en experimentos con animales, se ha demostrado que producen efectos del sistema nervioso, problemas al hígado y disminuye la capacidad de combatir infecciones (esto último no está comprobado en los seres humanos).

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

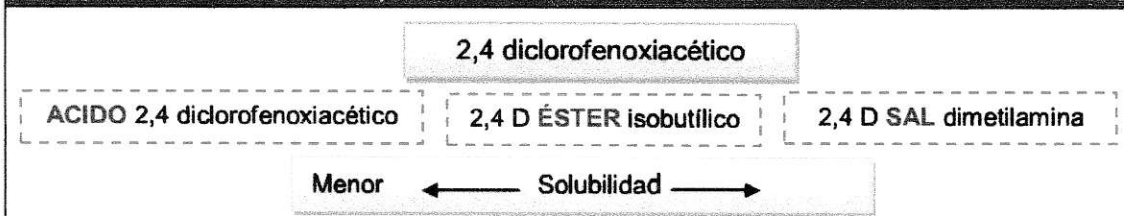
Muy toxico para los peces en exposiciones por vía acuática. El aldrin no es toxico para los insectos, hasta que estos lo oxidan a la forma dieldrin que es el compuesto activo.

Se considera que en el agua, el dieldrin se adsorbe en los sedimentos y se bioacumula en los organismos acuáticos.

CONCLUSIONES:	
Este tipo de compuestos se adhiere fuertemente al suelo y se evapora lentamente al aire por lo que no es de esperar que se encuentre en grandes concentraciones en el agua. El aldrín tiene una biodegradación lenta y no se lixivia, por lo que es considerado como un producto moderadamente persistente.	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	Debido a su toxicidad y su carácter cancerígeno, es necesario que sean medidos ambos tipos de compuestos en las aguas y sedimentos.
NORMA SECUNDARIA	Debido a la toxicidad que presenta en los peces es recomendable medir tanto aldrin y dieldrin en las aguas, y solo el segundo en los sedimentos, ya que al ser insoluble puede acumularse en ellos y de igual forma afectar la vida de los organismos acuáticos.
NORMA DE EMISION	Este tipo de contaminantes suele ser parte de la contaminación difusa, por lo que no debe ser medido en los residuos vertidos por las industrias.

Nombre	: Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)
Clasificación	: Orgánicos
Formula molecular	: <div style="text-align: center;"> $Cl_2C_6H_3OCH_2COOH$ ó $(C_8H_6Cl_2O_3)$ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <chem>O=C(O)COc1ccc(Cl)c(Cl)c1</chem> 2,4-D </div> <div style="text-align: center;"> <chem>CN(C)COc1ccc(Cl)c(Cl)c1</chem> 2,4-D sal dimetilamina </div> <div style="text-align: center;"> <chem>CC(C)COCOc1ccc(Cl)c(Cl)c1</chem> 2,4-D éster isobutilico </div> </div>
DESCRIPCIÓN:	
<p>Es un herbicida sistémico hormonal auxínico muy común, que se usa en el control de las malezas de hoja ancha. Es el tercer herbicida más ampliamente utilizado en Norteamérica y el más usado en el mundo. (Wikipedia, 2011)</p> <p>Pertenece al grupo de los herbicidas orgánicos sintéticos llamados clorofenólicos o fenoxi. Más de 1500 productos plaguicidas contienen 2,4 D como ingrediente activo.</p> <p>Se usa en agricultura, silvicultura, pastizales y praderas, casa y jardín, y para controlar la vegetación acuática. A las aguas puede ingresar por medio de la escorrentía o infiltración a las aguas subterráneas.</p> <p>El 2,4-D fue prohibido en Dinamarca y Noruega y cancelado en Suecia y en vista de la evidencia disponible acerca de sus riesgos para la salud y el medio ambiente.</p>	

DIAGRAMA: FORMAS DE 2,4D EN EL AGUA



FORMAS Y PROCEDENCIA DEL 2,4 D EN AGUAS

Acido	Menos soluble que las formulaciones comerciales como sales alcalinas, sales de aminas o esteres.
Ester	Los esteres son mucho menos solubles que las otras formas de 2,4D. Esta sustancia se degrada rápidamente al acido.
Sal	Las sales de 2,4D son altamente solubles en agua.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Se presenta en forma de sal de amonio (amina) o de éster. Las primeras se absorben en las raíces y las segundas por las hojas. Los esteres de 2,4 D son más volátiles que las sales de amonio.

Se degrada rápidamente en el suelo. Se absorbe mayormente en suelos con mayor contenido de carbono orgánico. Su tasa de descomposición depende de la composición y del pH. Es más lento al existir mayor contenido de materia orgánica y pH más ácidos. Es muy soluble en agua.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Su ingrediente activo es un poderoso irritante para los ojos, altera los sistemas hormonales y puede causar otros efectos crónicos sobre la salud.

Este tipo de plaguicidas tiene incorporado en su estructura surfactantes como keroseno para reducir la tensión superficial y así poder esparcirse sobre las superficies. Este es peligroso para la salud, pudiendo provocar dermatitis, inflamación en las vías respiratorias y neumonitis o edema pulmonar. Otros surfactantes utilizados pueden ser el triisopropanolamina, que puede causar irritación del tracto respiratorio, la dimetilamina que puede causar una irritación grave a la piel y quemaduras.

La OMS clasifica al 2,4D como moderadamente peligroso.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

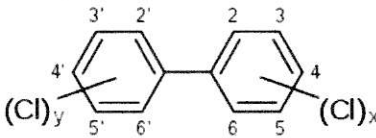
Moderadamente toxico para algunas especies de peces LC_{50} (ácido 2,4D)=100 mg/L (96h) para la especie pimephales promelas y LC_{50} (éster 2,4D) > 1,9 mg/L (96 h) para la menidia beryllina, de ello se puede apreciar que la especie más toxica es el éster, especialmente el éster butoxietil (butotil).

En el caso de la Daphnia Magna el EC_{50} (48 h) para el ácido 2,4D es de 100 mg/L y para el éster > a 1,91mg/L (96h)

Para el alga Selenastrum Capricornutum se tiene un EC_{50} (ácido 2,4D, 96h) de 24,2 mg/L.

En el caso de las plantas acuáticas existe un EC_{50} (14 días) de 0,58 mg/L para el ácido 2,4D.

CONCLUSIONES:	
En general se observa que la forma toxica del 2,4 D correspondiente al éster se degrada rápidamente en el agua a la forma acida, por lo que tiene baja persistencia.	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	Debido a que la OMS lo considera moderadamente peligroso es necesario que sea medido en las normas primarias, para el cuidado de la salud de las personas.
NORMA SECUNDARIA	En los riesgos a los ecosistemas hídricos se observa que los límites de toxicidad para los diversos organismos acuáticos son altos, mayores a 1 mg/L, concentraciones que en general no se encuentran en las aguas y por tanto no debiesen causar daño en los ecosistemas acuáticos. Por tanto, no es necesaria su medición en este tipo de instrumentos.
NORMA DE EMISION	Es un parámetro que pertenece a la contaminación difusa, por lo que no debiesen ser vertidos en los residuos líquidos industriales.

Nombre	:	Bifenilos policlorados o Policloruros de bifenilos (PCBs)
Clasificación	:	Orgánicos
Formula molecular	:	<p>$C_{12}H_{10-n}Cl_n$, donde n puede variar entre 2 y 10, siendo mayoritarios los congéneres con 2 a 7 cloros.</p> 
DESCRIPCIÓN:		
<p>Son una familia de 209 compuestos clorados de origen sintético (llamados congéneres), que poseen una estructura química orgánica similar. Son líquidos aceitosos o sólidos, incoloros a amarillo claro. No tienen olor o sabor especial. Se presentan en forma de mezclas que contienen una gran variedad de compuestos individuales e impurezas. Este tipo de compuestos son considerados como uno de los 12 contaminantes más nocivos que el ser humano ha fabricado, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Actualmente su uso está prohibido en casi todo el mundo. Se ha descubierto que los PCBs son sustancias tóxicas que producen daños, tanto a la salud humana como al medio ambiente, debido a su estabilidad, persistencia, bioacumulación en la cadena alimenticia, toxicidad y por provocar efectos reproductivos a largo plazo.</p>		

Al no presentarse de manera natural en el medio ambiente, su presencia en las aguas es a través de diferentes fuentes antropogénicas (eran utilizadas como fluidos hidráulicos, plastificantes en resinas sintéticas, adhesivos, sistemas de transferencia de calor, diluyentes de ceras y diluyentes de plaguicidas, tintas, etc.)

Los PCB se condensan en partículas de aerosol dispersándose ampliamente.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Este tipo de compuestos orgánicos al ser muy estables no sufren modificaciones químicas en las aguas, lo cual se debe a sus principales propiedades o características químicas como:

- Poseen baja presión de vapor
- Baja solubilidad en agua, son moléculas hidrofóbicas. (<0,1 mg/L)
- Alta solubilidad en disolventes orgánicos.
- Resistentes a hidrólisis con ácidos y bases
- Resistentes a la oxidación.
- Nula inflamabilidad.
- Sumamente estables térmica y químicamente.
- Bajísima conductividad eléctrica.
- Nula corrosividad y biodegradabilidad

Por tanto se puede observar que debido a su estabilidad no se degradan fácilmente (son difíciles de romper a moléculas más pequeñas de carbono) en el ambiente, por lo que pueden permanecer por largos periodos de tiempo.

En el agua, una pequeña fracción puede permanecer disuelta, pero la mayor parte se adhiere a partículas orgánicas y a sedimentos del fondo. También pueden adherirse fuertemente al suelo, por lo que no se lixivian fuertemente a las aguas subterráneas. Sin embargo, bajo la presencia de disolventes orgánicos pueden lixiviarse rápidamente a través del suelo.

La mezcla de PCB tiene baja solubilidad en agua, la cual disminuye a medida que aumenta el grado de cloración (mayor número de cloros, menor solubilidad, mayor persistencia).

Los bifenilos mono, di y triclorados se biodegradan con relativa rapidez, los tetraclorados se biodegradan lentamente y los que tienen más cloros son resistentes a la biodegradación.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Una de las características de los PCB es su bioacumulación, por tanto como el ser humano es el último eslabón de la cadena alimenticia, recibe las mayores concentraciones de PCB al ingerir alimentos contaminados, como pescados y mariscos. La principal vía de ingestión es la inhalación (25%) y la comida (75%).

Una vez ingeridos, se acumulan principalmente en tejidos ricos en lípidos, como puede ser el tejido adiposo, el cerebro, hígado, etc.

Los síntomas derivados de una intoxicación por PCBs son náuseas, vómitos, pérdida de peso, dolores en el bajo vientre, incremento de secreciones oculares, ictericia, edemas, cansancio, pigmentación de las uñas, etc., además de efectos hepatotóxicos a medio y largo plazo. Afecciones del sistema respiratorio, daños en el sistema reproductivo, irritación de ojos, nariz y garganta, junto con dificultades respiratorias y erupciones. También se han descrito daños al sistema nervioso, hígado y deficiencias en el sistema enzimático. Se está investigando su relación con trastornos del desarrollo en niños expuestos a los PCBs de forma prenatal, con la observación de coeficientes de inteligencia menores frente a niños sometidos a menores niveles de PCBs.

La Agencia Internacional de la Organización de la Salud Mundial para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) considera a los PCB como posibles sustancias cancerígenas. Hay evidencias que asocian a los PCB con el cáncer de hígado, de vesícula biliar y de vejiga; algunos estudios también han encontrado relación con el melanoma maligno y con el linfoma de non-Hodkin.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través de la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha concluido que dependiendo del grado y el tiempo de exposición, los PCB's producen síntomas como cloracné (afectación grave en la piel), incremento de secreciones oculares, ictericia, edemas y dolores abdominales.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Los PCBs pueden acumularse en pequeños organismos y peces en el agua, como también en otros animales que se alimentan de estos organismos acuáticos, alcanzando incluso niveles que pueden ser miles de veces mayores que los niveles del PCB en el agua (1) Los mamíferos marinos, al ser el último eslabón antes del hombre, acumulan mayores concentraciones de PCB, lo cual puede provocar deformidades físicas y problemas en el desarrollo reproductivo.

En la fauna los PCBs pueden producir carcinogénesis y efectos mutagénicos y teratogénicos (malformaciones del feto).

En las plantas, los efectos se refieren principalmente a una disminución de la velocidad de la división celular y la fijación de CO₂ en algas, además de una inhibición del crecimiento

Los estudios demuestran que los PCB afectan a la productividad del fitoplancton, así como a su composición.

CONCLUSIONES:

Los PCB son compuestos que se encuentran en general en los sedimentos de los cuerpos de agua, debido a que son pocos solubles y por tanto, tienden a precipitar. Sin embargo se pueden encontrar pequeñas cantidades en forma soluble, de ahí la necesidad de medir en ambas matrices (agua y sedimentos).

Presenta propiedades que aumentan el interés por ser normados en instrumentos enfocados en la protección de la salud de las personas y ecosistemas acuáticos, tales como su estabilidad e inercia química (se degradan muy lentamente, tanto física, química y biológicamente), son resistentes a la oxidación, a los ácidos y bases, difícilmente hidrolizables, hidrofóbicos, lipofílicos y presentan alta capacidad de adsorción en suelos, sedimentos y acuíferos. Además de ser bioacumulables, por tanto se magnifican en los distintos eslabones de la cadena trófica.

RECOMENDACIONES:

**NORMA
PRIMARIA**

Es importante su medición por el efecto que presenta en la salud de las personas. Considerados cancerígenos por la OMS, debe ser de vital importancia su medición. Se debe medir en sedimentos, en donde presentará su mayor concentración y en las aguas, debido a que una pequeña fracción permanece disuelta.

NORMA DE SECUNDARIA	Este tipo de compuesto también es importante medir debido a la bio-acumulación que comienza desde el plancton a los mamíferos superiores. Se debe medir en sedimentos y aguas.
NORMA DE EMISION	Su medición no se puede realizar, por ser un compuesto prohibido para su uso. No debiese ser emitido a nivel industrial.

2.2.4 Parámetros Inorgánicos

Los compuestos inorgánicos corresponden a todos aquellos que no contienen carbono e hidrogeno en su estructura (son aquellos que contienen cualquier elemento de la tabla periódica). Estos se encuentran libres en la naturaleza en formas de sales u óxidos, generalmente estado sólido.

Forman principalmente enlaces iónicos o metálicos y muchos de ellos son solubles en agua y en disolventes polares.

Existen algunos compuestos inorgánicos que ejercen una gran demanda de oxígeno, tales como los sulfitos y nitritos. El efecto ambiental depende de su efecto toxico.

Nombre	: Cianuro
Clasificación	: Inorgánico
Símbolo	: CN -
DESCRIPCIÓN:	
Anión monovalente que contiene el grupo cianuro ($C\equiv N^-$), que consta de un átomo de carbono con un triple enlace con nitrógeno. Presenta un olor fuerte a almendras amargas o castañas (no siempre presenta olor, por lo que no puede ser detectado. Sin embargo el límite de detección del olor es muy cercano a la concentración donde empieza a ser toxico).	
Está presente de manera natural en algunos alimentos como las almendras, nueces, castañas, soya, espinaca y cogollos de muchas frutas como la manzana y las peras.	
Es utilizado en industrias, metalurgia, producción de compuestos orgánicos, revelados	

fotográficos, producción de plásticos de base acrílica, mineras, galvanoplastia de electrodeposición de Zn, Au, Au y especialmente Ag. Puede ser liberado desde los escapes de automóviles, humo del cigarrillo y la sal industrial que se usa para derretir el hielo de los caminos.

Su entrada en las aguas se debe a procesos naturales o antropogénicos, como los nombrados anteriormente. Una vez en las aguas, la mayoría de cianuro forma cianuro de hidrogeno y se evapora.

Es un compuesto muy toxico y potencialmente letal, ya que inhibe el complejo citocromo c oxidasa, bloqueando la cadena transportadora de electrones (Proceso de respiración celular).

FORMAS Y PROCEDENCIA DEL CIANURO EN AGUAS

Cianuro de hidrogeno HCN	<p>Gas formado naturalmente en las primeras etapas del desarrollo de la vida sobre la tierra. Es un producto que se encuentra habitualmente en la naturaleza de diversos microorganismos, insectos y en el estado de crecimiento de muchas plantas como un mecanismo de protección.</p> <p>A bajas concentraciones es mortal.</p>
-----------------------------	---

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

La mayor parte del cianuro en el agua forma cianuro de hidrogeno y se evapora. Otra porción es transformada por microorganismos (plantas y animales de tamaño muy pequeño) a sustancias químicas que son menos perjudiciales. También pueden formar complejos con metales, como el hierro, sodio y potasio, o con metales pesados como plomo, cadmio, mercurio, arsénico y cromo.

Las sales formadas con sodio y potasio son muy solubles en agua, y al reaccionar con esta pueden formar HCN o reaccionar con los metales presentes en el agua o en los minerales formando cianuros simples o complejos de acuerdo a la concentración de los metales. Estos últimos son también solubles en agua por lo que se pueden movilizar. El cianuro no es persistente, ya que se destruye por acción de la luz solar (por medio del ozono), descomponiéndose por oxidación en gases de tipo COx y NOx, creando cloratos y nitritos.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

Es un compuesto muy toxico y potencialmente letal. Es toxico por inhalación, en contacto con la piel y por ingestión. Provoca quemaduras en la piel y ojos.

Algunos indicios de envenenamiento por cianuro son respiración profunda y rápida y falta de aliento, seguidos por convulsiones y pérdida de conocimiento.

El cianuro de hidrogeno y las sales de cianuro pueden causar irritación y ampollas en la piel.

Los complejos (cianuros + metales) son solubles en agua y de esta forma se pueden "movilizar" metales tóxicos para los seres vivos (Cd, Cr, Pb, Hg, As) produciendo un nuevo efecto negativo para la vida.

RIESGOS ECOSISTEMAS HIDRICOS

En contacto con ácidos libera cianuro de hidrogeno (gas muy toxico). Este compuesto no se acumula en los peces. (ATSDR, 2006)

Si se vierte cianuro en el suelo, ciertos microorganismos lo pueden transformar a otras formas químicas. Sin embargo si se vierte en altas concentraciones, es toxico para dichos microorganismos y estos mueren, por lo que fácilmente se puede encontrar cianuro en las aguas subterráneas.

CONCLUSIONES:	
<p>Debido a la reactividad que presenta el cianuro, este se encuentra en las aguas mayoritariamente como cianuro de hidrogeno, un gas muy toxico. Por ello, la Administración de Seguridad y Salud ocupacional de Estados Unidos, establece un límite para el cianuro de hidrogeno y la mayoría de las sales de cianuro, no para cianuro total como se mide en las normas chilenas.</p> <p>Es un compuesto sumamente reactivo generando en sus reacciones, productos intermedios altamente letales y que pueden permanecer por mucho tiempo en el ambiente como el cianógeno, cianatos, tiocianatos y el amonio.</p>	
RECOMENDACIONES:	
NORMA PRIMARIA	Se recomienda medir cianuro de hidrogeno, ya que debido a su reactividad se suelen encontrar mayores concentraciones de HCN que CN.
NORMA SECUNDARIA	Debido a su efecto en el ecosistema hídrico y su toxicidad, debe ser normado en todos los cuerpos de agua.
NORMA DE EMISION	Debe ser normado para evitar su ingreso a las aguas por vertidos industriales, evitando así que existan altas concentraciones que afecten tanto a la salud de las personas, ecosistemas hídricos y procesos de tratamiento de aguas servidas.

Nombre	:	Sulfuro
Clasificación	:	Inorgánico
Símbolo	:	S ⁻²
DESCRIPCIÓN:		
<p>Forma inorgánica del azufre, que se encuentran a menudo en las aguas subterráneas o en condiciones reductoras, especialmente en manantiales calientes.</p> <p>Es una combinación binaria de cualquier otro elemento con azufre en estado de oxidación -2. Los principales minerales en forma de sulfuro son la galena (PbS), pirita (FeS), cinabrio (HgS), blenda ZnS), entre otros.</p> <p>Su presencia en las aguas se debe en parte a la descomposición de la materia orgánica, presente a veces en los residuos industriales, pero procedente casi siempre de la reducción bacteriana de los sulfatos.</p> <p>Puede provenir de la minería (a partir de desechos de minas abandonadas de carbón o de diferentes sulfuros metálicos), aguas negras, aguas estancadas, aguas residuales, industria papelera, petroquímica, de curtidos y mataderos, etc. También tiene un origen natural, proveniente de los volcanes (gases y grietas volcánicas) y depósitos de gas natural.</p>		

Su presencia en aguas superficiales y en general bien oxigenadas es muy escasa. La concentración umbral para H₂S en agua limpia está comprendida entre 0,025 y 0,25 mg/L. El H₂S ataca directa e indirectamente a los metales y ha producido corrosiones graves en las conducciones de cemento por oxidarse biológicamente a H₂SO₄ en las paredes de las tuberías.

FORMAS Y PROCEDENCIA DEL SULFURO EN AGUAS

Desde el punto de vista analítico, se distinguen tres categorías de sulfuros en el agua y aguas residuales: Sulfuro total, disuelto y sulfuro de hidrogeno no ionizado.

Sulfuro total	Incluye H ₂ S y HS ⁻ disuelto, así como sulfuros metálicos solubles en ácido, presentes en la materia en suspensión. S ²⁻ es despreciable, y supone menos de 0,5% a pH 12, a menos del 0,05% a pH 11, etc. Los sulfuros de cobre y de plata son tan insolubles que no responden a las determinaciones ordinarias del sulfuro; pueden ignorarse para efectos prácticos.
Sulfuro disuelto	Forma de sulfuro que permanece en la solución tras haber eliminado los sólidos en suspensión por floculación y depósito.
Sulfuro de hidrogeno no ionizado	Forma que puede calcularse a partir de la concentración de sulfuro disuelto, el pH de la muestra y la constante de ionización práctica de H ₂ S. Es un compuesto que presenta el característico olor a huevo podrido y que es altamente toxico. Se forma en las zonas pantanosas y en el tratamiento de lodos de aguas residuales, mediante transformaciones anaeróbicas del azufre contenido en las proteínas o bien por reducción bacteriana de sulfatos. Se obtiene también a partir de emisiones volcánicas y es un subproducto de algunos procesos industriales.

REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:

Existe una clasificación del sulfuro de acuerdo a la naturaleza del elemento al cual se enlaza: metálico y no metálico. Las características físicas y químicas se relacionan directamente con esta clasificación.

Los sulfuros metálicos, unidos a elementos alcalinos y alcalinotérreos son por lo general iónicos, lo que le confiere propiedades típicas de los compuestos iónicos como ser solubles en agua, conductores de electricidad en solución acuosa o en estado fundido y presentan cristalinidad. La disolución de estos sulfuros metálicos conduce a soluciones alcalinas (ver reacción), gracias a la hidrolisis que sufre el ión sulfuro. El sulfuro de hidrogeno hidroliza generando el característico olor a huevo podrido de presenta el sulfuro. Este pertenece a la categoría de los ácidos por lo que se denomina ácido sulfhídrico.

A continuación se presentan las formas química en que se puede encontrar el sulfuro a diferentes pH:

H₂S	HS⁻	S²⁻
pH ácido < 6	pH neutral = 7	pH básico >8

El HS⁻ y el S²⁻, son muy solubles en agua, mientras que el H₂S es un gas poco soluble que escapa a la atmosfera. Este último al llegar a la atmosfera es oxidado a óxidos de

azufre (SO_x) los cuales se combinan con agua y forman el ácido sulfúrico y ácido sulfuroso.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

El sulfuro de hidrogeno es extremadamente toxico. Causa dolores de cabeza y nauseas en humanos a concentraciones mayor o igual a 10mg/L y puede causar parálisis súbita y muerte cuando su concentración alcanza los 100mg/L. Puede ser inhibidor competitivo de la hemoglobina impidiendo el transporte normal de oxígeno, además inhibe la enzima respiratoria citocromo-c oxidasa, afectando la producción de energía.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS

El ácido sulfhídrico es muy toxico para los organismos acuáticos. El LC50 para Peces (Carassius auratus) es de 0,09 mg/l (96 horas). Entre los gases tóxicos encontramos el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual, cuando no está ionizado es extremadamente tóxico para los peces. A bajas concentraciones (0,006 mg/L) es letal. Este compuesto en los peces inhibe la reoxidación del citocromo a₃ por el oxígeno molecular, bloqueando el sistema de transporte de electrones y la respiración oxidativa

CONCLUSIONES:

El sulfuro se presenta generalmente como ácido sulfhídrico, el cual tiene un olor característico a huevo podrido el cual es altamente toxico. La concentración en el agua, variara de acuerdo al pH, temperatura y concentración de oxígeno, que son parámetros que en condiciones apropiadas hacen posible que ocurra la degradación de la materia orgánica, liberando así este sulfuro que es soluble en agua.

RECOMENDACIONES:

NORMA PRIMARIA	Puede ser medido en la forma de ácido sulfhídrico que es la especie toxica para las personas, en aquellas zonas contaminadas con materia orgánica.
NORMA SECUNDARIA	No es necesario que sea medido.
NORMA DE EMISION	Es necesario que sea medido en los 3 tipos de instrumentos normativos, ya que se produce de la degradación de la materia orgánica, la cual es liberada en cualquier tipo de procesos industriales y desde los alcantarillados.

2.2.5 Parámetros Microbiológicos

Dentro de esta clasificación, se ha incorporado los coliformes del tipo fecal y total.

Estos corresponden a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común y sirven como indicadores de contaminación del agua. Si es de origen fecal, indican contaminación por heces humanas y/o animales, ya que este tipo de bacterias se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente. Las coliformes totales incluyen a todo el grupo de coliformes: de origen fecal y aquellas que se encuentran distribuidas en la naturaleza, ya sea en suelos, semillas y en vegetales. Así su determinación permite asegurar con un alto grado de certeza el origen de la contaminación.

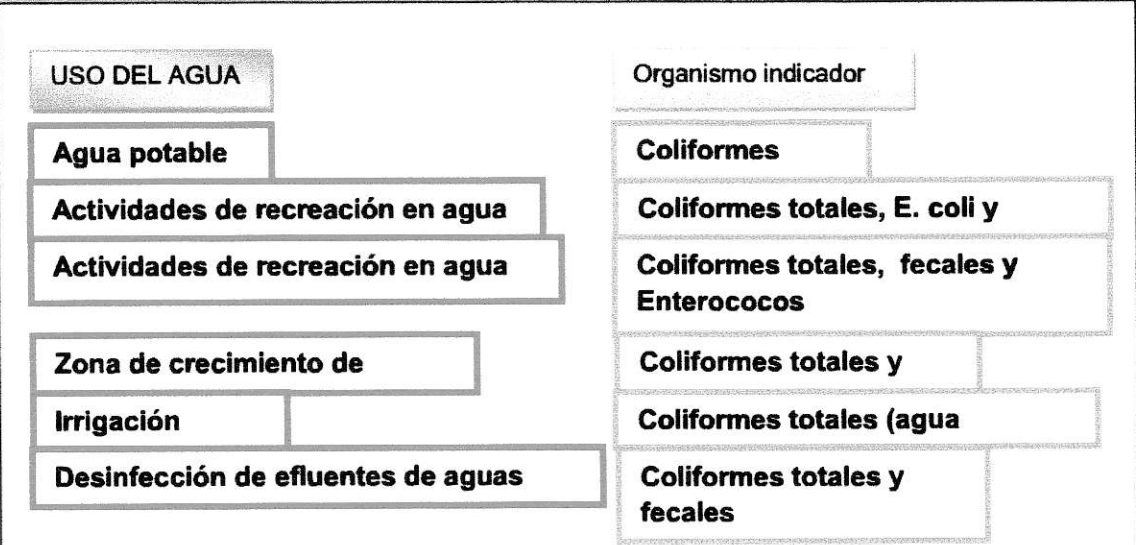
Nombre:	Coliformes
Clasificación:	Microbiológicos
DESCRIPCIÓN:	
Son un tipo de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Son utilizadas por su mayor presencia en las aguas y porque son fáciles de comprobar. Los organismos patógenos que existen en las aguas residuales son muy difíciles de aislar e identificar, además de aparecer esporádicamente y no sobrevivir a largos periodos fuera de su habitat natural, por ello se elige a los coliformes o los estreptococos fecales para cuantificar la contaminación fecal.	
Diagrama N° 1: FORMAS DE COLIFORMES EN EL AGUA	
<pre> graph TD A[COLIFORME] --> B[TOTALES] A --> C[FECALES] </pre>	
FORMAS Y PROCEDENCIA COLIFORMES EN AGUAS	
Coliformes totales	Especies de organismos que pueden fermentar la lactosa con generación de gases (o producen una colonia diferenciable en un periodo de incubación de 24 ± 2 hrs a 48 ± 3 hrs) a $35 \pm 0,5$ °C. Incluye cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae: Escherichia, Klebsiella, Citrobacter y Enterobacter. Del grupo de organismos, el género Escherichia (especie E.Coli) es el más representativo de la contaminación fecal. (Cortés & Montalvo, 2010. Pág. 100)

Coliformes fecales	Grupo de bacterias capaces de generar gas o colonias, a una temperatura de incubación elevada ($44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 hrs.) (Cortés & Montalvo, 2010. Pág. 100) Indica solo la presencia de Coliformes de origen intestinal.
---------------------------	--

Ventajas de las bacterias indicadoras

- Son integrantes de la microbiota intestinal.
- Sobreviven en el agua períodos más largos que los patógenos intestinales
- Su presencia constituye una señal de alarma sobre posible contaminación del agua por microorganismos patógenos. (Cortés & Montalvo, 2010. Pág. 99)

Diagrama 2: Organismos indicadores que se emplean según el uso que se le da al agua



Fuente: Aguas: Calidad y Contaminación. Cortés & Montalvo, 2010. Pág. 100

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

La exposición a bacterias coliformes que puede tener el ser humano es a través de la ingesta de agua contaminada, ya sea agua potable o al tomar agua accidentalmente desde un cuerpo de agua con el que se ha tenido contacto directo (recreación). Los efectos sobre la salud debido a esta ingesta mediante una exposición a corto plazo pueden ser:

- Diarrea, retorcijones, náusea
- Ictericia (coloración amarillenta de la piel y los ojos)
- Dolores de cabeza
- Fatiga
- Insuficiencia renal

En general, son los niños pequeños, los ancianos y otras personas con un sistema inmunológico debilitado los más vulnerables a las bacterias en el agua.

Si existe presencia de bacterias coliformes fecales significa que el agua está contaminada con materia fecal de seres humanos o animales, lo que puede significar la presencia de patógenos o bacterias o virus que producen enfermedades como la fiebre tifoidea, gastroenteritis viral y bacteriana y la hepatitis A.

CONCLUSIONES:

La medición de ambos parámetros permite conocer si el agua está siendo contaminada por residuos domiciliarios.

Las coliformes fecales y la *E. coli* son bacterias más peligrosas que proceden de los excrementos de los animales y los seres humanos, por lo general, a través de sistemas sépticos mal mantenidos o construidos, de grietas en los tuberías de aguas negras o de excrementos de animales en la proximidad de una fuente de agua.

RECOMENDACIONES

NORMAS PRIMARIAS	Por el riesgo que presentan en la salud de las personas es importante medir los coliformes totales para conocer la totalidad de coliformes y c. fecales para saber qué cantidad es de origen intestinal.
NORMAS SECUNDARIAS	Debe ser medida principalmente en las áreas de vigilancia de aquellos cuerpos de agua que reciben vertidos de residuos líquidos domiciliarios, principalmente aguas negras. Sirve también como parámetro de observación para conocer si existe contaminación difusa en el cuerpo de agua, de manera de enfocar en este tipo de contaminación la prevención de la calidad del cuerpo de agua.
NORMAS DE EMISIÓN	Su medición debe realizarse para el DS 90 donde se vierte directamente a cuerpos de agua, por lo que se puede ver afectada la salud de las personas que tienen contacto directo con dichas aguas. En el caso del DS 609 se vierten residuos líquidos industrial por lo que no debiese contener problemas de coliformes.

2.2.6 Nutrientes

En esta clasificación se ha incorporado el nitrógeno y el fósforo, ya que adquieren especial importancia en los sistemas lenticos, susceptibles de sufrir eutroficación de sus aguas.

Los nutrientes son aquellos elementos o compuestos químicos que son necesarios para el metabolismo de un ser vivo (participan activamente en las reacciones

metabólicas para mantener las funciones del organismo). Promueven respuestas biológicas como el florecimiento del plancton y un excesivo desarrollo de ciertas algas que pueden impedir el empleo del agua con algunos fines.

Los más importantes son los compuestos de nitrógeno y fósforo, contaminantes comunes en residuos industriales y municipales y en las aguas de lavado de campos.

Un exceso de estos en las aguas, puede provocar un crecimiento excesivo de plantas y algas acuáticas arraigadas en cuerpos de aguas poco profundos. Este proceso es conocido como eutroficación, en donde el nitrógeno y el fosforo son comúnmente el factor limitante en crecimiento y por tanto los que más probablemente desencadenen la eutroficación cuando son introducidos artificialmente a las aguas.

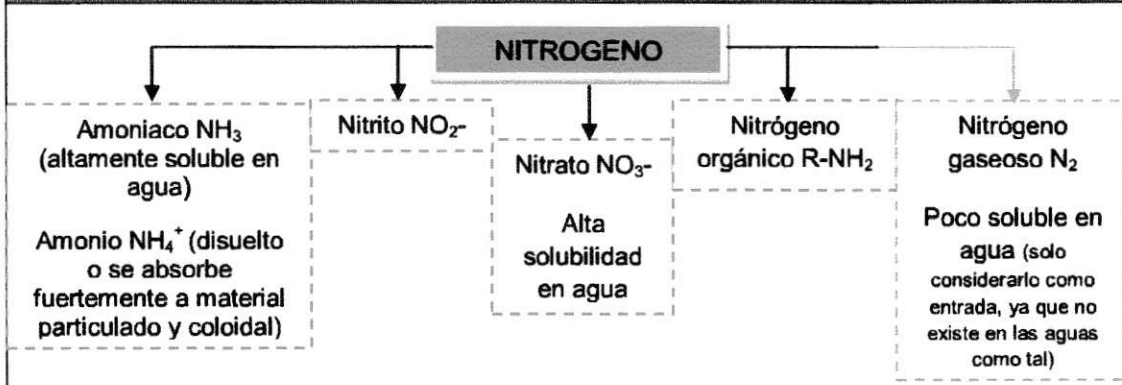
El florecimiento excesivo de las algas y plantas, significa un gran consumo de oxígeno disponible que es utilizado para la respiración de los peces, lo cual provoca la muerte de estos y disminuye la calidad de las aguas.

Su ingreso a las aguas se debe principalmente a las aguas residuales de origen agropecuario.

Nombre	:	Nitrógeno
Clasificación	:	Nutriente
Símbolo (estados de oxidación)	:	N (-3, +3 y +5) R-NH₂ y NH₃ (-3), NO₂⁻ (+3), NO₃⁻ (+5)
DESCRIPCIÓN:		
<p>Es un elemento biogénico que forma parte de las moléculas orgánicas que desempeñan funciones vitales para toda célula, además es un nutriente indispensable en el crecimiento de organismos fotosintéticos. En las aguas puede ingresar de manera natural, mediante la fijación biológica (ciclo biogeoquímico) en su forma gaseosa N₂, HNO₃ mediante precipitaciones en forma de lluvia, granizo o nieve y NH₄⁺ disueltos; como NH₄⁺ adherido a material particulado y como materia orgánica disuelta o adherida a materia particulada. Otras fuentes de entrada al agua del nitrógeno pueden ser a través de aportes procedentes de escorrentías terrestres y aguas subterráneas que acarrear el nitrógeno proveniente de fuentes de descargas líquidas como: efluentes industriales y domésticos, fertilizantes nitrogenados y otros compuestos nitrogenados (ej.</p>		

pesticidas, excremento de animales) que son utilizados o se generan en suelos dedicados a la agricultura y la ganadería.
 Es un constituyente básico de aminoácidos, ácidos nucleicos, azúcares aminadas y los polímeros que estas moléculas forman.

DIAGRAMA: FORMAS DE NITRÓGENO EN EL AGUA

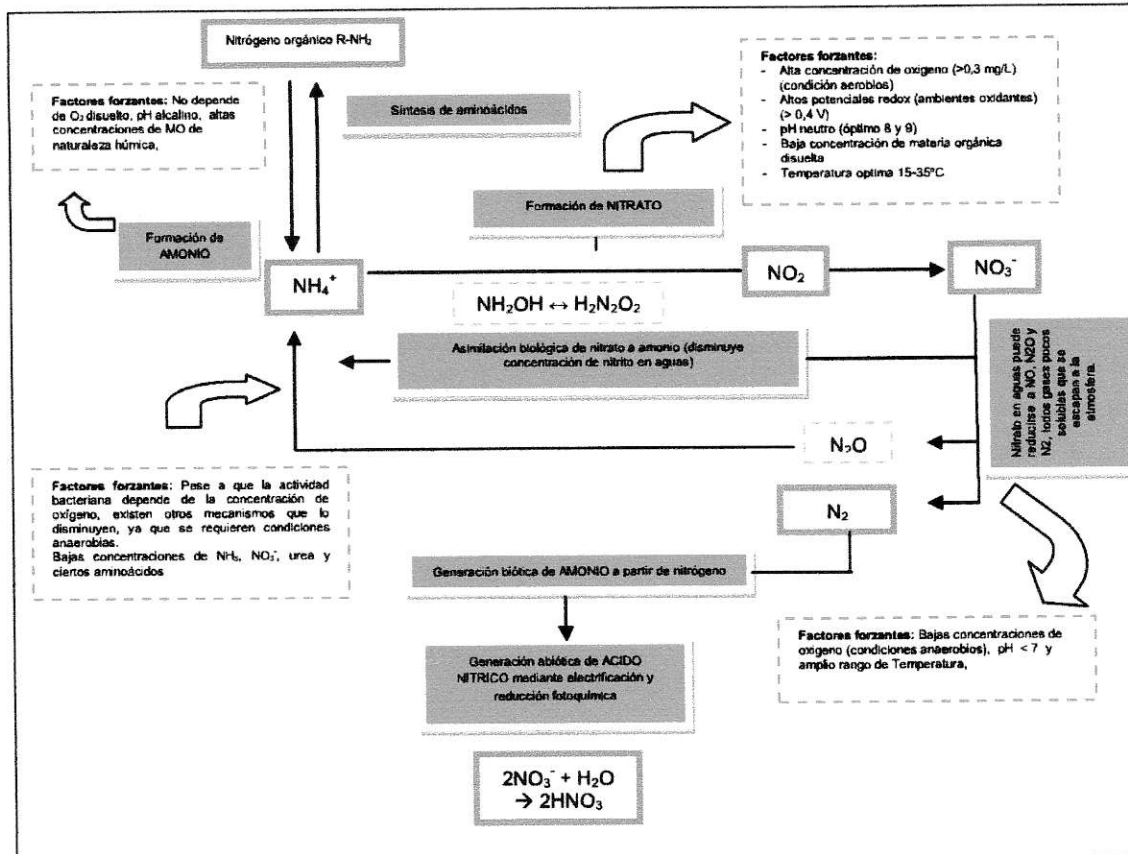


FORMAS Y PROCEDENCIA DEL NITRÓGENO EN AGUAS

Nitratos (NO ₃ ⁻)	<p>En las aguas pueden encontrarse bien procedentes de las rocas que los contengan, lo que ocurre raramente, o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas principalmente de las eliminadas por los animales. Se presenta generalmente como trazas en el agua superficial y niveles elevados en las aguas subterráneas.</p> <p>Es un nutriente esencial para muchos organismos autótrofos fotosintéticos y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 56)</p> <p>En las aguas se encuentra en forma soluble como ion nitrato y en altas concentraciones puede originar el fenómeno de eutrofización de las aguas.</p>
Nitritos (NO ₂ ⁻)	<p>Los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos. En las aguas subterráneas, sobre todo en las de origen profundo, se pueden encontrar nitritos como consecuencia de la existencia de un medio reductor.</p> <p>Es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación.</p>
Nitrógeno amoniacal (NH ₃ /NH ₄ ⁺)	<p>El amoníaco presente en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agropecuarios e industriales, así como de la desinfección de la cloramina. Es uno de los principales productos del metabolismo de los mamíferos.</p> <p>En general, la presencia de amoníaco libre o ión amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosas.</p> <p>En las aguas puede ser adsorbido sobre superficies de arcillas, materia orgánica o material particulado.</p>

<p>Nitrógeno orgánico (R-NH₂)</p>	<p>Corresponde al nitrógeno ligado orgánicamente en el estado de oxidación - 3. Incluye productos naturales, como las proteínas y péptidos, ácidos nucleicos, urea, y numerosos materiales orgánicos sintéticos, por lo que su presencia en aguas naturales se debe a la descomposición de la materia orgánica o proveniente de residuos domésticos. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 55-56)</p>
<p>REACCIONES Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:</p>	
<p>En las aguas, las diferentes formas de nitrógeno en sus respectivos estados de oxidación, pueden entrar de manera natural o antropogénica. Sin embargo cualquiera sea su ingreso, forman parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno, el cual cuenta con los siguientes procesos de transformación química en las aguas</p>	
<p>Formación de amoníaco libre (NH₃)</p>	<p>PROCESO 1: Proceso que se lleva a cabo gracias a la acción catalizada de un complejo enzimático conocido como nitrogenasa, el cual fija el nitrógeno que existe en la atmosfera y lo transforma a amoníaco.</p> <p>Forma de entrada: Nitrógeno atmosférico o gaseoso (N₂).</p> <p>Factores forzantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nitrogenasa: Presencia de este complejo enzimático. - Amoníaco, nitrato, urea y aminoácidos: altas concentraciones estas formas reducidas de nitrógeno, pueden inhibir la actividad del complejo enzimático. El grado de inhibición que causan los últimos tres depende de la facilidad con que un organismo en particular pueda convertirlos a amoníaco. <p>Reacción química: $N_2 + 8 H^+ + 8 e \rightarrow 2NH_3 + H_2$</p> <p>PROCESO 2: Proceso que consiste en la generación de amoníaco como producto principal en la descomposición de materia orgánica nitrogenada.</p> <p>Formas de entrada: Nitrógeno orgánico amoniacal (proteínas, bases nitrogenadas, urea, etc.)</p> <p>Factores forzantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH: condiciones alcalinas (>7) - nitrógeno orgánico amoniacal: altas concentraciones <p>Reacciones químicas:</p> <p>Ej.: Descomposición de la urea: $(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2NH_3$</p>
<p>Formación de nitrito (NO₂)</p>	<p>Formas de entrada: Amoníaco</p> <p>Proceso de oxidación del amoníaco al nitrito</p> <p>Factores forzantes:</p> <p>Concentración de oxígeno: se requieren condiciones estrictamente aerobias. Altas concentraciones de oxígeno (>0,3 mg/l y en sistemas de tratamiento de aguas de alcantarillado, no debe bajar los 2 mg/L)</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH: se da bajo condiciones neutrales (pH 8 y 9) - Potencial redox: ambientes oxidantes. Potencial mayor a 0,4V. - Materia orgánica disuelta: deben existir bajas concentraciones - Temperatura: amplio rango de temperatura entre 1 y 37°C

	<p>Reacciones químicas: Primera etapa (mediada principalmente por nitrosomas) $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_2$ Se debe destacar que los productos intermediarios se oxidan rápidamente, por lo que se encuentran en muy bajas concentraciones en el ambiente natural. Este proceso conduce a la acidificación del ambiente como resultado de la acumulación de ácido nitroso (HNO_2), el cual es reconocido como un agente mutagénico.</p>
Formación de nitrato (NO_3^-)	<p>PROCESO 1: formación de nitrito a partir de nitrato (oxidación) Forma de entrada: Nitrito Oxidación de nitrito a nitrato (mediada por nitrobacterias) Factores forzantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno disuelto: se requieren altas concentraciones de oxígeno - pH: bacterias menos tolerantes a pH altos. - Temperatura: menos tolerante a bajas temperaturas. <p>Reacción química: $\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$</p>
	<p>PROCESO 2: Formación de nitrito y nitrato a partir de nitrógeno orgánico amoniacal. Forma de entrada: nitrógeno orgánico amoniacal: R-NH_2 Factores forzantes: temperatura, contenido de oxígeno disuelto y pH del agua. Reacción química: $\text{R-NH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$</p>
Formación del amonio (NH_4^+)	<p>Forma de entrada: Amoníaco El amoníaco al entrar en contacto con el agua (es soluble), se transforma en amonio (NH_4^+). Factores forzantes: Reacción química: $\text{NH}_3 (\text{gas}) + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$</p>
Formación hidróxido de amonio (NH_4OH)	<p>Forma de entrada: Amoníaco (NH_4^+) Factores forzantes: pH: alcalinos (aproximadamente 9,5) aumenta la toxicidad por NH_4OH <u>Temperatura</u> Reacción química: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_4\text{OH}$</p>
CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL NITRÓGENO	



RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

NITRITO (NO₂)

Toxico para los humanos. Disminuyen la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre al combinarse con la hemoglobina y convertirla en metahemoglobina, la cual provoca náuseas y dolores de estómago para los adultos. En niños puede rápidamente provocar la falta de oxígeno en la sangre. Pueden reaccionar con compuestos aminados para formar nitrosaminas carcinogénicas (también el nitrato). Bajo condiciones acidas el nitrito se convierte en ácido nitroso, el cual es un reconocido agente mutagénico.

NITRATO (NO₃)

Aunque el nitrato no es altamente tóxico por sí solo, el mismo puede ser reducido a nitrito por la flora microbiana del tracto gastrointestinal de infantes, causando el síndrome de bebé azul ("blue baby"). Se asocia a aguas con niveles sobre los 10 mg/L de nitrato. La reducción de nitrato a nitrito no se produce normalmente en adultos, dado el bajo pH que se registra en su tracto gastrointestinal. Disminuye el funcionamiento de la glándula tiroidea y provoca un bajo almacenamiento de la vitamina A. La OMS recomienda para agua potable las siguientes concentraciones: Valor recomendado: menos de 50 mg/L; Aceptable: de 50 a 100 mg/L; No recomendado: más de 100 mg/L.

RIESGOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	
Amoniaco libre (NH ₃)	El amoniaco libre (NH ₃) es altamente toxico y letal para los peces a concentraciones entre 1 y 2 mg/L, aunque concentraciones entre 0,2 a 0,4 mg/L y 0,6 mg/L pueden constituir dosis letales para alevines y juveniles de trucha, respectivamente. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 56) Si un cuerpo de agua tiene altas temperaturas y un pH alcalino, el amoniaco provoca hiperplasia y destrucción de epitelios branquiales e intestinales y como consecuencia la hipoxia u asfixia de los animales. (Cortes & Montalvo, 2010. Pág. 56)
Hidroxido de amonio NH ₄ OH	El amoniaco al ser altamente soluble en agua, se encuentra como NH ₄ ⁺ y NH ₄ OH, hidróxido que es altamente toxico para organismos acuáticos, especialmente peces.
Nitrito (NO ₂)	Concentraciones de nitritos mayores a 0,75 mg/L pueden provocar estrés en peces y mayores a 5 mg/L pueden ser tóxicos. En forma de nitritos, el nitrógeno es perjudicial para los mamíferos.
Nitrato (NO ₃)	En el caso del nitrato, concentraciones entre 0 y 40 mg/L son generalmente seguros para peces y mayores a 80 mg/L pueden ser tóxicos. En los estómagos e intestinos de animales los nitratos pueden convertirse en nitrosaminas, un tipo de sustancia peligrosamente cancerígena.
Nitrógeno total	Al igual que en el ser humano, la toma de altas concentraciones de nitrógeno puede causar problemas en la glándula tiroidea y puede llevar a bajos almacenamientos de la Vitamina A. Finalmente, al existir el nitrógeno en exceso en los cuerpos de agua, puede causar un crecimiento excesivo de plantas acuáticas y algas, las cuales pueden tapar las entradas de agua, usar el oxígeno disuelto a medida que se van pudriendo y bloquear la entrada de luz la diversidad de los organismos acuáticos, afectando también el uso del agua para actividades de recreación y productivas.
CONCLUSIONES:	
<p>A pH neutro y con altas concentraciones de oxígeno disuelto, la especie predominante debe ser el nitrato. En condiciones oxidantes el nitrito se oxida rápidamente a nitrato, por tanto sus concentraciones son bajas en comparación al NO₃⁻</p> <p>Si se encuentran altas concentraciones de nitrito en las aguas aireadas, puede deberse a una emisión reciente, ya que en condiciones oxidantes este compuesto desaparece rápidamente.</p> <p>Se debe tener especial cuidado con la contaminación difusa, ya que el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y la acumulación de excremento animal y humano, aumentan las concentraciones de nitratos en las aguas, debido a la alta solubilidad del ion que se moviliza con facilidad.</p>	

RECOMENDACIONES	
NORMAS PRIMARIAS	<p>Para efectos en la salud de las personas es importante medir el nitrito y nitrato de las aguas. Este último pese a no ser altamente toxico por sí solo, en condiciones acidas puede convertirse en nitrito y causar daños a la salud. Sin embargo, en aguas con altos niveles de oxígeno, el nitrito es oxidado rápidamente a nitrato por lo que sus concentraciones no debiesen ser altas en los cuerpos de aguas, si las de nitrato. También, la presencia de altos niveles de nitrito puede indicar contaminación por materia fecal, debido a que no existió una oxidación completa del amoniaco y su posterior reducción bacteriana a nitrato.</p>
NORMAS SECUNDARIAS	<p>La especie de nitrógeno más dañina en la vida de los organismos acuáticos es el amoniaco libre (NH_3), como esta especie es altamente soluble en agua, su estado en las aguas es como ion amonio, por tanto, para efectos en la salud de los organismos acuáticos es importante normar este parámetro.</p> <p>En aguas lenticas o que presenten estratificación térmica como los lagos, es importante medir todas las formas de nitrógeno en las aguas (nitrógeno total), ya que pueden existir cualquiera de las formas de nitrógeno, las cuales contribuyen al proceso de eutrofización de las aguas. Se debe prestar atención al aumento que existe hoy en día en las concentraciones de nitrato que ingresan a las aguas superficiales y subterráneas, debido al incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados y el aumento de la población.</p>
NORMAS DE EMISIÓN	<p>Para efectos del DS 46: se deben medir las concentraciones de nitrito y nitrato, debido a que las aguas subterráneas contienen altos niveles de estos iones, ya que al ser solubles se lixivian fácilmente de los suelos que lo contienen de manera natural o antropogénica.</p> <p>Para el DS 90: deben ser medidos los nitritos y nitratos, debido al daño que pueden causar tanto a la salud de las personas como a los ecosistemas acuáticos.</p> <p>Para el DS 609: debido a que el amoniaco indica contaminación por desechos orgánicos, se debe medir el nitrógeno total Kjeldahl el cual indica la concentración de nitrógeno orgánico y amoniacal. Se puede sumar al análisis las concentraciones de nitrito y nitrato, que en conjunto con el nitrógeno total Kjeldahl indican la concentración de nitrógeno total.</p> <p>Hay que destacar que el nitrógeno orgánico amoniacal que proviene de las aguas residuales domésticas, al entrar en contacto con el oxígeno disuelto se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos, por ello es importante medir el nitrógeno total y el nitrógeno Kjeldahl.</p>

Nombre	: Fosforo
Clasificación	: Nutriente
Símbolo (estados de oxidación):	: P (-3, +3, 4 y 5) PO ₄ ⁻³ (+5)

DESCRIPCIÓN:

Es un no metal que se encuentra en la naturaleza combinado a fosfatos inorgánicos y en organismos vivos. Se encuentran mayoritariamente en la corteza terrestre, en rocas fosfatadas y en numerosos minerales como la apatita. No se encuentra en estado nativo. Su presencia en las aguas puede ser de manera natural (por erosión de las rocas fosfatadas o disolución de los minerales) o antropogénica por el vertido de residuos domésticos (detergentes, fosas sépticas, etc.), vertido de residuos de agroindustrias o por contaminación difusa (fertilizantes, excrementos de animales, insecticidas, etc.)

Junto al nitrógeno son los dos nutrientes esenciales de todos los seres vivos. Forma parte de las moléculas de ADN y ARN, forma parte de los huesos y dientes de los animales. Además son utilizados por las células para almacenar y transportar energía mediante el ATP.

Las plantas absorben en fosforo a través de sus raíces, incorporándolo a los componentes vivos del sistema (pasan por los distintos niveles tróficos). Cuando las plantas o animales mueren, se descomponen y liberan el fosforo contenido en la materia orgánica.

DIAGRAMA 1: FORMAS DE FOSFORO EN EL AGUA

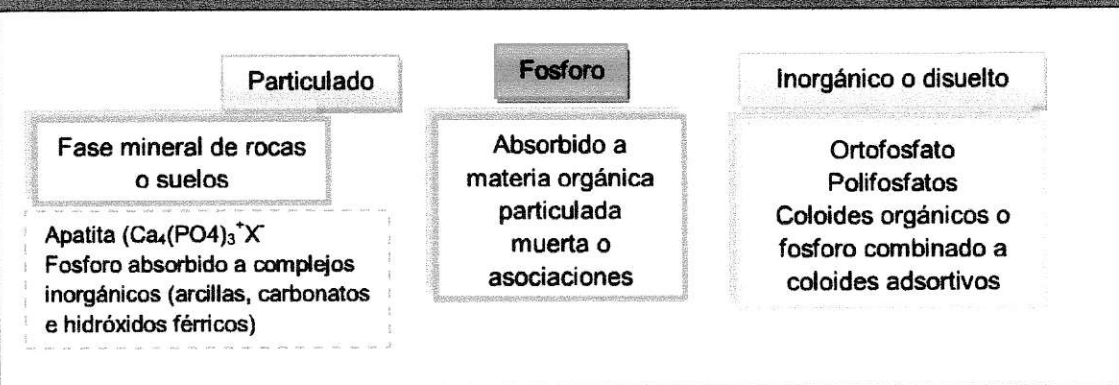
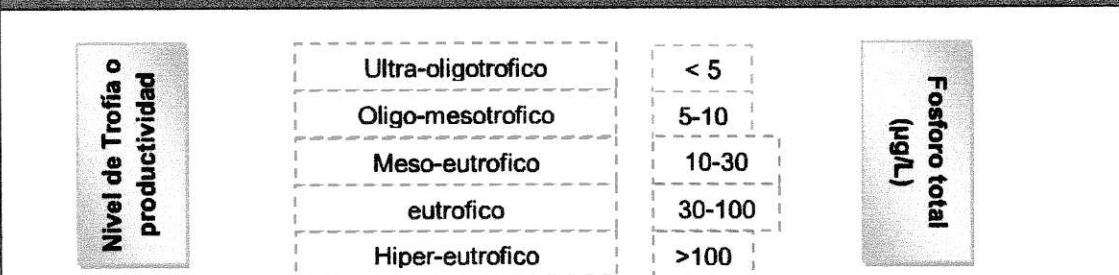


Diagrama 2: Niveles de productividad Fosforo



Fuente: Anónimo (nutrientes)

FORMAS Y PROCEDENCIA DEL FOSFORO EN AGUAS	
Fosfato	En general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Contribuye a la alcalinidad de las aguas. Es considerado un ácido débil.
Polifosfatos	Son originados principalmente de los detergentes sintéticos.
Ortofosfatos	Corresponden al fosforo inorgánico soluble y es la forma más significativa del fosforo en las aguas. Es la forma que se mide en el análisis del fosforo, ya que todas las formas que existen en la muestra deben pasar a ortofosfato para poder ser medido.
Fosfatos orgánicos	Su fuente principal son los procesos biológicos y se pueden generar a partir de ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos. Se puede distribuir dentro del material orgánico particulado (sestónico, 70%) y como fosforo disuelto y fosforo orgánico coloidal (30%)
Fosforo blanco	Forma de fosforo sumamente venenosa. Se utiliza en industrias para hacer otros productos químicos o cuando el ejército lo utiliza como munición.
REACCIONES Y CARACTERISTICAS QUÍMICAS EN EL AGUA:	
<p>El fosforo es muy reactivo y se oxida espontáneamente en contacto con el oxígeno, por ello no se encuentra en estado nativo.</p> <p>Los fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.</p> <p>El fosforo inorgánico influye en el transporte y retención de metales en el agua (en forma de iones), debido a la formación de complejos quelados y sales insolubles.</p>	
Complejos quelados y sales insolubles del fosforo con metales.	<p>Forma de entrada: fosfatos inorgánicos como: ortofosfatos, pirofosfatos, trifosfatos y aniones polifosfatos mayores.</p> <p>Factores forzantes: pH y la presencia de otros ligandos (SO_4^{-2}, carbohidratos, fluoruro, especies orgánicas). Ambientes oxidantes</p> <p>Reacción química:</p> <p>$\text{Fe}^{+3} + \text{PO}_4^{-3} \rightarrow \text{FePO}_4$ (mayor solubilidad a mayor pH)</p> <p>$4\text{Ca}^+ + \text{PO}_4^{-3} \rightarrow (\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3)^+\text{X}^-$ (pH alcalino) pp</p> <p>$(\text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3)^+\text{X}^- \rightarrow \text{CaCO}_3$ (pH alcalino) pp</p> <p>Metales que pueden reaccionar con fosfatos inorgánicos: Fe^{+3}, Mn, Zn^+, Cu^{+2} y Ca^+</p>

Absorción
a arcillas

Forma de entrada: fosfatos inorgánicos (aniones fosfatos y polifosfatos)
Factor forzante: pH (5-6)
Reacción química: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{PO}_4^{-2} \rightarrow$ zonas cargadas positivamente de la arcilla y se sustituye el silicato por fosfato.

RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

La forma comúnmente encontrada en las aguas es el fosfato, el cual es importante para el ser humano, al ser parte del ADN y ATP. Sin embargo, demasiado fosfato puede causar problemas a la salud, como daño a los riñones y osteoporosis. La forma peligrosa de fósforo corresponde al fósforo blanco, el cual es extremadamente venenoso y a veces su exposición es fatal.

Otras formas indirectas en las que se puede ver afectado el ser humano como consecuencia de la eutrofización de las aguas, son: disminución de la calidad del agua, impacto visual y estético, problemas en la navegación de las aguas.

RIESGO ECOSISTEMAS HÍDRICOS

Pese a que el fósforo blanco es sumamente venenoso, no es probable encontrarlo en las aguas, ya que reacciona rápidamente con el oxígeno. Sin embargo, en el fondo de los ríos y lagos puede permanecer miles de años.

En altas concentraciones de fósforo y nitrógeno en las aguas, pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática (organismos dependientes del fósforo como las algas), provocando eutrofización de las aguas. Dichos organismos demandan grandes cantidades de oxígeno además de prevenir la entrada de la luz a las capas más profundas. Estas condiciones provocan que el ambiente no sea adecuado para la vida de otros organismos acuáticos como los peces.

CONCLUSIONES:

El pH afecta en la distribución de fósforo en las aguas y en la formación de complejos con metales. A elevados pH y concentraciones de calcio se forma la apatita

Es importante considerar que en el análisis de fósforo, lo que se determina es el ortofosfato, por tanto a la muestra es necesario realizar una digestión para transformar todas las formas de fósforo existentes en el agua, a ortofosfatos que es el que reacciona por colorimetría con el molibdeno.

Si se desea interpretar la presencia de fosfatos en las aguas, se recomienda realizar una diferenciación analítica de las especies químicas que puedan existir en ellas.

El fósforo blanco puede ser encontrado en las aguas superficiales cercanas a las industrias que lo utilizan en sus procesos, sin embargo es muy reactivo, oxidándose rápidamente, por lo que no se suele encontrar en las aguas, si en los sedimentos.

La concentración de fósforo en las aguas puede variar dependiendo de la estructura geoquímica de la región. Las concentraciones de fósforo son generalmente menores en regiones montañosas de geomorfología cristalina y aumenta aguas abajo derivadas de depósitos rocosos sedimentarios. Lagos ricos en materia orgánica, tales como pantanos y ciénagas tienden a exhibir concentraciones de fósforo más altas, ya que el ortofosfato se une a la materia orgánica formando fosfatos orgánicos y constituyentes celulares en la materia particulada (MO) viva del sestón o asociado en varias formas a materiales inorgánicos y MO particulada muerta. (1)

La concentración de fósforo depende de la concentración de oxígeno que exista en las aguas, por tanto en lagos que presentan estratificación la concentración de fósforo variará de acuerdo a la profundidad.

RECOMENDACIONES	
NORMAS PRIMARIAS	No es un parámetro que afecte directamente la salud de las personas, por tanto no es necesario que sea medido o considerado en las normas de calidad primaria.
NORMAS SECUNDARIAS	El fosforo es un parámetro que debe ser medido en las normas secundarias para lagos, debido a los problemas de eutroficación de las aguas. Los sistemas lenticos en los que el movimiento de las aguas es menor, se tienden a concentrar los nutrientes por tanto existe mayor probabilidad de que exista un crecimiento excesivo de algas (eutroficación). En sistemas lóticos como los ríos existe mayor flujo por tanto no debiesen existir altas concentraciones de fosforo en las aguas. Se recomienda medir fosforo en su forma total y en su forma soluble, ya que son las dos formas más importantes para en las actividades metabólicas que se producen en los lagos.
NORMAS DE EMISION	Debe ser medido en los residuos líquidos emitidos a los cuerpos de agua, ya que altas concentraciones pueden significar problemas de eutroficación de las aguas. En el caso de que la industria debe cumplir con el DS 609, se debe medir el fosforo total, ya que en los sistemas de tratamiento de aguas, un exceso de nutrientes puede afectar a los microorganismos utilizados en los procesos.

III. DISCUSIONES

En el transcurso del presente seminario se han descrito los diferentes parámetros existentes en las normas chilenas referentes a aguas. Dentro de este estudio se han podido apreciar ciertas características y falencias que son necesarias de estudiar y analizar en el proceso de revisión de cada norma en particular.

Para las normas de calidad primaria, específicamente el DS 143/2008, se puede observar una cierta tendencia al análisis de parámetros orgánicos que provienen principalmente de la agricultura (uso de fertilizantes). En el caso de los metales, se miden principalmente metales pesados, ya que son los más tóxicos para el hombre y en el caso de los parámetros inorgánicos, se norma solo el cianuro, debido a su efecto en la salud de las personas.

Para el DS 144/2008 que protege las aguas marinas y estuarinas que son aptas para las actividades de recreación con contacto directo, se miden principalmente metales pesados, como también el color y el pH, dos parámetros que podrían afectar a la salud de las personas de manera indirecta, pudiendo ser o no perjudiciales para ellos, ambos considerados parámetros fundamentales que no pueden faltar al momento de caracterizar un cuerpo de agua.

Otras de las observaciones que se pueden obtener en el análisis de las tablas, es que existen cuatro parámetros orgánicos que son exigidos en el DS 144/2008 y que se encuentran prohibidos por el SAG, como el aldrín, dieldrín, heptacloro y lindano, plaguicidas que son muy peligrosos para la salud de las personas pero que aún siguen existiendo en las aguas, porque persisten en el medio ambiente (no son biodegradables) y son persistentes.

Norma de Calidad Primaria	
DS 143/2008	DS144/2008
Aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.	
Aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo.	
Color	Acido 2,4 diclorofenoxiacetico (2,4 D)
pH	Aldrin * y Dieldrin *
Cianuro	Atrazina Carbofurano Clordano
Bifenilos policlorados (PCBs)	Clorotalonil Cyanazina Heptaclor *
Diclorometano	Lindano * Simazina Trifluralina
Benzo(a)pireno	Arsénico Cadmio Cromo Mercurio Plomo
Tetracloruro de carbono	Coliformes fecales
	Color pH
	Cianuro
	Arsénico Cadmio Cromo Mercurio Plomo
	Coliformes fecales

Para las normas secundarias de calidad ambiental, se debe considerar que en la actualidad existen solo tres normas en ejecución: la cuenca del Rio Serrano, DS 75/2009) que presenta aguas de excelente calidad, el DS 122/2009 del Lago Llanquihue, que posee aguas limpias y bajas en nutrientes causantes de la eutroficación de las aguas y actualmente el DS 19/2013 del Lago Villarrica, quien ha aumentado su nivel trófico de manera acelerada. Además, existen como anteproyectos una serie de cuencas que han sido consideradas de importancia y que fueron seleccionados según las cuencas prioritarias que se eligen de acuerdo al régimen que presentan (permanente) y son significativamente importantes a nivel regional. Para la cuarta región se comenzó con la cuenca del Huasco, en la Región Metropolitana la cuenca del rio Maipo-Mapocho, la octava región con la cuenca del rio Biobío y la décima región con la cuenca del río Valdivia.

Por otra parte, es importante destacar la gran falencia que posee el proceso de dictación de normas, ya que las concentraciones que serán normadas por cada parámetro ambiental, dependerá de la estadística que se encuentre en el sistema. Si no existen los datos suficientes para establecer una estadística de las concentraciones que han existido a lo largo de los años en la cuenca, simplemente no se mide tal parámetro en la norma, siendo esta característica un tema de importancia que debe ser analizado, ya que no se pueden dejar afuera parámetros tan importantes como por ejemplo el mercurio en el anteproyecto Maipo-Mapocho u otros tipos de parámetros que son tóxicos y que se dejan fuera de la normativa por falta de datos. En este punto, es importante destacar que en las normas secundarias de calidad no se miden parámetros orgánicos que son tóxicos, bioacumulables y que persisten en el medio ambiente, por falta de información que permita establecer una concentración a normar.

Por otra parte, al estudiar las diferentes normas y anteproyectos de normas de calidad secundaria, se observan marcadas diferencias en las concentraciones de parámetros, como sales y metales, que dependerán de las características geográficas, geológicas, climáticas, hidrológicas, etc. que condicionan la calidad de las aguas de cada cuenca. Además, se puede observar que en los ríos se norman por lo general parámetros fisicoquímicos, metales e inorgánicos, y en los Lagos, fisicoquímicos y nutrientes que determinan la calidad del agua en cuanto a la eutrofización.

Finalmente, al realizar comparaciones con las normas internacionales, se puede apreciar que en ellas no se realiza un monitoreo por área de vigilancia, sino que se mide la misma calidad en todo el cuerpo de agua. En Chile, las normas secundarias existentes miden diferentes concentraciones en diversas áreas de vigilancia ubicadas a lo largo del cauce. Esta característica hace posible poder diferenciar qué áreas son

las que están recibiendo mayor aporte de contaminantes, y por tanto a la hora de realizar la revisión de las normas, se puede enfocar en aquellas áreas, el estudio y análisis de las concentraciones de un parámetro en particular.

A continuación se realiza una comparación entre normas chilenas e internacionales de los parámetros más importantes y que son repetitivas en todas las normas y anteproyectos en estudio.

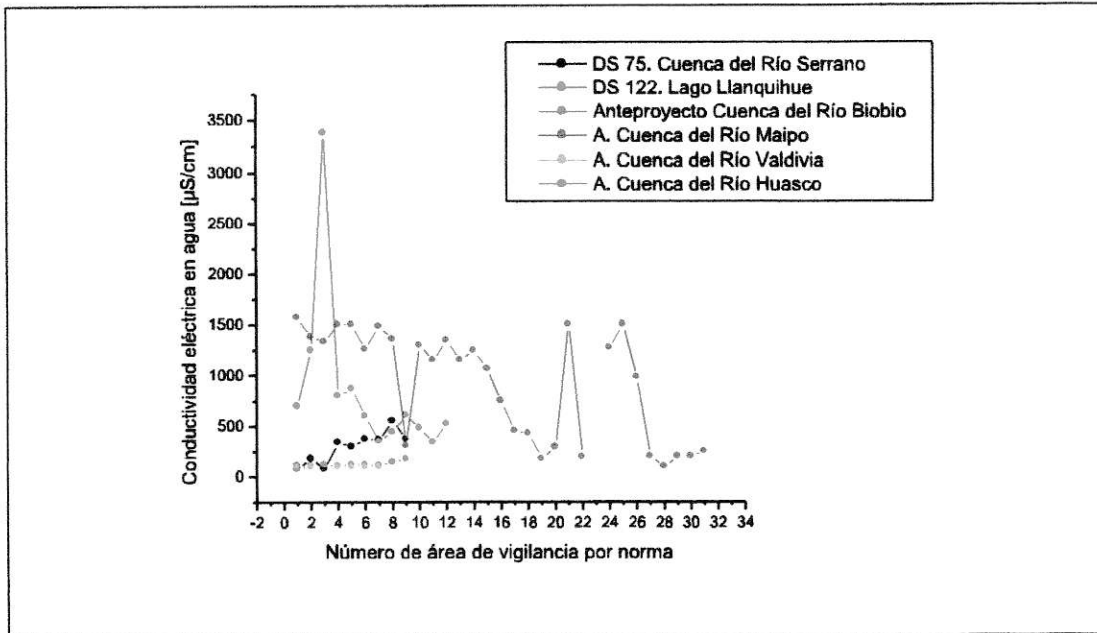
- Conductividad eléctrica:

De la figura 9, se puede observar la diferencia en salinidad que existe entre los diferentes cuerpos de aguas. Se aprecia que las cuencas del Maipo y Huasco, presentan los mayores valores de conductividad eléctrica. Esto se debe a que la primera cuenca tiene una gran población que aumenta los niveles de sales en las aguas y en la cuenca del Huasco se debe a la geología y geografía de la cuenca. En cuanto a los cauces que presentan los niveles más bajos de sales en sus aguas, corresponde a la cuenca del Río Valdivia, Biobío, Serrano y Lago Llanquihue.

Otra de las observaciones es la falta de datos o estadística que existe en este parámetro en la cuenca del Río Maipo y el Lago Llanquihue, ya que hay áreas de vigilancia que no poseen valor normado, por lo que dicha área no tiene estadística de la conductividad.

Finalmente, se debe prestar atención a la conductividad medida en el área de vigilancia N°3 de la cuenca de Huasco, ya que es un valor que no tiene la misma tendencia que el resto de las áreas.

Figura 9: Comparación de conductividad eléctrica medida en normas nacionales.



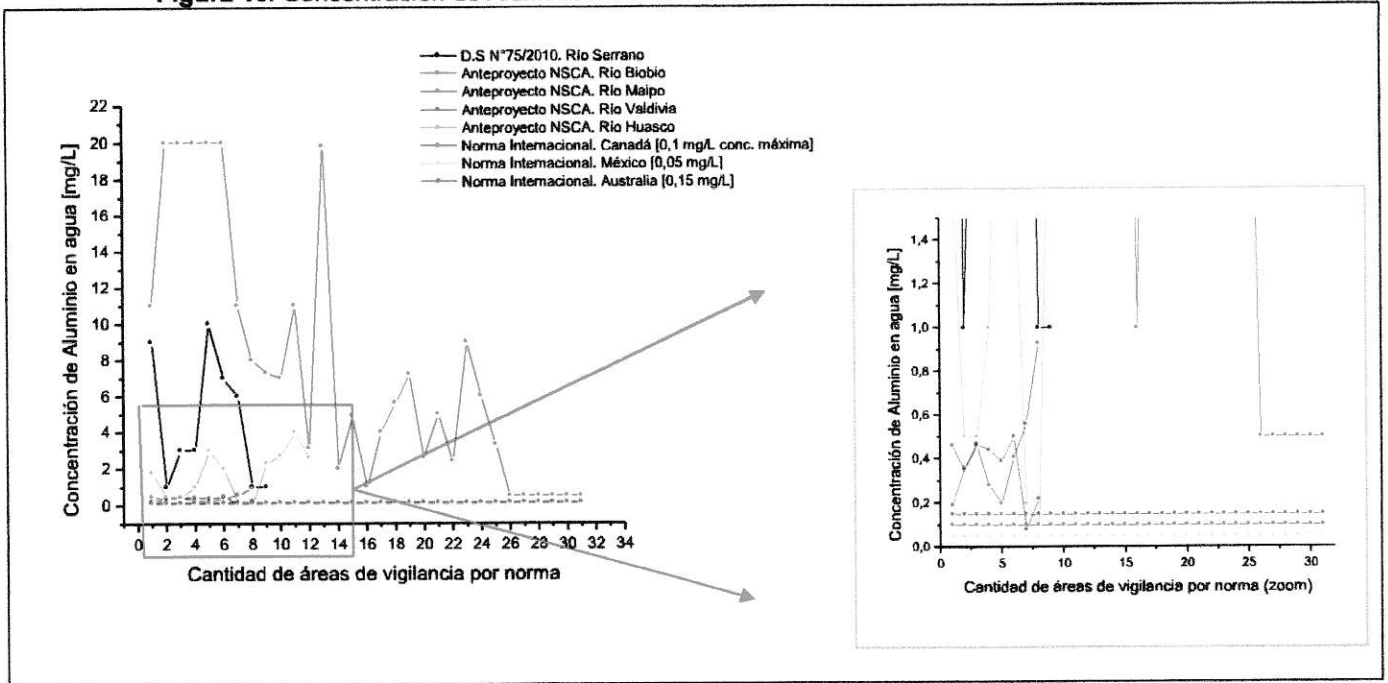
- Concentración de aluminio (Al) en agua:

De la figura 10, se puede apreciar que los valores existentes en las normas internacionales usadas para esta comparación, son mucho más estrictas que las normas chilenas. Esto puede deberse a la metodología utilizada para el análisis de aluminio en agua, ya que si se agrega ácido a la muestra, las especies hidroxiladas de aluminio se disuelven, aumentando la concentración de este metal en agua.

Se recomienda también, poner atención en la forma soluble de aluminio (Al^{+3}), el cual es altamente tóxico para los peces.

Se observa que las mayores concentraciones de aluminio se encuentran en la cuenca del Maipo y el Río Serrano, disminuyendo en la Cuenca del Río Valdivia y Biobío.

Figura 10: Concentración de Aluminio medida en normas nacionales e internacionales

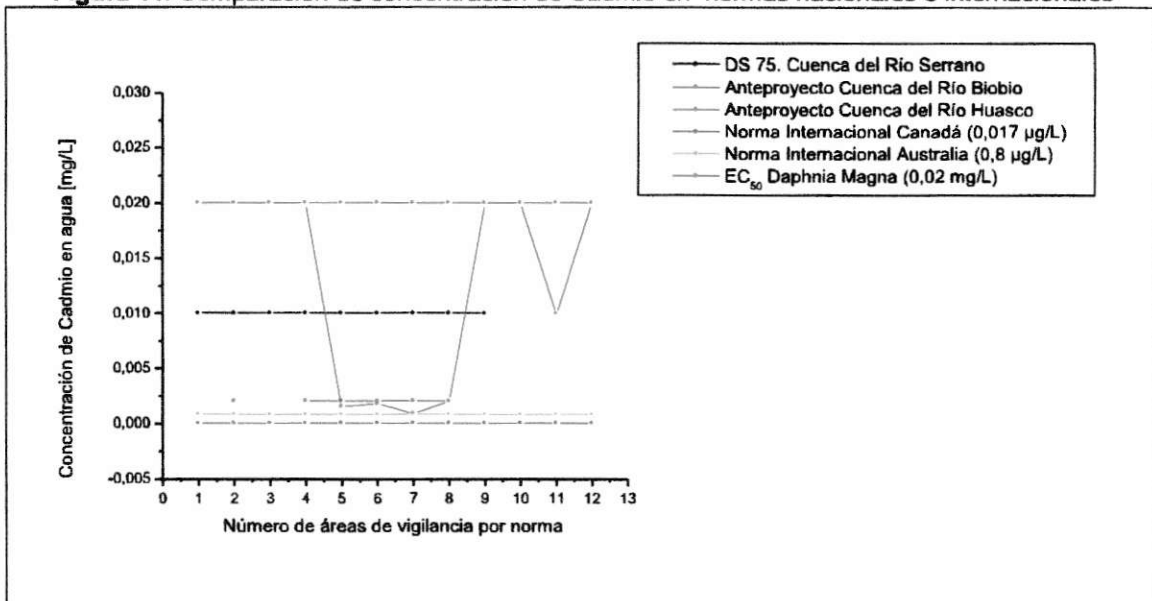


- Concentración de cadmio en agua:

El cadmio es considerado un metal pesado, por lo que su medición es importante tanto para la salud de las personas como en los ecosistemas hídricos. Por tanto, es un parámetro que debe ser medido en todas las normas de calidad secundaria. Sin embargo, pese a su importancia solo es medido en tres normas, correspondientes a la cuenca de río Serrano, Biobío y Huasco.

A continuación se observa un gráfico comparativo, que permite estudiar las concentraciones que son medidas en las normas mencionadas y son comparadas con normas de referencia, además del EC50 para la daphnia magna, utilizada como bioensayo.

Figura 11: Comparación de concentración de Cadmio en normas nacionales e internacionales



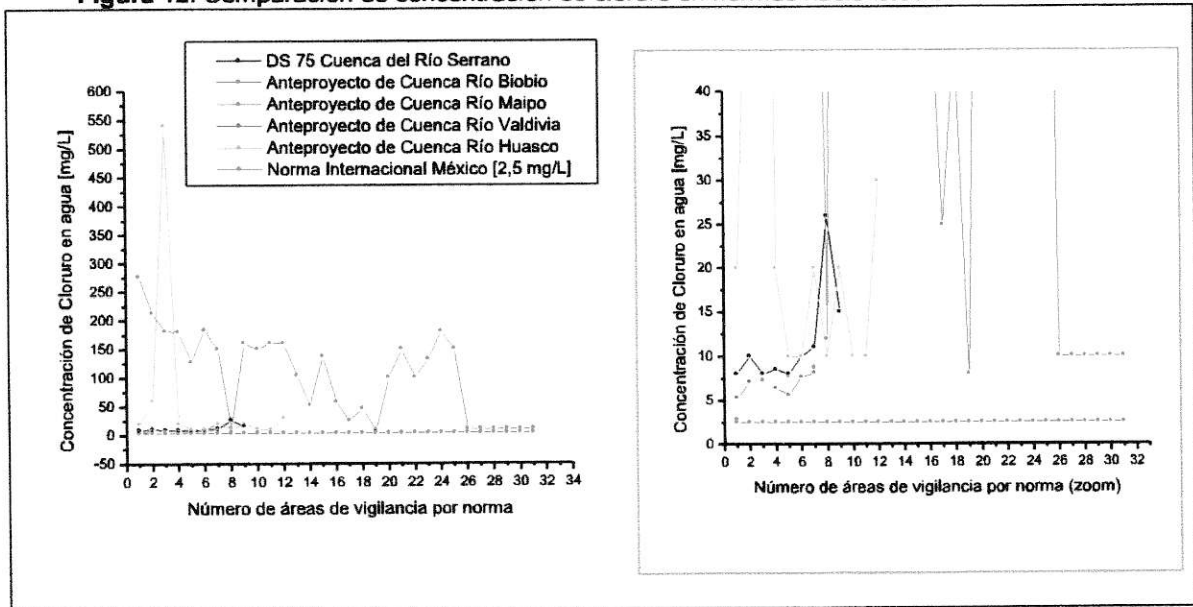
En la figura 11, se puede observar que los límites establecidos en las normativas tanto nacionales como internacionales, están bajo el EC 50 para la Daphnia Magna, por lo que las concentraciones normadas no deberían afectar los ecosistemas acuáticos. Además se observa que los países usados como referencia son mucho más estrictos que las normas chilenas.

Otra de las observaciones a tomar en cuenta es que las normas internacionales se caracterizan por normar la misma concentración en toda la cuenca, sucediendo lo mismo para la cuenca del río Serrano y Biobío. En cambio, la norma de la cuenca del Río Huasco, propone medir diferentes concentraciones a lo largo de la cuenca, teniendo unos peak muy altos en ciertas áreas de vigilancia, lo que puede deberse a las presiones existentes en esas áreas. Se recomienda leer el Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Huasco.

- Concentración de cloruro en agua:

Este parámetro presenta la misma tendencia que la conductividad eléctrica, ya que las mayores concentraciones se encuentran en la cuenca del Río Maipo y el Río Huasco. Esta última, presenta un peak en el área de vigilancia tres al igual que la conductividad eléctrica. Se debe estudiar la naturaleza de los terrenos que interfieren en dicha zona. Otra de las observaciones que se vuelven a repetir al igual que otros parámetros, es que la norma de la Cuenca del Río Biobío y Valdivia, no tienen concentración normada en todas las áreas de vigilancia, lo cual se puede deber a la falta de información.

Figura 12: Comparación de concentración de cloruro en normas nacionales e internacionales



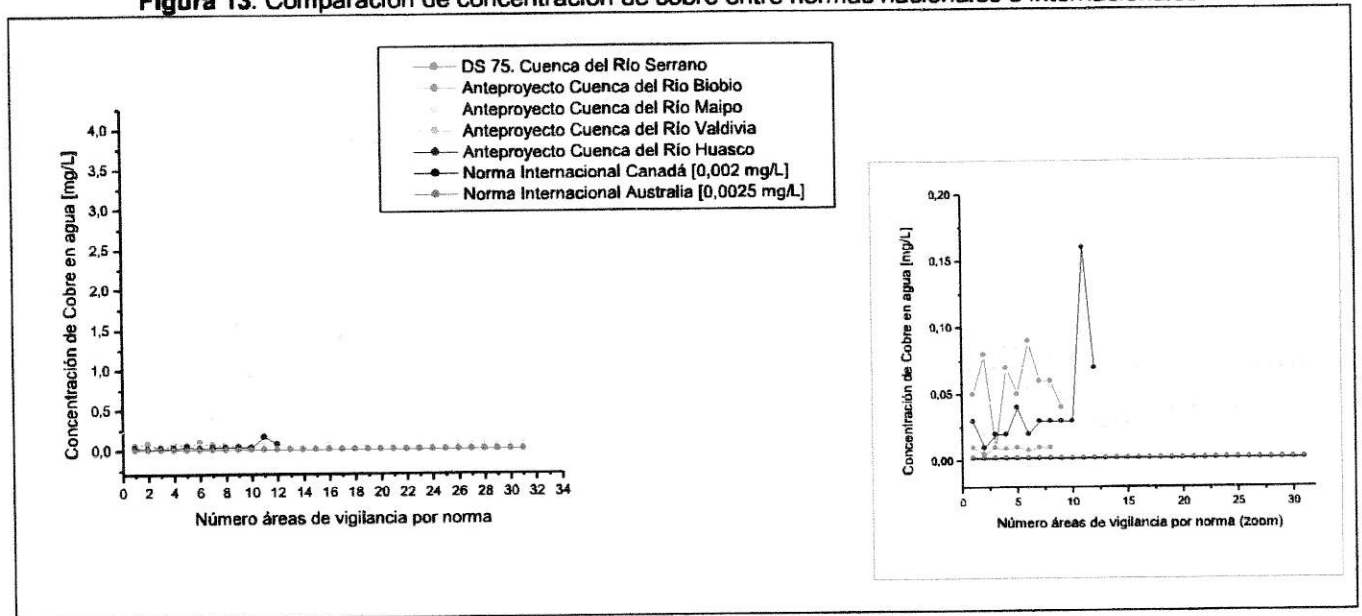
- Concentración de cobre en agua

En general, las concentraciones de cobre en agua son bajas a excepción de la norma del Río Maipo, que presenta las mayores concentraciones. Se observan particularmente dos peak muy altos que corresponden a las áreas de vigilancia 9 y 18. Para conocer las características y actividades de la cuenca, se recomienda leer el

Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del Río Maipo. El resto de las cuencas presentan concentraciones muy bajas de cobre en agua, sin embargo son mayores que las normadas en Australia y Canadá.

En la Cuenca del Maipo sigue existiendo falta de antecedentes en cuanto a las concentraciones de algunos parámetros, por lo que tampoco el cobre es normado en el área de vigilancia número 20.

Figura 13: Comparación de concentración de cobre entre normas nacionales e internacionales



- Concentración de Cromo total en agua:

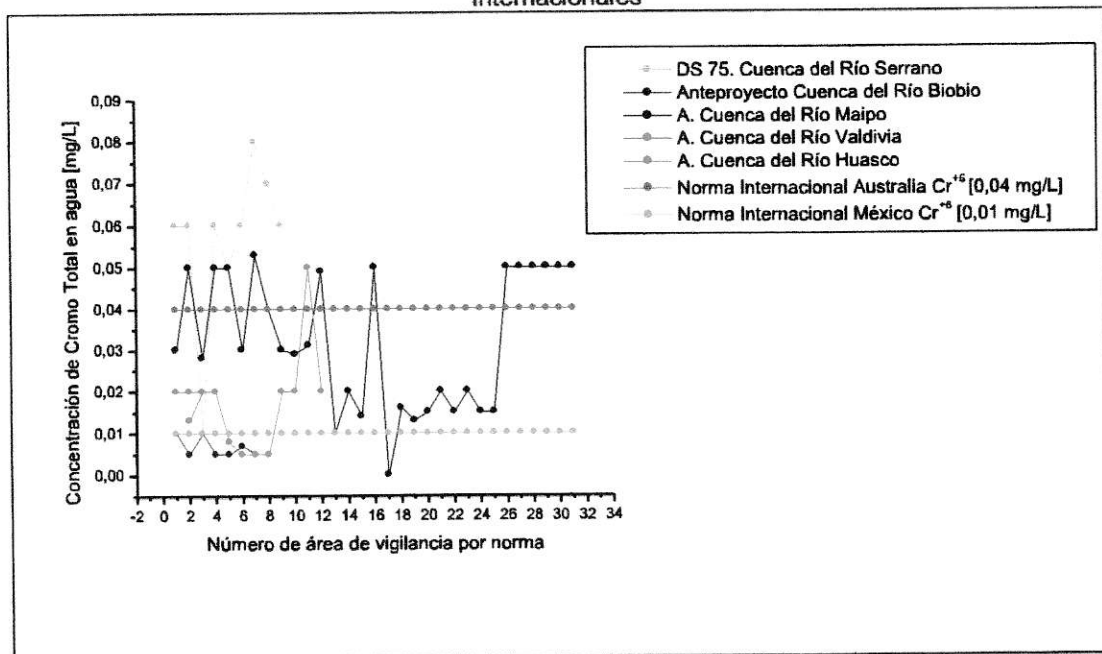
En el caso del cromo, existen notables variaciones entre las diferentes normas. Como se puede apreciar en la figura 14, las concentraciones más bajas se encuentran en la cuenca del Río Biobío, seguido de la cuenca del río Valdivia. Por su parte, Huasco, Maipo y Serrano presentan las concentraciones más altas, incluso mayores que las concentraciones establecidas en México. Las concentraciones de las 3 normas

nombradas anteriormente, se encuentran dentro del promedio de las establecidas por Australia.

Sin embargo, lo importante es notar que tanto México como Australia, no norman la concentración de Cromo total, sino más bien lo hacen con el cromo hexavalente, que es la forma toxica de este metal en las aguas. Por ello, es importante que al igual que las normas de emisión, se mida el Cr^{+6} , para conocer con certeza la concentración que afecta a los ecosistemas acuáticos.

Finalmente, notar que en Valdivia de las 8 áreas de vigilancia que se encuentran a lo largo del cauce, solo 2 de estas miden la concentración de cromo en las aguas, por lo que nuevamente se encuentra el problema de no incorporar en la norma por falta de antecedentes que permitan establecer la concentración más adecuada.

Figura 14: Comparación de concentración de cromo total entre normas nacionales e internacionales

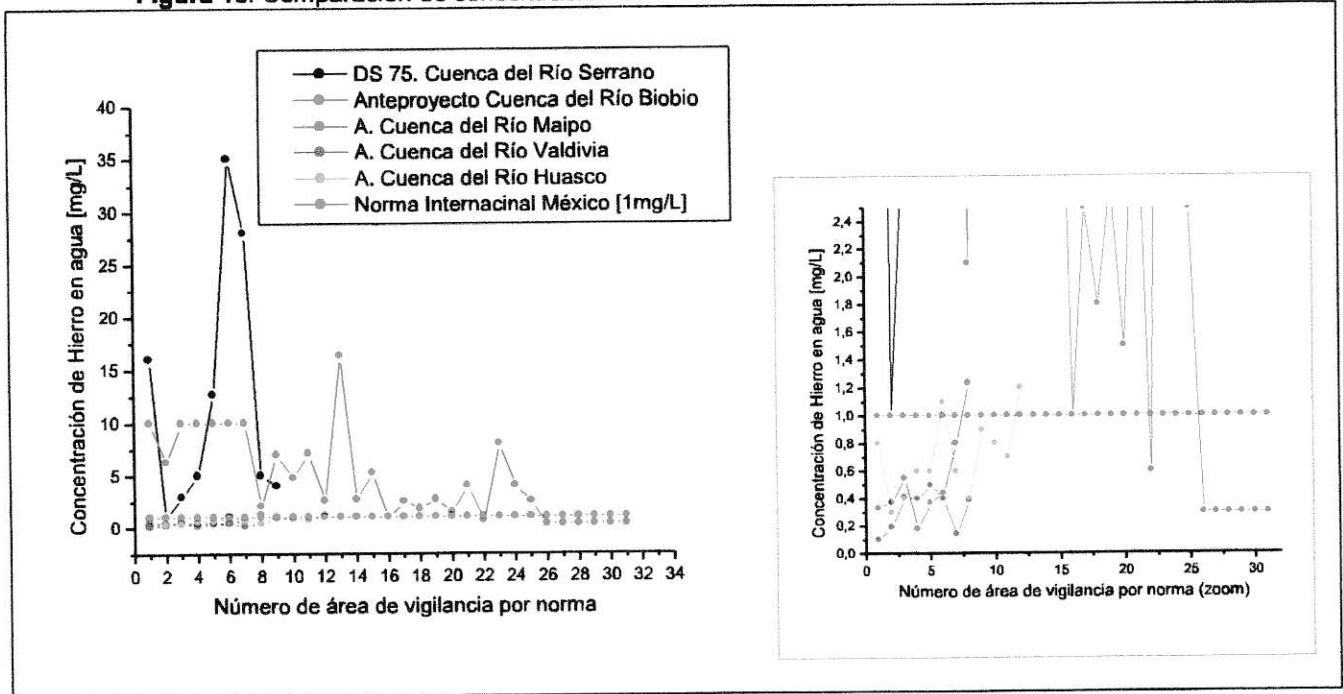


- Concentración de hierro en agua:

De la figura 15, se puede apreciar que dos de las normas nacionales están sobre la norma mexicana, las que corresponden a la cuenca del Serrano y del Maipo. Para la cuenca del Valdivia, Biobío y Huasco, las concentraciones normadas son mucho menores, encontrándose bajo el miligramo por litro normado por México. Es importante recordar, que la concentración de Hierro en agua depende del pH del sistema, ya que a pH neutro en que generalmente se encuentran las aguas, el hierro debiese estar mayoritariamente en la forma de hidróxido el cual tiende a precipitar, por lo que la concentración en agua debiese ser mucho menor y aumentar en los sedimentos. Por tanto, la diferencia que puede existir entre ambos grupos de normas (Serrano y Maipo, versus las normas restantes) se puede deber tanto al pH del agua como la composición de los terrenos o actividades industriales (presiones) que existen en ambas cuencas.

Se recomienda en el anteproyecto del Biobío estudiar el área de vigilancia número seis, ya que el peak que se observa en la gráfica es muy superior al resto de las concentraciones normadas.

Figura 15: Comparación de concentración de hierro entre normas nacionales e internacionales



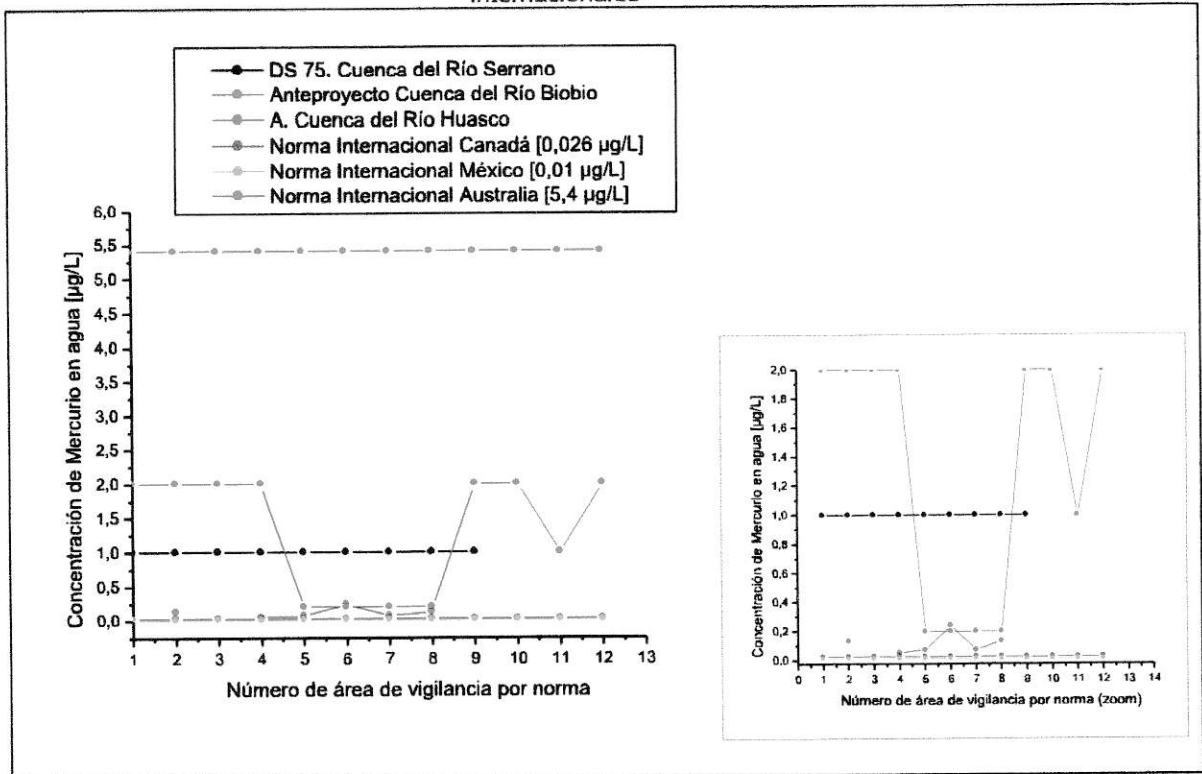
- Concentración de mercurio en agua:

Pese a la toxicidad del mercurio para los ecosistemas acuáticos, este es medido solo en 3 normas (Serrano, Biobío y Huasco), lo que resulta poco beneficioso para los ecosistemas acuáticos y otros tipos de usos que se dan a las aguas en cada cuenca en particular, como es el caso de la cuenca del Maipo que en un principio tenía incorporado este metal pesado en las mediciones, pero luego de unos meses de estudio este fue eliminado de la tabla de parámetros a normar.

De las 3 normas que miden este metal en las aguas, todas se encuentran sobre las concentraciones medidas en Canadá y México. Las concentraciones establecidas en la norma Australiana son mucho mayores que las 5 nombradas anteriormente.

Notar además que en la cuenca del Río Serrano, se mide la misma concentración a lo largo de todo el cauce, al igual que en las normas internacionales.

Figura 16: Comparación de concentración de Mercurio entre normas nacionales e internacionales

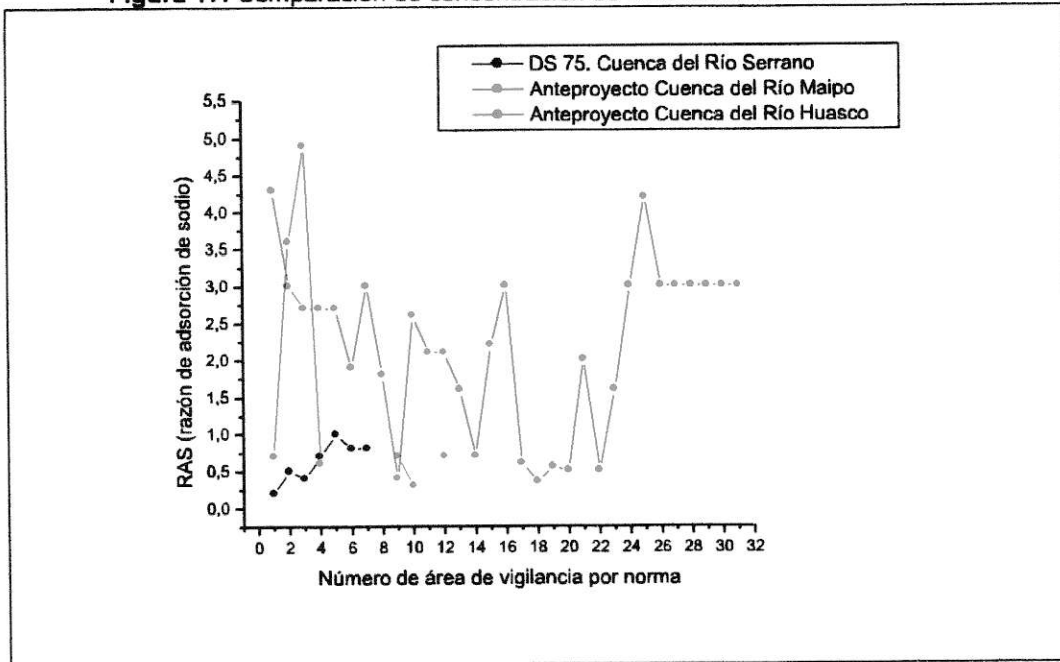


- RAS: Razón de adsorción de sodio

Primero, es importante destacar que en la medición del RAS se incorporan a 3 tipos de cationes: calcio, magnesio y sodio, por lo que si este es medido en las normas, no es necesario realizar una medición por separado de los 3 cationes.

Se observa que en la norma del río Valdivia, se analizan los 3 cationes por separado, lo que no es de importancia a nivel ecosistémico, ya que son metales esenciales para los organismos, por lo que se medición no es la adecuada. El RAS es importante para cuando se da el uso de regadío, ya que este parámetro se relaciona con el intercambio de estos cationes en los suelos, donde altos niveles de este pueden otorgar inestabilidad a la estructura de los suelos agrícolas.

Figura 17: Comparación de concentración de RAS entre normas nacionales



Finalmente, para las normas de emisión en general no se presentan problemas, solo pequeños detalles en los que se miden parámetros en las formas que no son importantes o las adecuadas para la protección de la salud de las personas o ecosistemas acuáticos, ya que pese a ser normas de emisión se debe recordar que dichos compuestos, elementos o sustancias serán vertidos a los cauces que luego deberán cumplir con las normas primarias o secundarias, para la protección de la salud de las personas, ecosistemas acuáticos, aguas para regadío, para las que serán utilizadas a nivel industrial, para uso de agua potable, entre muchas otras actividades y usos que se dan a este recurso, por ello se dice que este tipo de normativa solo es utilizada de manera preventiva, con el fin de no afectar las actividades nombradas anteriormente.

IV. CONCLUSION

Se desprende de los resultados del Seminario, que la normativa ambiental chilena referente a aguas se encuentra bien estructurada, ya que existen 3 tipos de normativas se protegen por un lado la salud de las personas con las Normas Primarias de Calidad ambiental, a los ecosistemas acuáticos con las Normas Secundarias y a las actividades económicas con las Normas de Emisión.

Sin embargo, al ser un tema reciente sobre todo en las normas de calidad secundarias, se necesita realizar modificaciones importantes, ya que al ser un tema nuevo en la legislación ambiental, se tiende a errar en la medición de parámetros que no son los adecuados o se privilegia la economía antes que la salud de los ecosistemas acuáticos, normando concentraciones que no son las más adecuadas, como en el caso de los metales pesados que norman concentraciones que pueden ser perjudiciales para los ecosistemas.

Para las normas primarias, que protegen la salud de las personas se norman mayoritariamente parámetros orgánicos y metales pesados, debido al riesgo que provocan en la salud de estos, ya que muchos metales y pesticidas, tienen la capacidad de bioacumularse y presentar altas toxicidades perjudiciales para el ser humano.

Para las normas de calidad secundarias que son las de mayor estudio en este seminario, es importante destacar que las mediciones de las concentraciones de los parámetros se realizan por áreas de vigilancia, a diferencia de otros países que establecen la misma concentración a lo largo del cauce. Esto otorga una ventaja a la hora de entrar al proceso de revisión de las normas que se realiza cada 5 años, ya que de acuerdo a la presiones que puedan existir en cada área, se puede realizar

modificaciones fácilmente y medir la concentración más adecuada en ese sector, tomando en cuenta las presiones y factores como la geología, geografía, clima, hidrología, etc. de cada cuenca en particular. Por tanto, al dictar las normas secundarias de calidad por áreas de vigilancia, se fija el parámetro a medir y su concentración que debe ser normada, se basa en la calidad natural y otros criterios sitio-específicos, por lo que cada cuenca deberá tener su propia norma con cantidad y concentración de parámetros diferentes. En ella se elegirán de acuerdo a las condiciones fisicoquímicas en las que se encuentran los diferentes parámetros, ya que de ella dependerá su biodisponibilidad, la toxicidad y/o la existencia de recursos hídricos con características únicas, escasas y representativas.

Es muy importante conocer la química de un sistema hídrico, ya que muchos de los procesos que en ellos ocurren, se deben a las condiciones fisicoquímicas que estos presentan. Por ello, en el presente seminario se estudió la fisicoquímica de los diferentes parámetros medidos en las normas, con la finalidad de evaluar su pertinencia. Esto se realizó mediante gráficas y fichas técnicas que permitieron darnos cuenta de la forma más importante que debe ser medida, además de poder establecer la existencia de ciertos parámetros que están mal medidos en su forma y concentración (ver fichas técnicas).

Además, gracias a la confección de estas fichas se pudo establecer una serie de parámetros considerados fundamentales, en el que pequeñas variaciones en ellos pueden causar serios daños para la salud de las personas, ecosistemas acuáticos o actividades económicas. Por tanto, son considerados parámetros fundamentales y que regulan las condiciones del sistema:

- El pH, ya que una variación en este parámetro puede provocar la disolución de compuestos que pueden ser peligrosos y aumentar la solubilidad de los metales disueltos, entre otros efectos.
- Conductividad eléctrica, que indica la cantidad de sales que pueden haber en el sistema y por tanto, un aumento en esta provoca cambios químicos en el sistema, ya que aumenta la cantidad de iones que pueden reaccionar con otros compuestos como los metales.
- El potencial de oxidación también es importante que sea medido, ya que un incremento del Eh genera la inestabilidad de los compuestos reducidos, poniendo el metal en solución. Recordar que la química de muchos metales incluyendo los metales pesados, dependen del pH y del potencial redox, por tanto la liberación de formas tóxicas para los organismos dependerá de estos 2 factores.
- Oxígeno disuelto, es uno de los parámetros más importantes en un sistema hídrico, ya que variaciones en su concentración puede provocar la muerte de muchos organismos acuáticos y afectar la calidad de las aguas.
- Temperatura, primero porque es importante para mantener la vida de los organismos y segundo porque interfiere en la cinética de las reacciones fisicoquímicas.

Por otro lado, es posible establecer parámetros que sirven como alerta temprana, ya que pequeñas variaciones en la concentración de ellos, indican cambios en el sistema. Entre estos se encuentran el pH, color, olor, conductividad y oxígeno disuelto. Para las normas de lagos o sistemas lenticos, también es importante medir la clorofila a y

silice que servirán como indicadores de la cantidad de nutrientes que provoca el problema de eutroficación de las aguas.

Si bien es necesario contar con parámetros que indiquen la ocurrencia de un cambio en la calidad del agua, se requiere que estos se midan constantemente, ya que actualmente son analizados solo 4 veces al año, lo que genera información errónea o no representativa. Por ello, para este tipo de parámetros, debe existir un monitoreo continuo, ya que solo así los datos serán representativos de los cambios que están sucediendo en el sistema.

Es necesario encontrar una nueva metodología de medición y registro de datos de calidad de agua, ya que por falta de ellos se dejan fuera compuestos que son muy importantes, como es el caso del mercurio en la norma de la cuenca del Maipo o compuestos orgánicos que son tóxicos, persistentes y bioacumulables, y que no se establecen en las normas de calidad secundarias.

Se deben realizar estudios de concentración de contaminantes, especialmente metales en el sedimento, ya que de acuerdo al pH pueden existir mayores concentraciones en los sedimentos, pero pequeños cambios de pH pueden provocar liberación a las aguas, provocando graves daños en los ecosistemas.

V. REFERENCIAS

- Albert, L. 1997. Capítulo 14: El cromo. En: Palacios A. y L. América (eds.). Introducción a la toxicología ambiental. pp. 227-246.
- Andrade H. y col, 2009. Revisión guía CONAMA para el establecimiento de las normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y marinas. NUMERO DE ADQUISICION: 1588-93-LE08
- Badii M. y col., 2006. "Efecto de los Plaguicidas en la Fauna Silvestre". Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. CULCYT. Año 3, No. 14-15.
- Boening, D. y Chew, C. 1997. A critical review: general toxicity and environmental fate of three aqueous cyanide ions and associated ligands. Water Air and Soil Pollution (Impact Factor: 1.75). 12/1998; 109(1):67-79.
- Bruland K y col. (1978) cadmium in the northeast Pacific waters. Limnology and Oceanography 23: 618-625.
- CCOHS (Canadian Centre for Occupational Health and Safety) 1996.
- Chang R. Química. Editorial McGraw-Hill. Cuarta Edición. México. 1992.
- Chile. Ministerio de Medio Ambiente (www.mma.gob.cl). 2011
- Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Biobío.
- Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Huasco.
- Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Maipo.

- Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Valdivia.
- Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Ley N°19.300 modificada. Ley sobre bases generales del Medio Ambiente.
- Chile. Servicio Agrícola y Ganadero y Universidad de Chile (2005). Criterios de calidad de suelos y de aguas o efluentes tratados para uso en riego. Informe Final. Recuperado de http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf
- Cortes I. (2010) Clase: Contaminación de las aguas. Contaminación física [diapositiva de PowerPoint] Santiago, Chile.
- Cortes I. (2010) Glosario: Vocabulario ilustrado de la calidad del agua, basado en la NCh.410/96. p. 170
- Cortes, I. y Montalvo, S. (2010). Aguas: Calidad y contaminación. 1ª Edición, Chile.
- Criteria Document: Hydrogen Cyanide and Cyanide Salts p.190 (1976) NIOSH (United States National Institute for Occupational Safety and Health)
- Decreto Supremo N°122/2010. Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue.
- Decreto Supremo N°143/2009. Normas de calidad primaria para la protección de las aguas continentales superficiales aptas para actividades de recreación con contacto directo.

- Decreto Supremo N°144/2009. Normas de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas aptas para actividades de recreación con contacto directo.
- Decreto Supremo N°3/2011. Reglamento orgánico.
- Decreto Supremo N°46/2003. Norma de Emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.
- Decreto Supremo N°609/1998. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales a sistemas de alcantarillado.
- Decreto Supremo N°75/2010. Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Serrano.
- Decreto Supremo N°90/2001. Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.
- Ecotoxicology & Environmental Safety 49(3):255-261, 2001 Jul
- Elika, Fundación Vasca para la seguridad agroalimentaria. 2008. Aldrín y dieldrin, Recuperado de http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento5/aldr%C3%ADn%20dieldr%C3%ADn%20web.pdf
- Emsley J., 2003. Nature's Building Blocks – An A-Z guide to the elements. Reprinted with corrections. Oxford, Oxford University Press.
- European Commission Health & Consumer Protection Director-General. Review report for the active substance 2,4-D 7599/VI/97-final 1 October 2001

- Fernández, M. 2009. Estudio del comportamiento fotoquímico y determinación de compuestos fitosanitarios en matrices medioambientales y agroalimentarias mediante técnicas avanzadas de extracción y microextracción. Recuperado del sitio web del repositorio institucional de la Universidad de Santiago de la Compostela, de
https://dspace.usc.es/bitstream/10347/2586/1/9788498872484_content.pdf
- Ficha de seguridad del Clorotalonil. 2009. Recuperado de
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0134.pdf>
- Ficha técnica Carborurano. Red de acción en plaguicida y sus alternativas de América Latina (RAP-AL)
- Greenwood y Earnshaw. 1997. Química de los elementos (Chemistry of the Elements)
- Guías para la calidad del agua potable PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN. Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud
- Alvarado H., Efecto de tres concentraciones de calcio en el agua sobre algunos parámetros hematológicos de la trucha arco iris. *Investigador. FONAIAP. Centro de Investigaciones del Estado Táchira (1996). Consultado [en línea]:
- HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL (MSDS): Sulfuro de hidrógeno
- Hoja de seguridad Furadan 48F. FMC Latinoamericana S.A
- Iannacone J. y col. 2011. Evaluación del riesgo ambiental del carbofurano en bioensayos con organismos no blanco. *versión* ISSN 1851-3743 Acta toxicol. argent. vol.19 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires ene./jun. 2011
- Journal of Toxicology & Environmental Health. Part A. 65(2): 149-163, 2002 Jan 25.

- Kemmer y McCallion, 1989. Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, Volumen 1. McGraw-Hill 1989. ISBN 9684225164, 9789684225169
- Kimbrough, D.E., Y. Cohen, A.M. Winer, L. Creelam and C. Mabuni, 1999. A critical assessment of chromium in the environment. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 9: 1-46.
- La Guía Comunitaria para Asegurar el Acceso al Agua Potable del Centro Comunitario por el Agua.
- Loayza J. (2006) Boletín electrónico informativo sobre productos y residuos químicos.
- Londono, A. (s.f.) El agua. Fundamentos sobre química ambiental. (cap. 1)
Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090020/html/contenido.html>
- Manahan S., "Environmental Chemistry", 7ª Ed.; Lewis Publishers, INC., 2000
- Mujeriego, R. (1990). Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- National Library of Medicine - SIS (Specialized Information Services)
- Neira J. 2007 Calidad del agua: DBO [power point]
- Pasquali, R. 2003. Química Ambiental. Primera edición, Akadía Editorial, Buenos Aires
- Proyecto definitivo de Normas Secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica.
- Reich M. (2007) Aplicaciones Redox: El problema del arsénico
- Ros A., 2011. El agua. Calidad y Contaminación. Parte 1/2

- Sistema Nacional de información Ambiental, SINIA. (www.sinia.cl) 2011
- Surfactantes. III. Surfactantes aniónicos. Salager J. y Fernandez A. Mérida-Venezuela (2004)
- Toapanta M. 2009. Calidad del agua: aceites y grasas. Recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEI_TES.doc.
- U.S. Geological Survey. Geoffrey S. Plumlee, MS973, Denver Federal Center, Denver, CO, 80225; (303) 236-1200
- United States Environmental Protection Agency (EPA)
- USPHS (1990). Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service, pág. 231
- Vanloon G. y Duffy S. Environmental Chemistry a global perspective. Oxford, 2000, New York.
- Wauchape R. y Herner A. 1996. Pesticide properties in the environment. Springer-Verlag. New York
- Wright, J., 2003. Environmental Chemistry. London, Routledge. aqueous cyanide ions and associated ligands Water, Air, and Soil Pollution 109 (1-4): 67-79, January 1999

Páginas Web

- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090020/files/pdf/cap_1+.pdf
- <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/conductividad-electrica> Consultada [en línea] 20/03/12 17.46 pm

- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090020/files/pdf/cap_3+.pdf
- <http://www.hannainst.es/biblioteca/index.php?pg=0&CodApartado=54&CodTem a=121> Consulta [en línea] 24 de Abril de 2012. 13:10 hrs.
- <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm#ixzz1ljBg8reo>
- <http://www.100ciaquimica.net/exper/exp2bqui/e2bq13r.htm> (para diagrama)
- http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad
- http://www.lenntech.es/referencias_tabla-periodica.htm#ixzz2E3RW0q7o
- <http://www.ingenieroambiental.com/informes/arsenicoestudio.htm>
- <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm#ixzz2DdQH8AOp> (29-11-2012 14:08 hrs.)
- http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/VeterinariaTropical/vt2201/texto/halvarado.html
- http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/upload/Cromo-VI-enelaguapotable_QAs.pdf
- <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a14.pdf>
- http://www.lenntech.es/referencias_tabla-periodica.htm#ixzz2E9IWnFrm
- www.lenntech.es (Water Treatment solutions) Cobre.
- <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm#ixzz1lnkqxQmp>. Consultada [en línea] 8 de Febrero 2012. 11.45 am
- <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-hierro.pdf>. Consulta [en línea] 8/2/12 13:09 pm
- <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documen.alu/degremo/pr01.htm> Consultada [en línea] 8/2/12 17.43 hrs.

- http://www.xtec.net/~gjimene2/licencia/students/bscw.gmd.de_bscw_bscw.cgi_d40324869-2_Fe_2003.html Consultada [en línea] 12/02/2012 21:00 hrs
- <http://www.fao.org/docrep/005/x2570s/X2570S09.htm>
- <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/atrazina.pdf>
- [suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/aluminio.pdf](http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/aluminio.pdf)
- http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts31.html
- http://observatoriosierranevada.iecolab.es/index.php/Clorofila_a, 2011
- <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/clorotalonil.pdf>
- <http://www.prtr-es.es/Aldrin,15613,11,2007.html> Consultada en línea 29/03/12 16.45
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/901a1000/nspn0939.pdf>
- <http://www.ecogenesis.com.ar/index.php?sec=articulo.php&Codigo=122>
- <http://www.infoambiental.es/html/files/pdf/amb/iq/378/15articulo.pdf>
- <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=954>
- <http://www.lennotech.es/periodica/elementos/n.htm#ixzz1mT416auE> Consultada [en línea] 15/02/12 13.18 hrs
- http://www.ambientum.com/revista/2002_05/NTRGNO2.asp.