

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS

ESTUDIO SISS – 2021

“ESTUDIO DE LA NORMA NCH 409/1: AGUA POTABLE REQUISITOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES SÍMILES, CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS NUEVOS O MODIFICADOS, Y FACTIBILIDAD DE REMOCIÓN EN PTAP EXISTENTES”



INFORME FINAL: Diciembre de 2021

Equipo de trabajo del Consultor:

Sra. Elizabeth Echeverría Ortega
Ingeniero Civil Químico. Universidad de Chile.

Sr. Arturo Givovich Hernández
Doctor en Ciencias con mención en Química. Universidad de Chile.

INFORME FINAL

ESTUDIO DE LA NORMA NCh 409/1: AGUA POTABLE REQUISITOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES SÍMILES, CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS NUEVOS O MODIFICADOS, Y FACTIBILIDAD DE REMOCIÓN EN PTAP EXISTENTES

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al informe final del “**Estudio de la norma NCh 409/1: Agua Potable Requisitos. Estándares internacionales similares, Cuantificación de parámetros nuevos o modificados, y Factibilidad de remoción en PTAP existentes**”, que se desarrolla a petición de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), en el marco de las funciones fiscalizadoras que tiene este organismo, respecto de las normas técnicas del sector, que deben ser aplicadas por parte de las empresas concesionarias.

La norma NCh 409/1-2005: Agua Potable Requisitos, oficializada en el año 2006 por decreto del Ministerio de Salud N° 446 de fecha 16.06.2016, establece la calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional, en base a límites máximos permisibles para distintas sustancias esenciales, no esenciales, tóxicos y algunos contaminantes, compuestos y/o elementos de tipo microbiológico, físico, químico, radiactivo, organoléptico y de desinfección, de tal forma que pueda ser considerada apta para el consumo humano.

En atención a la excesiva antigüedad de esta norma y a que desde entonces se han publicado nuevas “Guías para la Calidad del Agua Potable de la OMS” que han sido acogidas por diferentes países en el mundo, la SISS decidió desarrollar este estudio, cuyo objetivo principal es evaluar la necesidad de introducir cambios en la normativa nacional, considerando estos nuevos estándares y los efectos que han ocurrido en la calidad del agua cruda de las fuentes, producto de la crisis hídrica que viene afectando a nuestro país desde hace varios años.

Se realiza un análisis comparativo entre la norma chilena, guías de la OMS, regulaciones de la Directiva Europea, directrices de las EPA, Reglamento de aguas para consumo humano del MINSAL y normativas de otros países, además de una detallada revisión para los últimos 5 años de los protocolos SISS PR18 y PR14, donde las empresas sanitarias informan los resultados del control de sus fuentes y del agua potable que distribuyen a sus clientes.

Se concluye que es conveniente recomendar la reducción de los límites actualmente normados, para los parámetros Turbiedad y Plomo, el primero por estar vinculado con la eficiencia de la desinfección, con la calidad bacteriológica en las redes de distribución y con la percepción de la calidad organoléptica por parte de los consumidores; el segundo por sus posibles efectos sobre la salud (enfermedades neuronales, cardiovasculares, renales, hipertensión, entre otras). Por otra parte, respecto a parámetros normados internacionalmente no normados en Chile, se evalúan como posibles de introducir, ya sea en la propia norma o en otras instrucciones específicas del organismo fiscalizador, valores máximos para Dureza total y Microcistina-LR, ambos contaminantes que tienen relevancia para la realidad nacional.

La evaluación preliminar de factibilidad técnico/económica de remoción de estos nuevos contaminantes o nuevos límites a imponer, en las plantas existentes en el país de distinta tecnología, indica que si es posible alcanzar estas nuevas metas. En algunos casos, sólo con mejoras operacionales o mantenimiento más eficiente de los sistemas, mientras que en otras se requerirían inversiones para complementar los procesos actualmente aplicados, como son filtración directa, tratamientos convencionales y en menor grado tratamientos avanzados.

INFORME FINAL

ESTUDIO DE LA NORMA NCH 409/1: AGUA POTABLE REQUISITOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES SÍMILES, CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS NUEVOS O MODIFICADOS, Y FACTIBILIDAD DE REMOCIÓN EN PTAP EXISTENTES

INDICE

Capítulo	Materia	Página
Capítulo I.	Introducción	4
Capítulo II.	Revisión guías de la OMS, Directiva Unión Europea, Propuesta de modificación DS-735 MINSAL y otras normas internacionales.	6
Capítulo III.	Análisis posible modificación parámetros normados en NCh 409/1-2005 y Revisión situación nacional en base información de la SISS.	11
Capítulo IV.	Consulta a Empresas de Servicios Sanitarios, sobre parámetros críticos, calidad y tratamiento del agua potable.	30
Capítulo V.	Análisis posible incorporación de nuevos parámetros, recomendados por OMS y/o regulados en normativa internacional.	36
Capítulo VI.	Tratamientos requeridos y Evaluación preliminar de factibilidad técnico/económica, para incorporación de nuevos contaminantes o límites más estrictos de parámetros normados.	52
Capítulo VII.	Conclusiones y Recomendaciones.	71
	Referencias bibliográficas	76

ANEXOS:

Anexo 1: Normas y Regulaciones sobre Calidad del Agua Potable.

Anexo 2: Ficha informativa sobre parámetros estudiados, de las Guías OMS-2018.

Anexo 3: Respuestas de las Empresas sanitarias a la consulta.

Anexo 4: Evaluación de la consulta, sobre parámetros críticos, calidad y tratamiento.

Anexo 5: Información de tratamiento parámetros nuevos o modificados.

INFORME FINAL

ESTUDIO DE LA NORMA NCH 409/1: AGUA POTABLE REQUISITOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES SÍMILES, CUANTIFICACIÓN DE PARÁMETROS NUEVOS O MODIFICADOS, Y FACTIBILIDAD DE REMOCIÓN EN PTAP EXISTENTES

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La actual norma chilena NCh 409 Parte 1: Agua Potable Requisitos del año 2005, documento que establece la calidad que debe cumplir el agua potable en nuestro país tiene una excesiva antigüedad, habiéndose publicado desde entonces actualizaciones de las “Guías para la Calidad del Agua Potable por parte de la Organización Mundial de la Salud”, 4° edición año 2017 en inglés, 4° edición año 2018 en español.

Estas recomendaciones deberían ser revisadas por los distintos países, de tal forma de ir actualizando sus propias normativas en concordancia con los nuevos estándares internacionales que protegen la salud de los consumidores, considerando también sus realidades específicas respecto de disponibilidad del recurso hídrico, exposición de las aguas naturales a diferentes tipos de contaminantes, calidad del agua cruda de las fuentes de abastecimiento, tecnologías de tratamiento disponibles, nivel socio-económico, características de la población abastecida, entre otros muchos factores.

En concordancia con lo anterior, se han acogido nuevos estándares más restrictivos en la Unión Europea que aprobó su nueva Directiva para agua potable en diciembre de 2020, reduciendo algunos límites e incorporando nuevos parámetros. Por su parte el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) publicó el año pasado 2020 una propuesta de modificación del actual DS-735 “Reglamento de los servicios de Aguas destinadas al consumo humano”.

Por estas razones, la SISS en su función fiscalizadora de los servicios de producción y distribución de agua potable, ha considerado oportuno desarrollar un estudio tendiente a revisar los parámetros actualmente normados y sus concentraciones, considerando estos nuevos estándares para el agua de consumo humano y los cambios que han ocurrido en la calidad del agua cruda de las fuentes de abastecimiento, producto de la crisis hídrica que viene afectando a nuestro país desde hace varios años.

Así el objetivo central de este estudio es evaluar la necesidad de realizar en Chile una revisión oficial de la norma chilena NCH 409/1 “Agua Potable Requisitos”, definir posibles cambios en los límites máximos aceptados para alguno de los parámetros actualmente normados y/o posible incorporación de nuevos parámetros, para finalmente evaluar de forma preliminar y estimada la factibilidad técnico/económica de remoción de nuevos contaminantes o nuevos límites a imponer en 5 tipos de PTAP, de distinto tamaño y tecnologías de tratamiento.

De acuerdo al informe de gestión año 2020 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el universo de empresas que cuentan con concesión en las distintas regiones del país para proveer este vital elemento y que podrían verse afectadas por estas posibles modificaciones a la norma NCh 409/1, son un total de 56 concesionarias. Estas empresas, atienden a 5.714.583 clientes en los servicios de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de aguas servidas. Las empresas de mayor tamaño son Aguas Andinas y ESSBIO, las medianas ESVAL, Aguas del Valle, Nuevo sur y ESSAL, seguidas del resto de las empresas que se han calificado como menores, en función del % de clientes atendidos.

Respecto a las fuentes de abastecimiento con las que cuentan estas empresas sanitarias, ellas dependen del recurso hídrico disponible en cada zona del país, de la calidad del agua cruda y de la factibilidad técnico-económica de su explotación. Así en la zona norte, desde la región de Arica-Parinacota, hasta la región de Coquimbo, las fuentes son principalmente subterráneas. En particular en la región de Antofagasta existen plantas desalinizadoras de agua de mar, además de plantas con fuentes superficiales.

Desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos el abastecimiento es mixto, mientras que en el extremo sur el abastecimiento se basa principalmente en fuentes superficiales, debido a la abundancia y buena calidad del recurso.

En resumen a nivel nacional, las fuentes superficiales constituyen un 44,3%, las fuentes subterráneas un 54,6 % y el agua de mar un 1,1% del total, que alcanza a 106.000 l/seg como capacidad máxima de producción de agua potable.

Es importante destacar que para garantizar a los consumidores agua potable segura respecto de calidad y continuidad, se requiere contar con sistemas de tratamiento robustos, sumado a que la remoción de nuevos contaminantes normalmente viene aparejada de tecnologías de tratamiento cada vez más complejas y más costosas, lo que podría significar que las plantas de agua potable existentes en nuestro país, vayan quedando obsoletas.

Los objetivos específicos contemplados en el presente estudio son:

- Comparar la norma chilena NCh 409 Parte 1: Agua Potable Requisitos, versión vigente del año 2005, con estándares internacionales, incluyendo como mínimo el DS MINSAL N° 735, la Directiva Europea y la Guía de Recomendaciones para Agua Potable de la OMS, indicando diferencias, para diagnosticar el estado de la norma.
- Indicar justificaciones de selección de nuevos parámetros y modificaciones de los existentes en la Guía de Recomendaciones de la OMS o en la Directiva Europea de agua para consumo humano o, en cuanto a efectos a la salud o en la percepción de la calidad.
- Sugerir frecuencias de monitoreo para nuevos parámetros, que se recomiende introducir.
- Analizar información de los protocolos SISS PR18: Calidad agua cruda y PR14: Sistema de calidad de agua potable de los últimos 5 años.
- Identificar parámetros actualmente normados, que ante posible modificación de la norma, estarían en incumplimiento o riesgo de incumplimiento y su ubicación (planta - servicios).
- Diseñar una Encuesta que se enviará a un grupo de prestadores de servicios sanitarios, para obtener información sobre parámetros críticos, tecnologías actualmente aplicadas, eficiencias de remoción logradas.
- Indicar tipos de tratamientos necesarios, para abatir nuevos parámetros o límites más estrictos de parámetros existentes y sus eficiencias de remoción teóricas (bibliográficas) para cada parámetro en estudio.
- Evaluar de forma preliminar y estimada, la factibilidad técnica y económica para la remoción de los nuevos contaminantes o nuevos límites a imponer, en 5 tipos de PTAP existentes.

CAPITULO II.

REVISION GUIAS DE LA OMS, DIRECTIVA DE LA UNION EUROPEA, PROPUESTA DE MODIFICACION DS-735 MINSAL Y OTRAS NORMAS INTERNACIONALES

El primer trabajo a desarrollar en el presente estudio, consistió en recopilar normativa internacional y reglamentación nacional sobre la calidad del agua potable, para diagnosticar el estado de la actual norma chilena, en base a un análisis comparativo de los parámetros normados en Chile versus la normativa internacional, siendo el objetivo específico:

Comparar la norma chilena vigente NCh 409-2005 Parte 1: Agua Potable Requisitos, con los actuales estándares internacionales de calidad del agua potable, en cuanto al efecto de su presencia sobre la salud de las personas y/o en la percepción de la calidad del agua de bebida, por parte de los clientes consumidores.

Los documentos mínimos a considerar requeridos por la SISS fueron:

- Guía de Recomendaciones para Agua Potable de la OMS, año 2018.
- Directiva Europea, año 2020.
- Propuesta de modificación MINSAL DS N°735, año 2020.

Por su parte el consultor consideró útil agregar otras normativas internacionales:

- EPA Estados Unidos, año 2018.
“Drinking Water Standards and Health Advisories 822-F-18-001 March 2018”.
- Norma de agua potable de Australia, año 2011.
“Australian Drinking Water Guidelines 6-2011, Version 3.6 Updated, March 2021”.
- Norma de agua potable de Canadá, año 2010.
“Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Summary Table, September 2020”.

En Anexo 1 de este informe, se incluye copia de todos los documentos antes mencionados.

2.1 Revisión para los Parámetros Físico-Químicos

A partir de esta comparación, se obtienen los parámetros más relevantes donde existen diferencias entre la actual normativa chilena de calidad del agua potable y la respectiva normativa internacional, que se pueden resumir de la siguiente manera:

- **Parámetros con límites más restrictivos en la normativa internacional**
En este grupo de parámetros se encuentran 6 parámetros de interés:
Cadmio, Cloruro, Color, Plomo, Sulfato, Turbiedad

Se suma el compuesto plaguicida DDT+DDD+DDE.

- **Parámetros normados internacionalmente, no normados en Chile**
En este grupo de parámetros se encuentran 4 parámetros de interés:
Aluminio, Boro, Dureza, Microcistina (Toxinas de cianobacterias).

Se agregan otra serie de compuestos orgánicos de distinto tipo, pesticidas, sustancias orgánicas y subproductos de la desinfección recomendados por la OMS, algunos de ellos normados internacionalmente, pero que no están normados en Chile.

En los capítulos posteriores de este informe, se presenta el análisis detallado de cada una de estas dos categorías.

En la siguiente tabla, se resumen la revisión realizada por este grupo consultor respecto de esta materia. En ella los diferentes compuestos aparecen por orden alfabético:

Tabla 1: Cuadro comparativo parámetros normados en Chile vs normativa internacional

Parámetro (mg/L)	OMS-2018	Unión Europea-2020	Norma Australia- 2011	EE.UU (EPA)- 2018	Norma Canadá-2010	Norma NCh 409-2005	Propuesta DS 735- 2020
1,1,1-Tricloroetano	Baja conc.			0,2			2
1,1-dicloroetileno	0,03		0,03	0,007	0,014		0,02
1,2 - Dibromo- 3 - Cloropropano	0,0010						0,001
1,2 - Dicloropropano	0,0400						0,02
1,2-diclorobenceno	1,0	0,0001	1,5	0,6	0,2		1
1,2-dicloroetano	0,03	0,003	0,003	0,005	0,005		0,03
1,3 - Dicloropropeno	0,0200						0,02
1,4-diclorobenceno	0,3	0,0001	0,04	0,075	0,005		0,3
2, 4, 6-triclorofenol	0,2	0,0001			0,005		0,2
2,3,4,6-tetraclorofenol		0,0001	-	-	0,1		
2,4,5-TP	0,009			0,05			0,009
2,4-diclorofenol	Data insuficiente	0,0001	0,2	-	0,9		
2,4-D	0,03	0,0001	0,0001	0,07	0,1	0,03	0,03
Ácidos Haloacéticos	Individuales	0,1		0,0600			
Ácido edético (EDTA)	0,6						0,2
Acido Nitroacetico	0,2		0,2	-	0,4		0,2
Ácido dicloroacético	0,1						0,05
Ácido tricloroacético	0,2						0,1
Acrilamida	0,0005	0,001		0,0000			0,0005
Adipato de di (2-etilhexilo)	Baja conc.						0,08
Alacloro	0,02			0,002			0,02
Aldicarb	0,01	0,0001	0,001	0,0030	0,009		0,01
Aldrin/Dieldrin	0,00003	0,00003	0,00001		0,0007		0,00003
Aluminio	0,2	0,2	0,2	0,05 a 0,2	0,2		
Amoníaco	1,5	0,5				1,5	1,5
Antimonio	0,02	0,010	0,003	0,006	0,0060		
Arsénico	0,01	0,01	0,007	0,01	0,01	0,01	0,01
Atrazina	0,002	0,0001	0,0001	0,003	0,005		0,002
Azinphos-metil		0,0001	0,0020	-	0,02		
Bario	0,7	-	0,7	2,0	1,0		
Benceno	0,01	0,001	0,001	0,005	0,0050	0,01	0,01
Bendiocarbo		0,0001	-	-	0,0400		
Bentazona	0,5000						0,00003
Benzo (a) pireno	0,0007	0,00001	0,00001	0,0002	0,00001		0,0007
Boro	2,4	1,5	4,0		5,0		
Bromato	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01		0,025
Bromodichlorometano	0,06					0,06	0,06
Bromoxinil		0,0001	0,0001	-	0,005		
Cadmio	0,003	0,005	0,002	0,005	0,005	0,01	0,01
Carbaril	Baja conc.	0,0001	0,005	-	0,09		
Carbofurano	0,007	0,0001	0,005	0,04	0,09		0,005
Cianazina	0,0006	0,0001	-	-	0,010		
Cianuro	0,07	0,05	0,08	0,2	0,2	0,05	0,05
Cinc	3			5		3	3
Cloraminas totales	5	-	3	4	3		
Clorato	0,7	0,2500					
Clordano	0,0002			0,002			0,0002
Clorito	0,7000	0,2500		1			0,2
Clorobenceno	Baja conc.			0,1	0,0800		0,3
Cloro Libre Residual	5			4		0,2-2,0	0,2-2,0
Clorpirifos	0,03	0,0001	0,01	-	0,0600		
Clortoluron	0,0300						0,03
Cloruro	250	250	250	250	400	400	400
Cloruro de cianógeno	Baja conc						0,07
Cloruro de Vinilo	0,0003	0,0005	0,0003	0,002	0,002		0,002
Cobre	2,0	2,0	2,0	1,3	1,0	2	2
Color Verdadero	15	Aceptable	Aceptable	15	15	20	20
Compuestos fenólicos						0,002	0,002
Conductividad (uS/cm)		2500					
Corrosividad				No Corrosivo			
Cromo	0,05	0,025	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05
DDT+DDD+DDE	0,001					0,002	0,002
Diazinona	Improbable	0,0001	0,001	-	0,02		
Dibromoacetoniitrilo	0,0700						0,1
Dibromoclorometano	0,10					0,1	0,1
Dibromuro de Etileno	0,00			0,00005			
Dicamba		0,0001	0,1	-	0,12		
Diclofop-metil		0,0001	0,005	-	0,009		
Dicloprop	Data insuficiente						0,1
Dicloroacetoniitrilo	0,02						0,09
Diclorometano	0,02		0,004	0,005	0,05		0,02

cis-1,2-Dicloroetileno	0,05			0,07			
trans-1,2-Dicloroetileno	0,05			0,1			
Dimetoato	0,0060	0,0001	0,05	-	0,02		
Dinoseb	Improbable	0,0001	-	0,007	0,0100		
Dioxinas (2,3,7,8-TCDD)	Baja conc.			0,00000003			
Diquat	Baja conc.	0,0001	0,0005	0,02	0,0700		
Diuron		0,0001	0,03	-	0,1500		
Dureza	Aceptabilidad	Tener Infor.	500	no especifica	500		
Endotal				0,1			
Endrin	0,0006			0,002	0,0002		
Epiclorhidrina	0,0004	0,0001					0,0004
Estireno	0,02			0,1			0,02
Etilbenceno	0,3		0,3	0,7			0,3
Fluoruro	1,5	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5
Forato	Improbable	0,0001	-	-	0,0020		
Formaldehido	Baja conc.						0,9
Ftalato de di (2-etilhexilo)	0,0080						0,008
Glifosato	Baja conc.	0,0001	0,01	0,7	0,2800		
HAP	Indice Benzo apireno	0,0001	0,01				
Heptacloro y heptacloropóxido	Baja conc.			0,0004/0,0002			0,00003
Hexaclorobenceno	Baja conc.			0,001			0,001
Hexaclorobutadieno	0,0006						0,0006
Hidrato de coral (tricloroacetaldehido)	Baja conc.						0,01
Hierro	0,3	0,2000		0,3		0,3	
Isoproturón	0,0090						0,009
Lindano	0,0020			0,0002	0,0040	0,002	0,002
Magnesio						125	
Malation		0,0001	-	-	0,1900		
Manganeso	0,1	0,05		0,05		0,1	
MCPA	0,002						0,002
Mecoprop	0,0100						0,01
Mercurio	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
Metolacoloro	0,0100	0,0001	0,002		0,05		0,01
Metoxicloro	0,02	0,0001	0,0002	0,04	0,9	0,02	0,02
Metribuzina		0,0001	0,001	-	0,08		
Molinato	0,0060						0,006
Monocloramina	3					3	3
Níquel	0,07	0,02					
Nitrato (N)	50	11	11	10	10	50	11
Nitrito (NO2)	3	0,5		3(1)		3	3
Olor		Aceptable	Aceptable			Inodora	Inodora
Oxamil	Improbable			0,2			
Oxidabilidad (mg/l O2)		5 (o COT)					
Óxido de tributilestaño	Improbable						0,002
Paraquat		-	0,001	-	0,01		
Paration		-	0,01	-	0,05		
PCB's				0,0005			
Pendimetalina	0,02						0,02
Pentaclorofenol	0,009	0,0001	-	0,001	0,06	0,009	0,009
Permetrina	NO						0,02
pH	6,5-8,0	6,5-9,5		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Picloram		0,0001	0,3	0,5	0,19		
Piridato	No persistente						0,1
Plata				0,1			
Plomo	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,05	0,01
Propanil	se degrada						0,02
Trihalometanos	Razón= 1	Suma<0,1		Suma<0,08		Razón= 1	Razón= 1
Sabor		Aceptable				Insípida	Insípida
Selenio	0,01	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
Simazina	0,0020	0,0001	0,0005	0,004	0,0100		0,002
Sólidos Disueltos Totales	1000			500		1500	1500
Sodio		200					
Sulfato	250	250		250		500	500
Talio				0,002			
Terbufos		0,0001	0,0005	-	0,0010		
Tetracloroetileno	0,04	0,01	0,05	0,005	0,0300	0,04	0,04
Tetracloruro de Carbono	0,0040	0,0001	0,003	0,005	0,0050		0,002
Tolueno	0,7	-	0,8	1	-	0,7	0,7
Total triclorobencenos	Baja conc.						0,02
Toxafeno				0,003			
Toxinas de Cianobacterias	0,001	0,0010	0,0013	-	0,0015		
Tribromometano	0,1					0,1	0,1
Tricloretileno	0,07	0,01		0,005	0,0050		2
Tricloroacetnitrilo	Falta Información						0,001
Triclorometano	0,3					0,2	0,2
Trifluralina	0,02	0,0001	0,0001		0,0450		0,02
Trihalometanos totales	Razón con limites	0,1	0,25	0,08	0,1000		
Turbiedad	4	1		5		2	2
Uranio	0,015	-	0,02	0,03	0,0200		
Xilenos totales	0,5	-	0,6	10	-	0,5	0,5

2.2 Revisión para los Parámetros Microbiológicos

La vigilancia y control del agua para consumo humano, está definida como la “evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la Salud Pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo” [OMS]. Incluye conocer la calidad del agua en sus fuentes y sistemas de potabilización, identificar los microorganismos y las formas parasitarias macroscópicas presentes en ella, con el fin de establecer medidas de intervención y conservación del recurso hídrico, y por tanto, evitar la propagación de contaminantes y enfermedades transmitidas por el agua a la población.

Esta vigilancia exige el uso de herramientas diagnósticas para identificar los organismos presentes; sin embargo, hay gran limitación para determinar la totalidad de agentes involucrados en su contaminación, tanto en las fuentes de abastecimiento como en los sistemas de tratamiento del agua. La dificultad aumenta por los costos elevados de las herramientas diagnósticas y el uso de tecnologías especializadas que requieren alta inversión inicial. Es importante, por lo tanto, conocer los agentes microbianos patógenos y no patógenos presentes en el agua con el fin de definir posibles indicadores microbiológicos de calidad, cuyo uso simplifica en gran medida las actividades de campo y de laboratorio, siendo un principio de aceptación universal en la evaluación de la seguridad microbiana del abastecimiento de agua.

Actualmente en Chile, el monitoreo microbiológico se basa en dos aspectos fundamentales, efectividad-continuidad de la desinfección, mediante el seguimiento de las bacterias Coliformes totales y ausencia de contaminación fecal mediante la detección de *Escherichia coli*. Aunque, el análisis de coliformes totales es lento, la medición directa con resultado inmediato de la concentración del cloro libre residual ayuda a mantener la confianza en la calidad del agua en la red. Sin embargo, las bacterias coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los virus entéricos y protozoos, por ello deberían tomarse medidas para prevenir contaminaciones del agua por estos microorganismos.

Tabla 2: Uso de organismos indicadores de contaminación

Microorganismo(s)	Validación del Proceso	Operacional	Verificación y vigilancia
<i>Escherichia coli</i> (o coliformes fecales)	No Aplicable	No Aplicable	Indicador Fecal
Coliformes totales	No Aplicable	Indicador de la limpieza e integridad de los sistemas de distribución.	No Aplicable
Recuento heterotrófico en placa	Indicador de la eficacia de la desinfección de bacterias.	Indicador de la efectividad de la desinfección y de la limpieza e integridad de los sistemas de distribución.	No aplicable
<i>Clostridium perfringens</i> ^a	Indicador de eficacia de la desinfección y de los procesos de remoción física de virus y protozoos.	No aplicable	No aplicable
Colifagos Fagos de <i>Bacteroides fragilis</i> Virus entéricos	Indicador de la eficacia de la desinfección y de los procesos de remoción física de virus.	No aplicable	No aplicable

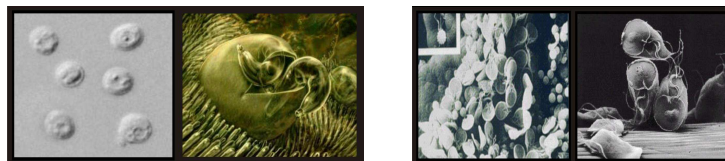
^a El uso de *Clostridium perfringens* en la validación dependerá del proceso de tratamiento que se esté evaluando.

Fuente: Guías OMS-2018

Para los parámetros microbiológicos, también es de importancia el riesgo de contaminación de las aguas superficiales por otros microorganismos como son parásitos y virus, que pueden llegar a ellas por descargas a los cursos naturales de aguas servidas no tratadas. Sin embargo, de acuerdo a lo indicado por las Guías de la OMS, no está recomendado realizar monitoreo en la red para el control de virus y parásitos, dejando esta tarea al control de las fuentes de agua cruda y al proceso de potabilización.

Parásitos más relevantes en aguas: Entre ellos se mencionan *Cryptosporidium* sp que son parásitos intracelulares eliminados por las heces, que producen ooquistes de pared gruesa de 4- 6 micrometro de diámetro. Está compuesto por unas ocho especies, siendo *Cryptosporidium parvum* responsable de la mayoría de las infecciones en el ser humano, ya que provoca diarrea, en ocasiones náuseas, vómitos y fiebre, por una semana en personas sanas y se prolonga un mes o más, según edad y estado inmunitario. Se han notificado 14000 ooquistes/litro en aguas residuales sin tratar y 5800 ooquistes/litro en aguas superficiales. Los ooquistes pueden sobrevivir semanas o meses en agua dulce, son extremadamente resistentes a desinfectantes como el cloro, pero investigaciones basadas en pruebas de infectividad han demostrado que la irradiación con luz ultravioleta en altas dosis los logra inactivar.

Fig. 1: Parásitos *Cryptosporidium* sp y *Giardia* intestinales



Fuente: Seminario Aidis-Chile 2013. "Importancia del análisis de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el control de Calidad de aguas". Presentación Sra. Yolanda Ortega, ACODAL.

Las *Giardias* intestinales, son protozoos flagelados que parasitan el aparato digestivo, la infección que afecta a las personas (giardiasis) suele atribuirse a la especie *G. lamblia*. Los quistes son ovoides y su diámetro es de 8 a 12 micrometros. Tras la ingestión, los quistes se adhieren a las superficies del aparato digestivo. Las infecciones pueden ser asintomáticas, en adultos y niños. Los síntomas incluyen diarrea y cólicos; en casos graves pueden aparecer trastornos de hipo absorción, principalmente en niños de corta edad. Se han notificado hasta 88 000 quistes/litro en aguas residuales sin tratar y hasta 240 por litro en aguas superficiales. Los quistes pueden sobrevivir durante semanas o meses en agua dulce. Los quistes de *Giardia* son más resistentes que las bacterias entéricas a los desinfectantes como el cloro, pero no tanto como los ooquistes de *Cryptosporidium*.

Virus más relevantes en aguas: Los de mayor importancia son los virus entéricos, que se pueden multiplicar en el tracto gastrointestinal de humanos y animales. Estos virus no se multiplican en el agua, pero pueden sobrevivir allí mucho más tiempo que las bacterias, entre 28 a 188 días. Para multiplicarse requieren de una célula hospedera específica y al multiplicarse generan cientos o miles de vibriones infectivos. Se han descrito más de 140 virus entéricos que infectan humanos. Las enfermedades asociadas son diversas, gastroenteritis y otras agudas graves como son: meningitis, poliomiелitis y estados febriles no específicos.

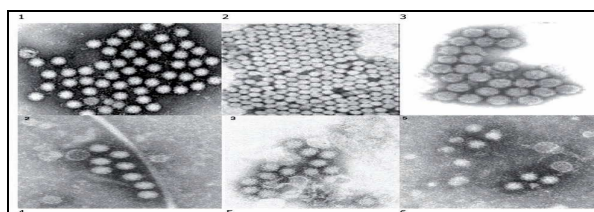


Fig. 2: Microfotografías (tamaño 20 a 350 nm) 1 norovirus; 2 hepatitis A; 3. rotavirus; 4. adenovirus; 5. astrovirus; 6. sapovirus

Fuente: Seminario Aidis-Chile 2014. Presentación Dr. Aldo Gaggero, U. de Chile.

De acuerdo a lo indicado por las Guías OMS, con filtración granular de alta tasa, utilizando un medio filtrante adecuado y dependiendo del tratamiento anterior de coagulación, la turbiedad puede asegurarse en valores $\leq 0,3$ NTU en el 95% de las muestras (y ninguna debe superar 1 UNT), se puede llegar a 1-2 log de reducción de virus y 3 log de reducción de *Cryptosporidium*.

CAPITULO III.

ANÁLISIS POSIBLE MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS NORMADOS EN 409/1-2005 Y REVISIÓN SITUACIÓN NACIONAL EN BASE A INFORMACIÓN DE LA SISS

3.1 Parámetros con límites más restrictivos en la normativa internacional

En este grupo de parámetros se encuentran los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 3: Parámetros con límites más restrictivos en la normativa internacional

Parámetro	OMS-2018	Unión Europea-2020	Norma Australia-2011	EPA-2018	Norma Canadá-2010	Norma NCh 409-2005	Propuesta DS 735 - 2020	Observación
Cadmio (mg/L)	0,003	0,005	0,002	0,005	0,005	0,01	0,01	Analizar situación nacional información de PR-SISS
Cloruro (mg/L)	250	250	250	250	400	400	400	Se sugiere mantener Propuesta MINSAL de nuevo DS-735 no lo cambia
Color Verdadero (unidades Pt-Co)	15	Aceptable consumo	Aceptable consumo	15	15	20	20	Se sugiere mantener Propuesta MINSAL de nuevo DS-735 no lo cambia
Plomo (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,015	0,01	0,05	0,01	Analizar situación nacional información de PR-SISS
Sulfato (mg/L)	250	250	-	250	-	500	500	Se sugiere mantener Propuesta MINSAL de nuevo DS-735 no lo cambia
Turbiedad (UNT)	1 nunca >5	1	-	nunca >5	-	2	2	Analizar situación nacional información de PR-SISS

Se suma el compuesto plaguicida (DDT+DDD+DDE), que será tratado más adelante en este informe.

Para una mejor comprensión, este grupo de parámetros, se ha dividido en dos subgrupos:

3.1.1 Parámetros cuyo valor normado en NCh 409/1 actual, se sugiere mantener

Fundamentado en que la propuesta MINSAL del nuevo DS-735 no los cambia, se sugiere mantener actual valor normado para Color, Cloruro y Sulfato. Todos ellos están calificados en la actual norma NCh 409/1-2005 como Tipo IV Organoléptico, lo que es concordante con las nuevas guías de la OMS que los considera parámetros secundarios, que afectan solo los aspectos estéticos o de percepción de los clientes, pero no están ligados directamente con efectos negativos sobre la salud de los consumidores.

Cloruro y Sulfato:

En particular los límites máximos a permitir para cloruro y sulfato fue ampliamente discutido en la revisión de la actual norma de agua potable NCh 409/1, cloruro se aumentó desde 250 mg/l (año 1984) a 400 mg/l (año 2005), sulfato se aumentó desde 250 mg/l (año 1984) a 500 mg/l (año 2005) y además para ambos parámetros queda la condición de (*) lo que significa que la autoridad competente podrá autorizar valores superiores, debido a altas concentraciones de estos elementos en zona norte y centro-norte de Chile. Esta posibilidad de autorizar una excedencia, se mantiene en la propuesta de nuevo reglamento DS-735 del MINSAL.

Color:

Por su parte el parámetro color, no adquiere mayor relevancia en fuentes de abastecimiento subterráneas, donde ocasionalmente aparece en algunos sondeos en la forma de color aparente, debido a arrastre de óxidos metálicos desde el sistema pozo-bomba.

Si es un parámetro crítico o parámetro en observación en algunas fuentes superficiales de nuestro país, con mayor importancia en la ciudad de Punta Arenas donde efectivamente se presenta como color verdadero.

En general, en la evaluación mensual realizada por la SISS (EVA PR-14 periodo 2016-2021), no se han detectado incumplimientos de la norma NCh 409/1 actual. Cabe señalar además, que la mínima reducción del límite normado sólo 5 unidades de la escala Pt-Co, es prácticamente lo mismo si se usa para su determinación el método de comparación visual que es el oficial en la actualidad y mayormente utilizado por los laboratorios acreditados del sector.

3.1.2 Parámetros cuyo valor normado en NCh 409/1 actual, se podría reducir

Según observación indicada en la tabla anterior, se sugiere continuar en el presente estudio, con el análisis de Cadmio, Plomo y Turbiedad, ya que los 3 tienen importancia para la salud de los consumidores, los cuales serán tratados en extenso en este informe. Lo anterior, con la finalidad de reunir más antecedentes, ya que dos de ellos Plomo y Turbiedad estaría sufriendo modificaciones, según propuesta año 2020 del MINSAL para nuevo decreto DS-735.

3.2 Efectos de la presencia de Cd, Pb y Turbiedad en el Agua Potable

En esta parte del presente informe, se presentan antecedentes sobre estos 3 parámetros cuyo análisis se ha definido realizar, respecto de las razones que llevan a la OMS a recomendar su control, a la normativa internacional a normarlos en ciertas concentraciones, justificaciones desde el punto de vista de los efectos de su presencia en la salud de las personas o en la percepción de la calidad del agua potable por parte de los consumidores.

3.2.1 Cadmio:

La NCh 409/1-2005 actual, lo ubica en el Tipo II sustancias químicas de importancia para la salud, dentro del grupo de elementos no esenciales.

Las guías de la OMS (cuadro 8.10), lo ubica dentro de los valores de referencia que se establecen para sustancias químicas inorgánicas de fuentes industriales y núcleos habitados, cuya presencia en el agua puede afectar la salud, con un valor guía de $3 \mu\text{g/l} = 0,003 \text{ mg/l}$.

En Anexo 2.1 de informe final, se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas "Cadmio", de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

El cadmio es un metal que se utiliza en la industria del acero, industria del plástico y en pilas eléctricas, llega al ambiente por descargas de aguas residuales o por contaminación difusa. Puede contaminar el agua potable en forma posterior, por impurezas de soldaduras, tuberías galvanizadas y accesorios de gasfitería.

Su relación con la salud, radica en su posible efecto cancerígeno para los humanos, aunque no hay pruebas que ello ocurra por vía oral, sino más bien por inhalación. El consumo de tabaco es una fuente significativa de exposición. La toxicidad del cadmio afecta principalmente al riñón donde se acumula y tiene una vida media prolongada de 10-35 años.

3.2.2 Plomo:

La NCh 409/1-2005 actual, lo ubica en el Tipo II sustancias químicas de importancia para la salud, dentro del grupo de elementos no esenciales.

Las guías de la OMS (cuadro 8.16), lo ubica dentro de los valores de referencia correspondientes a productos químicos usados en el tratamiento de agua o procedentes de materiales en contacto con el agua, cuya presencia en el agua puede afectar la salud, con valor guía de $10 \mu\text{g/l} = 0,01 \text{ mg/l}$. Este valor guía tiene dos alertas:

- i) Valor de referencia provisional, dado que el valor calculado, es menor que el límite de cuantificación práctico.
- ii) Valor de referencia provisional, porque el valor calculado, es menor que el posible de alcanzar mediante métodos de tratamiento prácticos, control de fuentes, etc.

En Anexo 2.2 de este informe final se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas “Plomo”, de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

El plomo se utiliza principalmente en producción de baterías, soldaduras y aleaciones. El plomo rara vez está presente en el agua potable como consecuencia de fuentes naturales, su presencia se debe principalmente por efectos de agua corrosiva en sistemas domiciliarios que usan tuberías, soldaduras o accesorios que contienen plomo. Ello depende de muchos factores como son pH, T°, alcalinidad, permanencia extensión de las tuberías; las aguas blandas y ácidas son las que disuelven más plomo. Otro factor es el cloro libre en el agua potable que tiende a formar depósitos que contienen plomo más insoluble, mientras que las cloraminas pueden formar depósitos más solubles en la tubería de plomo.

Desde el punto de vista de la salud, la exposición al plomo se asocia a una gama de efectos, como: desarrollo neuronal, enfermedades cardiovasculares, deterioro de la función renal, hipertensión, deficiencia de la fertilidad y resultados adversos en el embarazo.

3.2.3 Turbiedad:

La NCh 409/1-2005 actual, la ubica en el Tipo I Parámetros Microbiológicos y Turbiedad.

Recordar que la normativa actual establece requisitos simultáneos para este parámetro, dado que en el año 2005 no fue posible acoger las recomendaciones de la OMS de 1 UNT, debido a la antigüedad y mal estado de las redes de distribución que había en el país en ese entonces.

Tipo I (Turbiedad, cumplimiento simultáneo)

- **Turbiedad Media Mensual:** ≤ 2 UNT (promedio aritmético)
- **Tolerancia muestras con turbiedad > 4 UNT:**
 - 5 %, cuando se analicen 20 o más muestras mensuales.
 - 1 muestra, si se analizan menos de 20 muestras mensuales.
- **Muestras con turbiedad entre 10 y 20 UNT:**
 - No pueden presentarse en un mismo periodo de 24 hrs. (días consecutivos).
- **Muestras con turbiedad > 20 UNT:** No puede presentarse ninguna en el mes.

Las guías de la OMS, la ubica dentro de los valores de referencia correspondientes a parámetros vinculados a Aspectos relativos a la aceptabilidad, con valor guía de 1 UNT.

En Anexo 2.3 de este informe final, se presenta ficha informativa sobre “Turbiedad”, de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

La OMS recomienda idealmente mantener la turbiedad en un valor <1 UNT, indica que este valor asegura la eficacia de la desinfección. Cuando esto no resulte práctico, el objetivo deberá ser mantenerla por debajo de 5 UNT, aunque la desinfección todavía deberá aplicarse si no se consigue 5 UNT. Con una turbiedad mayor de 1 UNT se requerirán mayores dosis de cloro o tiempos de contacto (Cuadros 7.7. y 7.8 de la Guía de la OMS). Por otra parte, en la parte 10 sobre la aceptabilidad en la guía de la OMS se indica que el aumento de la turbiedad reduce la claridad del agua al limitar la transmisión de la luz.

Debajo de 4 UNT se puede detectar solo con instrumentos, pero con 4 UNT o más puede verse a simple vista una suspensión de color blanco lechoso, barroso, rojo-marrón o negra. Los grandes sistemas de agua municipales deben producir consistentemente agua sin turbiedad visible, deben ser capaces de alcanzar 0,5 UNT antes de la desinfección en todo momento y un promedio de 0,2 UNT o menos. Sin embargo, los pequeños suministros, en particular aquellos con recursos limitados, puede que no logren alcanzar esos niveles.

3.3 Revisión de la información SISS, sobre los parámetros en estudio

Como parte de este estudio, se encuentra el objetivo revisar la información de los protocolos SISS PR 18: “Calidad del agua cruda” y PR 14: “Calidad del agua potable”, de los últimos 5 años, siendo el propósito principal de esta revisión identificar los parámetros actualmente normados, que ante posible modificaciones de la norma estarían en incumplimiento o riesgo de incumplimiento y su ubicación a nivel de los distintos servicios de agua potable.

Estos antecedentes se encuentran disponibles en la SISS, ya que son enviados a este organismo fiscalizador, como parte del autocontrol que las propias empresas sanitarias realizan respecto de sus fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas, lo mismo que al agua potable en las redes de distribución, que es finalmente consumida por los clientes. Los archivos en planilla Excel entregados por el mandante, para desarrollar esta parte, fueron:

- PR-018: Calidad del Agua cruda. Resultados y parámetros críticos
- Datos_PR014: Control de Calidad del agua potable, según NCh 409
- Evalua_PR014: Evaluación Calidad del agua potable, según NCh 409

Se revisaron los datos del año 2016 hasta lo que va corrido del año 2021, tanto para las captaciones de agua cruda como para el agua potable. El universo de datos disponibles para este periodo, alcanzan del orden de 65.500 datos de calidad de fuentes y 393.000 datos de calidad del agua potable, todos ellos resultados de análisis que se obtienen a partir de las frecuencias de control requeridas por las regulaciones vigentes, que corresponden a las propias normas y en su ausencia a las instrucciones del organismo fiscalizador.

Para fuentes de agua potable, cuya calidad es controlada por Ord. SISS 4423-2016, las frecuencias de control de los distintos parámetros, se realiza según la siguiente tabla:

Tabla 4: Muestreo para Fuentes de Agua potable

Tipo de fuente	Uso	Parámetros a controlar	Frecuencia de control
Superficial Subterránea	Productiva, independiente frecuencia de uso y caudal	Todos los de NCh 409/1, excepto sabor y cl libre res	C/año fuentes superficiales C/3 años fuentes subterráneas
Superficial Subterránea	Nueva que entra en operación	Todos los de NCh 409/1, excepto sabor y cl libre res	En el periodo de habilitación
Superficial Subterránea	Entregó producción en el año calendario a informar	Parámetros críticos	Cada semestre
Superficial Subterránea	Entregó producción en el año calendario a informar	Parámetros en observación	6 veces al año homogéneo o focalizado, según riesgo de su presencia
Subterránea	Entregó producción en el año calendario a informar	Parámetros obligatorios, que no coincidan con crítico o en observación	Una vez al año As, Fe, Mn, Nitrato y Sulfato

De igual modo, las frecuencias para el control del agua potable distribuida en los distintos servicios, que se debe realizar según disposiciones de la norma NCh 409/2: Agua potable Muestreo, obedece a la siguiente tabla:

Tabla 5: Muestreo para Agua potable en la red de distribución

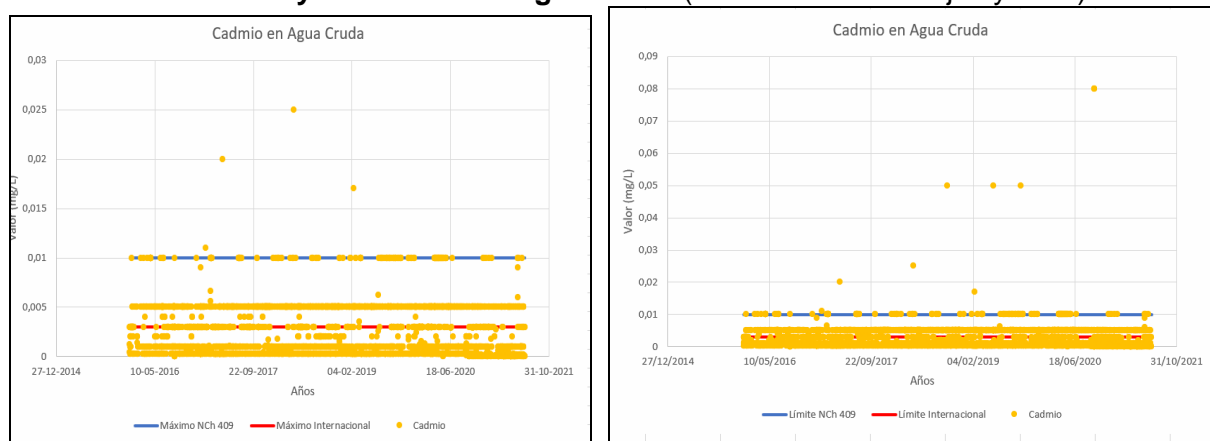
Parámetro	Requisito Norma NCh 409/1	Frecuencia de Control	N° de Muestras NCh 409/2
Tipo I	Turbiedad y Microbiológico (Coliformes totales, <i>E. coli</i>)	4 a 20 días/mes (Según pob, abastecida)	Mín.:8 /mes Máx.: 500/mes (Según pob. abastecida)
Tipo II y Tipo IV	Sustancias de importancia para la salud y Parámetros organolépticos	Semestral	2 (si fuente es superficial o mixta)
		Anual	1 (si fuente es sólo subterránea)
Tipo III	Parámetros Radiactivos	Definida por autoridad competente	Definida por autoridad competente
Tipo V	Desinfección (Cloro libre residual)	Diaria	Mín.:30/mes Máx.: 500/mes (Según pob. abastecida)
Parámetros Críticos	Propios del servicio	Uniforme en el mes	Mín.:4 /mes Máx.: 50/mes (Según pob. abastecida)

Al realizar el seguimiento de la información de últimos 5 años (2016-2021) para los 3 parámetros en estudio Cd, Pb, Turbiedad, se obtienen las gráficas de comportamiento que se muestran en este capítulo del presente informe.

Cabe señalar, que para el análisis de estos valores se debe considerar el límite de detección que informan hoy en día los laboratorios el cual está en función del actual valor normado y que según Manual de métodos para agua potable SISS-2007, debe ser al menos de 0,005 mg/l para Cadmio y 0,03 mg/l para Plomo, en ambos casos por método de Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa. Lo anterior indica que puede que existan valores de Cadmio y/o Plomo, que no hayan sido detectados, tanto en las distintas fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas, como en el agua potable de la red de distribución. Los listados de excedencias que se presentan más adelante, son posibles de obtener, porque algunos laboratorios trabajan actualmente con límites de detección más bajos que los exigidos y otros han migrado a técnicas analíticas más sensibles.

3.3.1 Cadmio en Agua cruda de fuentes y en Agua Potable

Gráficos 1 y 2: Cadmio en Agua cruda (concentraciones bajas y altas)



La identificación de las captaciones afectadas con presencia de Cadmio en concentraciones superiores al actual límite normado de 0,01 mg/l es la siguiente (9 muestreos):

Tabla 6: Cadmio en Agua cruda de fuentes con valores >0.01 mg/l (NCh 409/1 actual)

	RAZON SOCIAL	NOMBRE OBRA	FECHA	PARAMETRO	SIGNO	VALOR MEDIDO	LABORATORIO
1.	ESSBIO S.A.	SONDAJE 1192	23-01-2017	CADMIO	=	0,011	SGS
2.	ESSBIO S.A.	SONDAJE 1626	20-04-2017	CADMIO	=	0,02	SGS
3.	A. PATAGONIA DE AYSEN	Estero Tamango Cochrane	16-04-2018	CADMIO	=	0,025	HIDROLAB
4.	A. PATAGONIA AYSEN S.A.	Estero El Manzanito Pto. Ibañez	01-10-2018	CADMIO	=	0,05	HIDROLAB
5.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Cabuza 5	14-05-2019	CADMIO	=	0,05	SGS
6.	A. ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS	14-02-2019	CADMIO	=	0,017	ANAM
7.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. SAN PEDRO	22-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA
8.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. HOJALAR	22-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA
9.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. PD TOCOPILLA	21-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA

Llama la atención estas concentraciones de Cadmio en agua cruda, ya que ninguna empresa lo ha declarado como parámetro crítico o en observación en sus fuentes de abastecimiento. Se podría entender, que se trataría de valores puntuales que no se repitieron en los siguientes controles programados (c/1 año fuente superficial, c/3 años fuentes subterráneas). Este hecho hace recomendar, que en las fuentes también se debieran exigir los remuestreos, situación que hoy en día no está considerada en el instructivo Ord. SISS 4423-2016.

Si la revisión se realiza para el nuevo valor guía OMS de 3 ppb para Cd, aumenta considerablemente el N° de fuentes donde se detectó su presencia, llegando a 104 muestreos.

Tabla 7: Cadmio en Agua cruda de fuentes con valores >3 ppb (nueva Guía OMS)

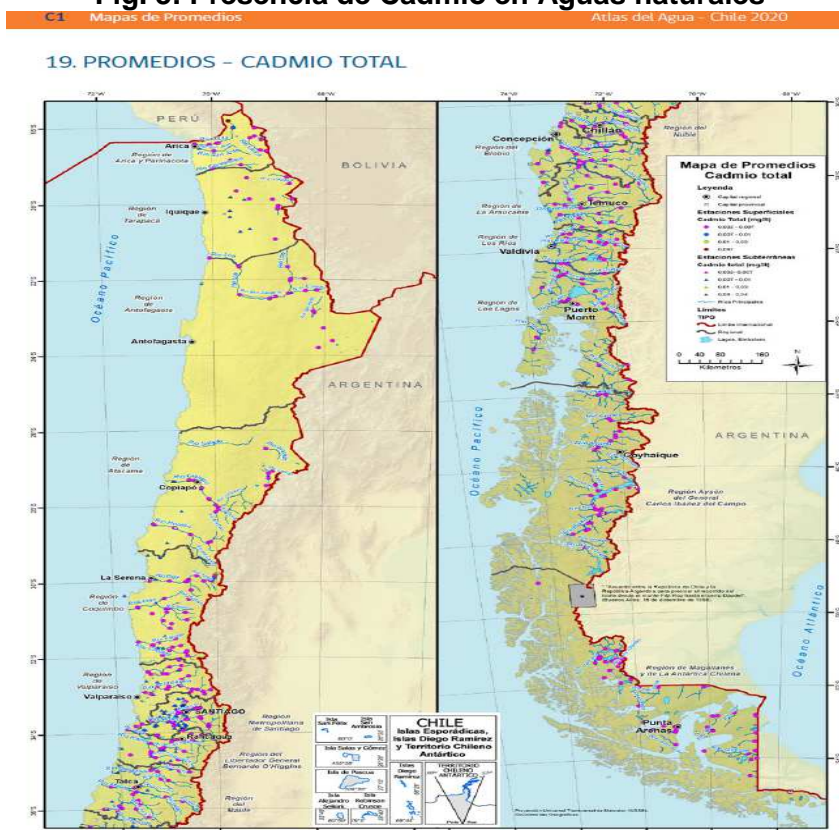
RAZON SOCIAL	NOMBRE OBRA	FECHA	PARAMETRO	SIGNO	VALOR MEDIDO	LABORATORIO
1. A. PATAGONIA S.A.	RIO COYHAIQUE	21-03-2016	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
2. ESSBIO S.A.	SONDAJE Huertos familiares	18-08-2016	CADMIO	=	0,01	BIODIVERSA VIÑA
3. A. MANQUEHUE S.A.	Captación canal La Dehesa	28-12-2016	CADMIO	=	0,009	ANAM
4. ESSAL S.A.	SONDAJE 482	16-02-2017	CADMIO	=	0,0066	ANAM
5. ESSAL S.A.	SONDAJE 2050	16-02-2017	CADMIO	=	0,0056	ANAM
6. ESSBIO S.A.	SONDAJE 1192	23-01-2017	CADMIO	=	0,011	SGS
7. ESSBIO S.A.	SONDAJE 1626	20-04-2017	CADMIO	=	0,02	SGS
8. NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje Cerrillos CE02	09-08-2017	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
9. NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje Santa Ines SI03	19-07-2017	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
10. BCC S.A.	POZO 4	09-11-2017	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
11. BCC S.A.	POZO 2	11-09-2017	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
12. BCC S.A.	POZO 2	09-11-2017	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
13. A. PATAGONIA DE AYSEN	ESTERO TAMANGO	16-04-2018	CADMIO	=	0,025	HIDROLAB
14. A. PATAGONIA DE AYSEN	ESTERO SAN LUIS	15-05-2018	CADMIO	=	0,004	HIDROLAB
15. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Azapa N° 3 Pozo 492	14-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
16. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Las Maitas	11-12-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
17. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 2	19-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
18. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 9	21-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
19. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 17	06-09-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
20. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 16	10-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
21. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 5A	10-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
22. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 1 Canchones	24-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
23. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 3 Canchones	24-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
24. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 4 Canchones	24-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
25. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 5 Canchones	14-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
26. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 6 Canchones	14-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
27. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 7 Canchones	14-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
28. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Cumiñalla 493	12-12-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
29. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 13A	20-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
30. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Rodovario	08-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
31. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lauca 6 A	08-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
32. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 3	10-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
33. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 4A	13-12-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
34. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 1	19-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
35. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Reten Estadio Pozo 714	14-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
36. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 1 La Tirana	17-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
37. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 12	06-09-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
38. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 11	21-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
39. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 8	22-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
40. A. ALTIPLANO S.A.	Sondajes Los Pinos N° 568	11-12-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
41. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje 715 Copaja	10-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
42. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje 569 Pilon 18	08-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
43. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Angelmó	10-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
44. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje San José	08-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
45. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 2 La Tirana	12-07-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
46. A. ALTIPLANO S.A.	Dren Chintaguay	17-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
47. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 2	06-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
48. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 2A	06-11-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
49. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Pago de Gomez 1142	10-10-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
50. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 3	05-09-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
51. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 4	21-08-2018	CADMIO	=	0,005	SGS
52. A. PATAGONIA S.A.	ESTERO EL MANZANITO	01-10-2018	CADMIO	=	0,05	HIDROLAB
53. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Azapa N° 3 Pozo 492	10-04-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
54. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Las Maitas	25-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
55. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Cabuza N° 1	10-04-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
56. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 1	14-05-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
57. COOP. COM. DEL MAULE	Sondaje Planta Diego Portales	17-06-2019	CADMIO	=	0,0062	ALS
58. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 2	14-05-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
59. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Carbone N° 3	14-05-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
60. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Cabuza 5	14-05-2019	CADMIO	=	0,05	SGS
61. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Liga de Empleados	05-03-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
62. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Tucapel N° 4897	10-04-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
63. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Tucapel N° 4897	05-03-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
64. A. ALTIPLANO S.A.	Sondajes Los Pinos N° 568	22-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
65. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje 569 Pilon 18	05-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
66. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Reten Estadio Pozo 714	05-03-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
67. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje 715 Copaja	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
68. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Rodovario	10-04-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
69. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Rodovario	05-03-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
70. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje San José	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
71. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje San José	10-04-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
72. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lauca N° 1	08-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
73. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Chapiquiña	08-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
74. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lauca 6 A	08-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
75. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Angelmó	05-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
76. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 1 Dolores	10-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
77. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N 4 Dupliza	10-01-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
78. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Canchones E	21-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
79. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 1 Canchones	20-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
80. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 3 Canchones	20-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
81. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 4 Canchones	20-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
82. A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 5 Canchones	20-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS

83.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 6 Canchones	21-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
84.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje N° 7 Canchones	21-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
85.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Canchones H	21-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
86.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 4	11-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
87.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 8	26-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
88.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 9	11-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
89.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 11	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
90.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 12	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
91.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 17	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
92.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 1	13-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
93.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje El Carmelo N° 2	11-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
94.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Cumiñalla 494	21-02-2019	CADMIO	=	0,005	SGS
95.	A. DEL VALLE S.A.	POZO PTA PIEDRA 634-A	26-12-2019	CADMIO	=	0,004	BIODIVERSA VIÑA
96.	A. ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS	14-02-2019	CADMIO	=	0,017	ANAM
97.	A. ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 23	17-08-2020	CADMIO	=	0,005	SGS
98.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. SAN PEDRO	22-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA
99.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. HOJALAR	22-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA
100.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAP. PD TOCOPILLA	21-09-2020	CADMIO	=	0,08	A. ANTOFAGASTA
101.	A. DEL VALLE S.A.	Sondaje EW5	27-05-2021	CADMIO	=	0,009	BIODIVERSA VIÑA
102.	A. DEL VALLE S.A.	Noria Canela Baja_2010	31-05-2021	CADMIO	=	0,01	BIODIVERSA VIÑA
103.	A. DEL VALLE S.A.	DREN NUEVO	27-05-2021	CADMIO	=	0,006	BIODIVERSA VIÑA
104.	A. DEL VALLE S.A.	DREN CANELA BAJA 2007	31-05-2021	CADMIO	=	0,01	BIODIVERSA VIÑA

En la Tabla anterior, se observa que los lugares donde se detecta Cadmio, se repiten en varias captaciones y que muchos corresponden a agua subterránea de la zona norte especialmente sondajes de Aguas del Altiplano, Aguas del Valle y otros. En menor porcentaje aparece Cadmio en fuentes superficiales de distintas zonas del país, incluso en algunas ubicadas en el sur. Sin embargo, gran parte de estos puntos podrían ser valores informados como iguales al límite de detección del método y no corresponder a una real presencia del elemento, lo que disminuiría sustancialmente la detección de este contaminante en las fuentes de agua potable.

Para corroborar si existía presencia de cadmio en las aguas naturales del país, se revisó el “Atlas de calidad de aguas 2020” de la DGA, que señala valores promedios entre 0,002 y 0,087 mg/l para aguas superficiales y entre 0,002 y 0,04 mg/l para aguas subterráneas de acuerdo a la red nacional de monitoreo.

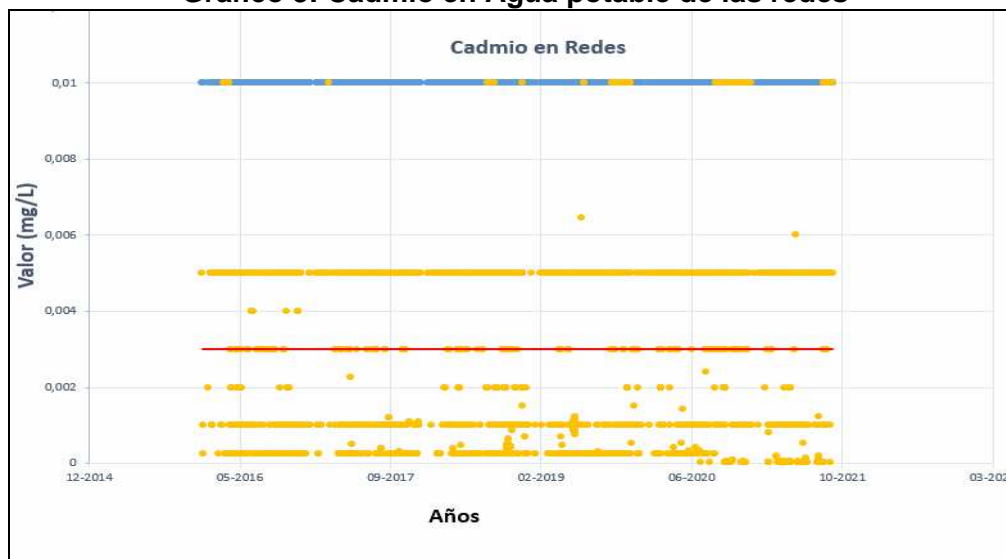
Fig. 3: Presencia de Cadmio en Aguas naturales



Fuente: DGA “Atlas de calidad de aguas 2020”

Si ahora este mismo análisis, se realiza para el agua potable de la red, se obtiene la siguiente grafica de comportamiento para Cadmio:

Grafico 3: Cadmio en Agua potable de las redes



De la gráfica anterior, se desprende que la norma actual de 0.01 mg/l como límite máximo para Cadmio, se cumple a nivel país, no detectándose incumplimientos respecto del actual valor normado para este parámetro. No obstante si la normativa fuese más estricta y el límite máximo se redujera a 0,003 mg/l = 3 µg/l = 3 ppb, existirían 2 servicios de agua potable que quedarían en incumplimiento, donde aparentemente la presencia de cadmio no fue detectada en los remuestreos, que en este caso si exige la norma NCh 409/2: Agua Potable Muestreo.

Tabla 8: Cadmio en Agua potable con valores >3 ppb (nueva Guía OMS)

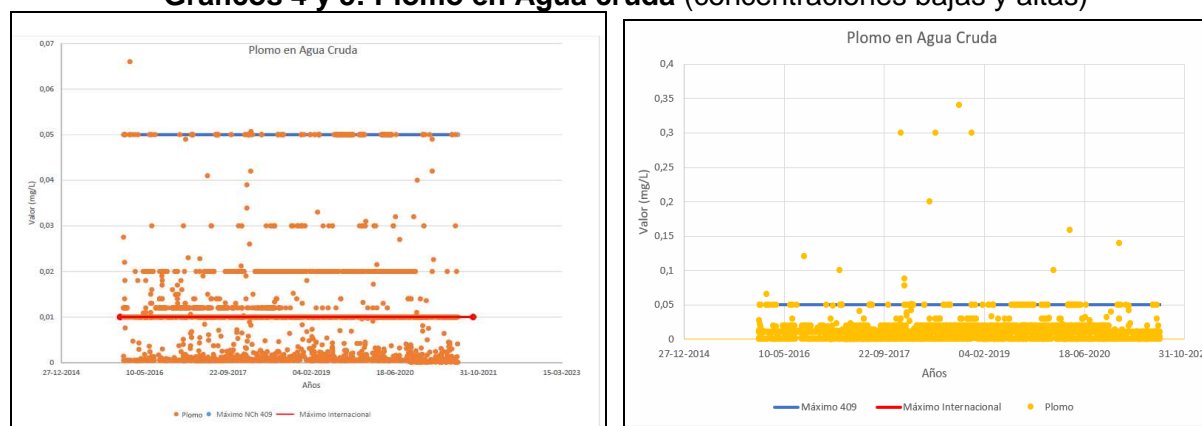
Razón social	Código	Sector	Fecha	Parámetro	Valor	Signo	Laboratorio	Servicio afectado
1. Coop. Com. del Maule	7314	6	17-06-2019	Cd	0,0065	=	ALS-Chile	Maule
2. Aguas del Valle S.A.	4303	2	31-05-2021	Cd	0,006	=	Biodiversa-Viña del mar	Los Vilos

A partir del análisis realizado en este informe y de común acuerdo con la inspección técnica de este proyecto por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se define no sugerir cambio para el límite máximo normado para Cadmio y mantener el valor de 0,01 mg/l de la actual NCh 409/1. Lo anterior debido a que los valores detectados en las aguas crudas de fuentes corresponden al rango informado como presente en forma natural en las aguas superficiales y subterráneas del país, según la red de monitoreo de la DGA, sumado a que gran parte de los valores especialmente los atribuibles a sondajes, podrían deberse al límite de detección del método analítico y no corresponder a contaminación por Cadmio en las fuentes de agua potable. Sin embargo, se hace notar que para aclarar estas dudas a tiempo, es recomendable que en las fuentes también se exijan remuestreos cuando se detecte su presencia, situación que hoy en día no está considerada en el instructivo Ord. SISS 4423-2016.

Por otra parte, este contaminante no aparece en el agua potable suministrada por las empresas concesionadas, cumpliéndose la actual normativa y detectándose un valor superior al internacionalmente recomendado sólo en 2 situaciones puntuales en base a la data revisada, que correspondió al autocontrol de las sanitarias de los últimos 5 años, periodo 2016 hasta lo que va corrido de 2021. Cabe destacar además que la propuesta de nuevo DS-735 "Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano" del MINSAL, tampoco considera modificar la concentración actualmente normada para este parámetro.

3.3.2 Plomo en Agua cruda de fuentes y en Agua Potable

Gráficos 4 y 5: Plomo en Agua cruda (concentraciones bajas y altas)



La identificación de las captaciones afectadas con presencia de Plomo en concentraciones superiores al actual límite normado de 0.05 mg/l es la siguiente (15 muestreos):

Tabla 9: Plomo en Agua cruda de fuentes con valores >0.05 mg/l (NCh 409/1 actual)

RAZON SOCIAL	NOMBRE OBRA	FECHA	PARAMETRO	VALOR MEDIDO	SIGNO	LABORATORIO
1. AGUAS MANQUEHUE S.A.	Captación canal La Dehesa	12-02-2016	PLOMO	0,066	=	ANAM
2. ESSBIO S.A.	Sondaje Huertos familiares	18-08-2016	PLOMO	0,12	=	BIODIVERSA VIÑA
3. NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje QA01	13-02-2017	PLOMO	0,1	-	HIDROLAB
4. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	13-12-2017	PLOMO	0,3	-	ANALAB
5. SERVICIO MUNICIPAL DE MAIPU	R0101-PZ01A-SAN JOSE	08-05-2018	PLOMO	0,2	-	CESMEC
6. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	05-06-2018	PLOMO	0,3	-	ANALAB
7. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	05-12-2018	PLOMO	0,3	-	ANALAB
8. A. PATAGONIA DE AYSÉN S.A.	ESTERO EL MANZANITO	01-10-2018	PLOMO	0,34	=	HIDROLAB
9. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS	01-01-2018	PLOMO	0,078	=	ANAM
10. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS	01-01-2018	PLOMO	0,088	=	ANAM
11. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	07-02-2018	PLOMO	0,051	=	ANAM
12. AGUAS DEL VALLE S.A.	Pozo 3	17-01-2020	PLOMO	0,1	=	BIODIVERSA VIÑA
13. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS	07-04-2020	PLOMO	0,159	=	ANAM
14. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	09-12-2020	PLOMO	0,14	-	ANALAB
15. SERVICIOS LARAPINTA S.A.	POZO-7	25-06-2021	PLOMO	1	-	HIDROLAB

Las líneas marcadas en rojo tienen un aparente error en el signo, pero si corresponden a valores >0,05 mg/l. El valor 1 mg/l podría ser un error de transcripción, ya que el signo es -, lo que estaría indicando menor que.

Para plomo ocurre la misma situación antes descrita, ya que aparecen controles en agua cruda superiores a la norma actual de 0,05 mg/l, mientras que ninguna empresa ha declarado Plomo como parámetro crítico o en observación en sus fuentes. Sin embargo para el caso del Plomo, no se trata sólo de situaciones puntuales, ya que existen algunas fuentes donde esta presencia es reiterativa, como Canal La Luz y Toma independiente del complejo Vizcachas.

Si la revisión se realiza para nuevo valor guía OMS de 0,01 mg/l, aumenta considerablemente el N° de fuentes donde se detectó efectiva presencia de Plomo, llegando a 113 muestreos.

Tabla 10: Plomo en Agua cruda de fuentes con valores >0.01 mg/l (nueva Guía OMS)

RAZON SOCIAL	NOMBRE OBRA	FECHA	PARAMETRO	SIGNO	VALOR MEDIDO	LABORATORIO
1. HUERTOS FAMILIARES	Pozo 3	17-05-2016	PLOMO	=	0,011	HIDROLAB
2. HUERTOS FAMILIARES	Don Mauricio	17-05-2016	PLOMO	=	0,018	HIDROLAB
3. ESVAL S.A.	PARRONES 5/1146	11-01-2016	PLOMO	=	0,014	BIODIVERSA VIÑA
4. ESVAL S.A.	Sondaje 6-A Parrones	11-01-2016	PLOMO	=	0,022	BIODIVERSA VIÑA
5. ESVAL S.A.	CHARRAVATA 4	13-01-2016	PLOMO	=	0,018	BIODIVERSA VIÑA
6. ESVAL S.A.	POZO 12 Parrones QUI	11-01-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
7. LARAPINTA S.A.	POZO-3	22-06-2016	PLOMO	=	0,016	HIDROLAB
8. LARAPINTA S.A.	POZO-7	22-06-2016	PLOMO	=	0,013	HIDROLAB
9. SAN ISIDRO S.A.	NORIA 2 LOS MOLLES	16-06-2016	PLOMO	=	0,013	HIDROLAB
10. SAN ISIDRO S.A.	NORIO 3 LOS MOLLES	16-06-2016	PLOMO	=	0,011	HIDROLAB
11. SAN ISIDRO S.A.	NORIA 5 LOS MOLLES	16-06-2016	PLOMO	=	0,013	HIDROLAB
12. ESSBIO S.A.	SONDAJE 1385	22-06-2016	PLOMO	=	0,03	SGS
13. ESSBIO S.A.	SONDAJE 384	22-06-2016	PLOMO	=	0,05	SGS
14. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. LA FLORIDA	05-01-2016	PLOMO	=	0,0275	ANAM
15. AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. LA FLORIDA	03-05-2016	PLOMO	=	0,0109	ANAM

16.	AGUAS MANQUEHUE	Cap. canal La Dehesa	12-02-2016	PLOMO	=	0,066	ANAM
17.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje Vicuña VIO7	30-03-2016	PLOMO	=	0,018	HIDROLAB
18.	AGUAS DEL VALLE S.A.	DREN ANTIGUO	24-10-2016	PLOMO	=	0,016	BIODIVERSA VIÑA
19.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Sondaje 9-2014 Pta Piedra	22-08-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
20.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Sondaje 8-2014 Pta Piedra	22-08-2016	PLOMO	=	0,019	BIODIVERSA VIÑA
21.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Sondaje 12-2015 Pta Piedra	23-08-2016	PLOMO	=	0,017	BIODIVERSA VIÑA
22.	AGUAS DEL VALLE S.A.	POZO LAS CIAS 4	23-08-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
23.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Las Rojas	16-11-2016	PLOMO	=	0,015	BIODIVERSA VIÑA
24.	AGUAS DEL VALLE S.A.	POZO PTA PIEDRA 106	23-11-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
25.	AGUAS DEL VALLE S.A.	POZO PTA PIEDRA 628	24-11-2016	PLOMO	=	0,013	BIODIVERSA VIÑA
26.	ESVAL S.A.	CANAL LA PETACA	24-08-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
27.	ESVAL S.A.	RIECILLO	24-08-2016	PLOMO	=	0,018	BIODIVERSA VIÑA
28.	AGUAS DEL VALLE S.A.	POZO N 931	14-11-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
29.	ESVAL S.A.	SONDAJE 758	23-11-2016	PLOMO	=	0,014	BIODIVERSA VIÑA
30.	ESVAL S.A.	SOND.849 - A RINCONADA	23-11-2016	PLOMO	=	0,017	BIODIVERSA VIÑA
31.	ESVAL S.A.	SONDAJE N° 759	23-11-2016	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
32.	ESVAL S.A.	SOND.4 BELLAVISTA	28-11-2016	PLOMO	=	0,015	BIODIVERSA VIÑA
33.	SAN ISIDRO S.A.	NORIA 2 LOS MOLLES	14-12-2016	PLOMO	=	0,018	HIDROLAB
34.	ESSBIO S.A.	PUNTERAS CALABOZO	18-08-2016	PLOMO	=	0,02	BIODIVERSA VIÑA
35.	ESSBIO S.A.	BUEN RETIRO 1-1	18-08-2016	PLOMO	=	0,02	BIODIVERSA VIÑA
36.	ESSBIO S.A.	SONDAJE HUERTOS Familiares	18-08-2016	PLOMO	=	0,12	BIODIVERSA VIÑA
37.	NUEVO SUR MAULE	CURANILAHUE	29-12-2016	PLOMO	=	0,03	SGS
38.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	11-11-2016	PLOMO	=	0,0149	ANAM
39.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje QA 01	19-12-2016	PLOMO	=	0,016	HIDROLAB
40.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje QA01	13-02-2017	PLOMO	-	0,1	HIDROLAB
41.	ESSAL S.A.	SONDAJE 2115	06-04-2017	PLOMO	=	0,0228	ANAM
42.	NUEVO SUR MAULE	POZO 517	25-05-2017	PLOMO	=	0,02	SGS
43.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje Piedra Colgada PC06	11-01-2017	PLOMO	=	0,049	HIDROLAB
44.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Dren Canela Alta 2007	23-05-2017	PLOMO	=	0,015	BIODIVERSA VIÑA
45.	AGUAS DEL VALLE S.A.	DREN NUEVO	09-01-2017	PLOMO	=	0,013	BIODIVERSA VIÑA
46.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Noria Canela Alta_2009	09-01-2017	PLOMO	=	0,013	BIODIVERSA VIÑA
47.	AGUAS DEL VALLE S.A.	NORIA LAS LLUVIAS	05-01-2017	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
48.	AGUAS DEL VALLE S.A.	DREN ASIEN TO VIEJO	07-03-2017	PLOMO	=	0,014	BIODIVERSA VIÑA
49.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Las Rojas	22-05-2017	PLOMO	=	0,041	BIODIVERSA VIÑA
50.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Derivación canal bellavista	07-03-2017	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
51.	ESVAL S.A.	Fuente Sub. Dren Laguna	28-02-2017	PLOMO	=	0,014	BIODIVERSA VIÑA
52.	ESVAL S.A.	SOND. RECINTO EL CRISTO N°1	26-04-2017	PLOMO	=	0,012	BIODIVERSA VIÑA
53.	ESVAL S.A.	SARGENTO ALDEA	25-04-2017	PLOMO	=	0,019	BIODIVERSA VIÑA
54.	AGUAS ANDINAS S.A.	1191-PENAFLO R 4	10-02-2017	PLOMO	=	0,0106	ANAM
55.	AGUAS DE COLINA S.A.	Sondaje 2	16-01-2017	PLOMO	=	0,012	HIDROLAB
56.	A. CORDILLERA S.A.	Cap. Planta Padre Hurtado	26-01-2017	PLOMO	=	0,023	ANAM
57.	ESVAL S.A.	CHARRAVATA 1	03-08-2017	PLOMO	=	0,014	BIODIVERSA VIÑA
58.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	25-12-2017	PLOMO	=	0,0103	ANAM
59.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	10-12-2017	PLOMO	=	0,0212	ANAM
60.	A. CORDILLERA S.A.	Cap. Río Mapocho San Enrique	06-09-2017	PLOMO	=	0,0131	ANAM
61.	A. CORDILLERA S.A.	Cap. Río Mapocho Lo Gallo	07-11-2017	PLOMO	=	0,013	ANAM
62.	ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	13-12-2017	PLOMO	-	0,3	ANALAB
63.	SERVICIO MAIPU	R0901-PZ08A-SANTA ADELA	09-03-2018	PLOMO	=	0,02	CESMEC
64.	COOPAGUA LTDA.	Río Maipo	06-03-2018	PLOMO	=	0,02	CESMEC
65.	SERVICIO MAIPU	R0101-PZ01A-SAN JOSE	08-05-2018	PLOMO	-	0,2	CESMEC
66.	ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	05-06-2018	PLOMO	-	0,3	ANALAB
67.	ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	05-12-2018	PLOMO	-	0,3	ANALAB
68.	SACYR CHACABUCO	COLINA 10	28-06-2018	PLOMO	=	0,0133	ANAM
69.	A. ANTOFAGASTA S.A.	CAPTACIÓN SAN PEDRO	09-07-2018	PLOMO	=	0,014	A. ANTOFAGASTA
70.	A. MANQUEHUE S.A.	3215-LA DEHESA 15	18-10-2018	PLOMO	=	0,0152	ANAM
71.	A. PATAGONIA AYSÉN	ESTERO EL MANZANITO	01-10-2018	PLOMO	=	0,34	HIDROLAB
72.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. (COMPLEJO VIZCACHAS)	08-11-2018	PLOMO	=	0,014	ANAM
73.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. (COMPLEJO VIZCACHAS)	11-12-2018	PLOMO	=	0,013	ANAM
74.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	01-01-2018	PLOMO	=	0,078	ANAM
75.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. COMPLEJO VIZCACHAS)	08-01-2018	PLOMO	=	0,019	ANAM
76.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	29-01-2018	PLOMO	=	0,026	ANAM
77.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	05-02-2018	PLOMO	=	0,042	ANAM
78.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	19-02-2018	PLOMO	=	0,015	ANAM
79.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	01-01-2018	PLOMO	=	0,0875	ANAM
80.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	08-01-2018	PLOMO	=	0,014	ANAM
81.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	13-01-2018	PLOMO	=	0,0339	ANAM
82.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	13-01-2018	PLOMO	=	0,039	ANAM
83.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP. PLANTA LA FLORIDA	07-02-2018	PLOMO	=	0,0507	ANAM
84.	A. DEL ALTIPLANO S.A.	Sondaje Azapa N° 3 Pozo 492	10-04-2019	PLOMO	=	0,02	SGS
85.	EL COLORADO S.A.	Captación Estero Manzanito	27-12-2019	PLOMO	=	0,031	C. LATORRE
86.	A. MANQUEHUE S.A.	BT PTAP CHAMISERO	10-12-2019	PLOMO	=	0,0132	ANAM
87.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	07-01-2019	PLOMO	=	0,018	ANAM
88.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	14-02-2019	PLOMO	=	0,02	ANAM
89.	REMOD. SAN BORJA	POZO PROFUNDO	22-06-2020	PLOMO	=	0,032	C. LATORRE
90.	SACYR CHACABUCO	ACONCAGUA 4	10-02-2020	PLOMO	=	0,0172	ANAM
91.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Las Rojas	14-02-2020	PLOMO	=	0,02	SGS
92.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Las Rojas	14-02-2020	PLOMO	=	0,02	SGS
93.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Pozo 3	17-01-2020	PLOMO	=	0,1	BIODIVERSA VIÑA
94.	AGUAS DEL VALLE S.A.	Pozo N°1 Los Mandarinos	20-02-2020	PLOMO	=	0,02	SGS
95.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	02-03-2020	PLOMO	=	0,0215	ANAM
96.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	07-04-2020	PLOMO	=	0,159	ANAM
97.	AGUAS ANDINAS S.A.	1252-P. ALEGRE 4	09-04-2020	PLOMO	=	0,013	ANAM
98.	A. DEL ALTIPLANO S.A.	Sondaje Lluta N° 10	17-02-2020	PLOMO	=	0,02	SGS
99.	ESSBIO S.A.	SONDAJE 1-2006	24-02-2020	PLOMO	=	0,03	SGS

100.	ESSBIO S.A.	SONDAJE 3453	14-02-2020	PLOMO	=	0,03	SGS
101.	A. MAGALLANES S.A.	Captación N° 2	27-10-2020	PLOMO	=	0,011	HIDROLAB
102.	REMOD. SAN BORJA	POZO PROFUNDO	09-10-2020	PLOMO	=	0,032	C. LATORRE
103.	ESVAL S.A.	Sondaje El Granado	30-10-2020	PLOMO	=	0,04	BIODIVERSA VIÑA
104.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje QA01	27-08-2020	PLOMO	=	0,02	HIDROLAB
105.	NUEVA ATACAMA S.A.	Sondaje QA01	22-07-2020	PLOMO	=	0,02	HIDROLAB
106.	ESSBIO S.A.	SONDAJE 507	07-09-2020	PLOMO	=	0,02	SGS
107.	A. CORDILLERA S.A.	2146-LO MATTA 8	17-07-2020	PLOMO	=	0,027	ANAM
108.	A. MANQUEHUE S.A.	BT PTAP CHAMISERO	23-12-2020	PLOMO	=	0,0136	ANAM
109.	A. ARAUCANIA S.A.	Sondaje N° 9090	18-11-2020	PLOMO	=	0,014	HIDROLAB
110.	ALBERTO PLANELLA ORTIZ	CANAL LA LUZ	09-12-2020	PLOMO	-	0,14	ANALAB
111.	AGUAS ANDINAS S.A.	CAP.(COMPLEJO VIZCACHAS)	05-02-2021	PLOMO	=	0,0226	ANAM
112.	NUEVA ATACAMA S.A.	Captación Canal Mal Paso	28-01-2021	PLOMO	=	0,049	HIDROLAB
113.	NUEVA ATACAMA S.A.	Captación Canal Mal Paso	28-01-2021	PLOMO	=	0,042	HIDROLAB

Las líneas marcadas en rojo tienen un aparente error en el signo, pero si corresponden a valores >0,01 mg/l.

En la Tabla anterior, se observa que los lugares donde se detecta presencia de este elemento Plomo, se repiten en el tiempo en varias captaciones y que muchos de ellos corresponden a agua subterránea de la zona norte y centro norte especialmente sondajes de Nueva Atacama, Aguas del Valle y Esvál, pero también aparece en pozos de la RM y en aguas superficiales de distintas zonas del país, incluso algunas ubicadas en el sur.

Para corroborar si efectivamente existía presencia de plomo en las aguas naturales, se revisó el “Atlas de calidad de aguas 2020” de la DGA, que señala promedios entre 0,005 y 2 mg/l para aguas superficiales y entre 0,005 y 0,24 mg/l para aguas subterráneas, de acuerdo a la red nacional de monitoreo.

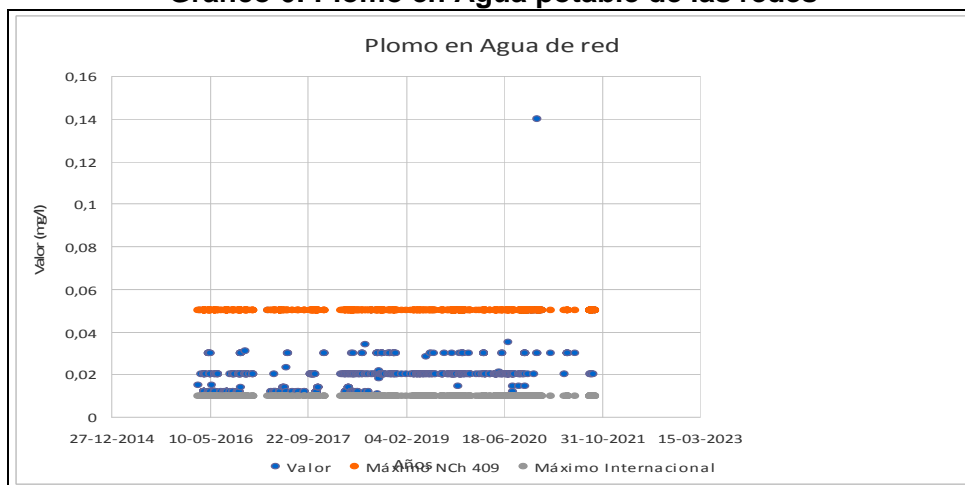
Fig. 4: Presencia de Plomo en Aguas naturales



Fuente: DGA “Atlas de calidad de aguas 2020”

Si ahora este mismo análisis se realiza para el agua potable de la red, que se distribuye a los consumidores, se obtiene la siguiente grafica de comportamiento para Plomo:

Gráfico 6: Plomo en Agua potable de las redes



De la gráfica anterior, se desprende que límite máximo actual de 0,05 mg/l para Plomo, se cumple a nivel país en los últimos 5 años, con una sola excepción (tabla siguiente):

Tabla 11: Plomo en Agua potable con valores >0,05 mg/l (NCh 409/1 actual)

Razón social	Código	Sector	Fecha	Parámetro	Valor	Signo	Laboratorio	Servicio afectado
1. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	13505	3	09-12-2020	Pb	0,14	=	ANALAB	Sta. Rosa del Peral

No obstante si la normativa fuese más estricta y el límite máximo se redujera a 0,01 mg/l, existirían 26 servicios de agua potable que quedarían en incumplimiento y donde aparentemente la presencia de plomo no fue detectada en los remuestreos según NCh 409/2.

Tabla 12: Plomo en Agua potable con valores >0,01 mg/l (nueva Guía OMS)

Razón social	Código	Sector	Fecha	Parámetro	Valor	Signo	Laboratorio	Servicio afectado
1. A.PATAGONIA DE AYSEN	11102	1	10-03-2016	Pb	0,015	=	HIDROLAB	Coyhaique
2. A. MANQUEHUE S.A.	13680	3	04-05-2016	Pb	0,0106	=	ANAM	Alto Lampa
3. A.PATAGONIA DE AYSEN	11104	3	23-05-2016	Pb	0,015	=	HIDROLAB	Pto. Chacabuco
4. BCC S.A.	13640	2	17-10-2016	Pb	0,014	=	HIDROLAB	Valle grande Lampa
5. A. ARAUCANIA S.A.	9106	1	10-11-2016	Pb	0,031	=	HIDROLAB	Renaico
6. A. ARAUCANIA S.A.	9105	7	16-05-2017	Pb	0,05	=	SGS	Purén
7. A. SANTIAGO PONIENTE	13628	5	07-06-2017	Pb	0,023	=	HIDROLAB	Barrancas
8. A. ARAUCANIA S.A.	9215	4	08-05-2018	Pb	0,03	=	SGS	Pto. Saavedra
9. ESSAL S.A.	10321	12	17-07-2018	Pb	0,0341	=	ANAM	P. Montt E-F-I
10. SERVICIOS TOTORALILLO	4307	1	17-07-2018	Pb	0,02	=	HIDROLAB	Totalalillo
11. ESSAL S.A.	10408	5	13-09-2018	Pb	0,0109	=	ANAM	Ancud- Caicumeo
12. ESSAL S.A.	10406	2	24-09-2018	Pb	0,0182	=	ANAM	Achao
13. ESSAL S.A.	10407	5	24-09-2018	Pb	0,0216	=	ANAM	Dalcahue
14. A. MANQUEHUE S.A.	13680	2	23-05-2019	Pb	0,0286	=	ANAM	Alto Lampa
15. ESVAL S.A.	5305	7	01-10-2019	Pb	0,03	=	Biodiversa-Viña	Villa Alemana
16. ESVAL S.A.	5304	7	01-10-2019	Pb	0,02	=	Biodiversa-Viña	Quilpue
17. ESSAL S.A.	10107	1	29-10-2019	Pb	0,0142	=	ANAM	Mafil
18. ESVAL S.A.	5312	2	05-11-2019	Pb	0,03	=	Biodiversa-Viña	Algarrobo
19. A. DEL ALTIPLANO S.A.	1205	3	17-02-2020	Pb	0,02	=	A. Altiplano	La Tirana
20. ESSBIO S.A.	6204	3	17-03-2020	Pb	0,02	=	SGS	Pichilemu
21. A. CORDILLERA S.A.	13403	8	24-05-2020	Pb	0,0212	=	ANAM	Los Dominicos
22. A. ARAUCANIA S.A.	9202	1	13-07-2020	Pb	0,035	=	HIDROLAB	Cholchol
23. ESSAL S.A.	10408	1	05-08-2020	Pb	0,012	=	ANAM	Ancud- Caicumeo
24. ESSBIO S.A.	8114	1	17-11-2020	Pb	0,02	=	SGS	Florida
25. ALBERTO PLANELLA ORTIZ	13505	3	09-12-2020	Pb	0,14	=	ANALAB	Sta. Rosa del Peral
26. EXPLOT. SANITARIAS	13616	4	08-09-2021	Pb	0,02	=	HIDROLAB	Quilicura

A partir del análisis realizado en este informe y en concordancia con la inspección técnica de este proyecto por parte de la SISS, se define que es recomendable continuar en este estudio con la posible reducción del límite máximo actualmente normado para Plomo. Lo anterior debido a que en los últimos 5 años este contaminante no sólo aparece en las fuentes de abastecimiento, sino que también aparece en el agua potable suministrada por las empresas sanitarias en varios servicios del país, con concentración superior a la recomendada por la OMS, también regulada en otras normativas internacionales. Cabe destacar, que la propuesta de nuevo DS-735 “Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano” del MINSAL, si considera modificar la norma actual para este parámetro, debido a sus posibles efectos sobre la salud de los consumidores.

El nuevo límite máximo podría corresponder al mismo valor guía definido como provisional por la OMS de 0,01 mg/l, o bien considerar como alternativa el valor 0,015 mg/l definido por la EPA como nivel de acción, para gatillar planes de seguimiento y monitoreo, pero que no corresponde a un límite estricto de cumplimiento. Igual como sucedió con el arsénico en el año 2005, este nuevo límite para plomo debiera tener una gradualidad de cumplimiento, de tal forma que se adecuen las técnicas analíticas para asegurar límites de detección confiables y baja incertidumbre de resultados en las concentraciones más bajas que se deberán determinar.

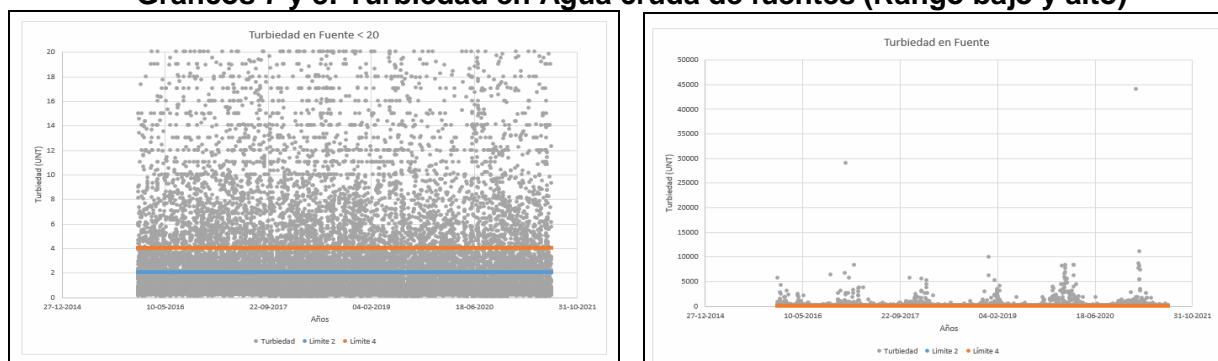
Por otra parte, esta reducción en la concentración normada de Plomo, debiera inducir a que se disponga de información suficiente, que permita identificar si el problema ocurre en nuestro país debido a un aporte del contaminante en los sistemas de distribución, fuera o dentro de los domicilios, edificios, condominios, etc., por tuberías o griferías antiguas, soldaduras de plomo, efectos de la corrosión, o porque el contaminante que llega a las fuentes de abastecimiento, no es posible de ser removido con los procesos de tratamiento actualmente aplicados.

3.3.3 Turbiedad en Agua cruda de fuentes y en Agua Potable

La turbiedad es un parámetro muy importante en fuentes de abastecimiento, ya que de ella depende el tratamiento a aplicar a las aguas crudas de las fuentes de abastecimiento: filtración directa, coagulación-floculación-sedimentación, pre-sedimentación, etc.; también en el agua tratada donde está ligada directamente a la eficiencia de la desinfección por cloración. También en el agua potable de las redes adquiere una gran importancia, por reflejar el estado de limpieza de los sistemas de distribución, para finalmente ser la forma de apariencia con la que los consumidores califican la calidad del agua.

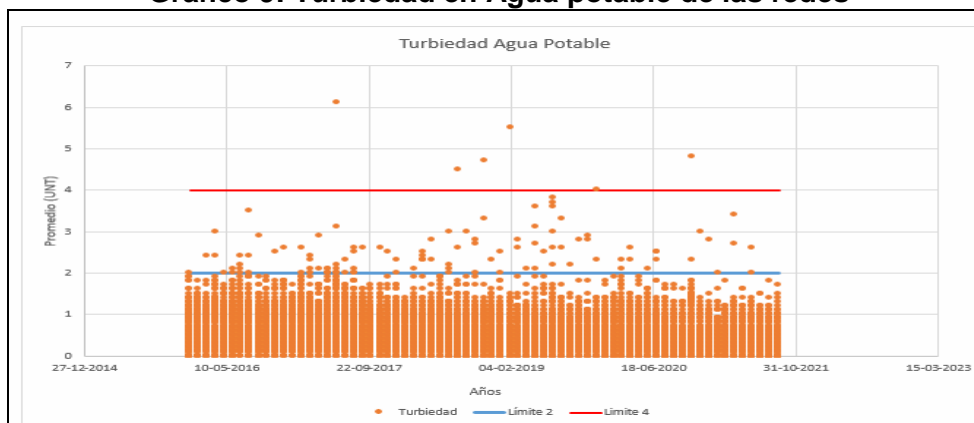
En la naturaleza la turbiedad de las aguas crudas puede ser muy variable, normalmente es baja para fuentes de tipo subterráneo <1 UNT, mientras que el caso de captaciones superficiales puede abarcar un amplio rango, desde valores bajos <10 UNT hasta valores muy altos >1000 UNT, como consecuencia de eventos de deshielos, aludes, arrastre de sólidos, etc. El análisis de PR18 para este parámetro corrobora esta variabilidad, presentándose en el siguiente gráfico el comportamiento de la turbiedad en las fuentes de agua potable utilizadas en el país, durante los últimos 5 años (periodo 2016-2021).

Gráficos 7 y 8: Turbiedad en Agua cruda de fuentes (Rango bajo y alto)



Por su parte, el análisis de la información disponible del periodo años 2016-2021 derivada de los autocontroles realizados por las empresas sanitarias, para el parámetro turbiedad en el agua potable, indica la tendencia que se presenta en el gráfico a continuación:

Gráfico 9: Turbiedad en Agua potable de las redes



Se observa un importante número de casos que no cumplen con el primer requisito de la actual NCh 409/1, turbiedad Media Mensual ≤ 2 UNT (promedio aritmético), lo que ocurre en forma aleatoria y a lo largo del tiempo en todos los años evaluados. Cabe recordar que la calidad del agua potable es controlada en puntos predeterminados fijos y variables de la red de distribución, tal como lo exige la norma NCh 409/2.

En la grafica anterior, también se observan situaciones con promedio mensual >4 UNT de turbiedad, las que se identifican a continuación:

Tabla 13: Situaciones de incumplimiento parámetro turbiedad

Período	Código	Región	Empresa	Servicio	Fuente	Parámetro	Promedio (UNT)	Evaluación
201706	8112	8	ESSBIO	SANTA JUANA	SUBTERRANEA	TURBIEDAD	6,1	No Cumple
201808	8413	8	ESSBIO	MONTE AGUILA	SUBTERRANEA	TURBIEDAD	4,5	No Cumple
201811	8114	8	ESSBIO	FLORIDA	MIXTA	TURBIEDAD	4,7	No Cumple
201902	12201	12	A. Magallanes	PUNTA ARENAS	SUPERFICIAL	TURBIEDAD	5,5	No Cumple
202011	6104	6	ESSBIO	San Fco. Mostazal	SUBTERRANEA	TURBIEDAD	4,8	No Cumple

Posiblemente estos casos, se vieron influenciados por turbiedades todavía más altas que hicieron subir el promedio, lo que queda evidenciado en la tabla siguiente donde se detalla este incumplimiento punto a punto de la actual normativa.

Tabla 13 (continuación): Situaciones de incumplimiento parámetro turbiedad

MUESTRAS NORMA	MUESTRAS CONTROL	SECTORES NORMA	SECTORES CONTROL	SECTORES CUMPLEN MUESTREO	DIAS NORMA	DIAS CONTROL	MAXIMO PUNTO 1 NORMA Media mensual ≤ 2 UNT	PUNTO 1 NORMA	MAXIMO PUNTO2 NORMA Muestras > 4 UNT (5 %)	PUNTO 2 NORMA	MAXIMO PUNTO 3 NORMA Muestras >20 UNT	PUNTO 3 NORMA	MAXIMO PUNTO 4 NORMA Muestras entre 10 y 20 UNT	PUNTO 4 NORMA	EVALUACION
8	19	8	8	8	4	12	2	4,5	1	3	0	2	1	1	No cumple
8	13	4	4	4	4	12	2	4,7	1	1	0	1	1	0	No cumple
15	93	8	8	8	8	18	2	6,1	5	70	0	0	1	1	No cumple
120	555	32	32	32	20	26	2	5,5	28	103	0	27	1	10	No cumple
12	96	8	8	8	8	18	2	4,8	5	23	0	7	1	13	No cumple

Poner atención en que algunas empresas aumentan considerablemente el número de muestras mensuales y los días de control, con el objetivo de bajar el promedio y de esa forma lograr cumplir la normativa. En ocasiones como las mostradas en tabla anterior, igualmente no logran.

El hecho de que algunos servicios presenten un gran número de muestras de agua potable con turbiedades sobre 4 UNT e incluso sobre 20 UNT es preocupante, más aún si la fuente que los abastece es de tipo subterránea. Ello estaría evidenciando un problema de lavado, mantenimiento y probablemente roturas de las redes de distribución.

Siendo la turbiedad un parámetro tan importante para la aceptabilidad por parte de los clientes y también para mantener la calidad bacteriológica del agua potable, se hace recomendable modificar los actuales requisitos de la norma NCh 409/1 vigente.

La propuesta de nuevo DS-735 para turbiedad señala:

Artículo 18°.- El agua potable que provea un servicio deberá presentar una turbiedad media mensual menor o igual a 2 UNT, obtenida como promedio aritméticos de todas las muestras puntuales analizadas en el mes. En todo caso, ninguna muestra podrá exceder el valor de 20 UNT.

Se sugiere modificar dejando la propuesta de MINSAL, pero con un valor 10 UNT para no exceder por ninguna muestra. La recomendación es no llevar a la norma de calidad del agua potable, problemas operativos derivados de cortes, roturas o emergencias, que debieran ser reguladas en otro instructivo como por Ej. Ord. SISS 2560-2009.

Es claro que nuevamente Chile no podría acoger los valores guía de la OMS que señala turbiedad ≤ 1 UNT en todo momento, pero esta menor flexibilidad sería un primer paso para mejorar y al menos alcanzar en todos los servicios el valor ≤ 2 UNT como promedio mensual, que el país se estableció como meta en el año 2005.

3.3.4 Compuestos orgánicos

Los compuestos orgánicos regulados en la actual norma de agua potable NCh 409/1 del 2005, aún se mantienen vigentes en las guías de la OMS, teniéndose en cuenta la persistencia de ellos en el ambiente y su incidencia en la salud. Para los fines de este informe se separan en tres grupos: los solventes Tetracloroetano (TCE), Benceno, Tolueno y Xilenos (BTX); Plaguicidas que son 2,4-D, DDT y sus derivados, Lindano, Metoxicloro y Pentaclorofenol, y los subproductos de desinfección con cloro (SPD) que son el Triclorometano o Cloroformo, el Tribromometano o Bromoformo, Bromodichlorometano y Dibromoclorometano, este grupo de SPD es denominado Trihalometanos (THM).

La tabla siguiente compara los límites exigidos en diferentes normativas, en relación a los compuestos orgánicos actualmente normados en NCh 409/1.

Tabla 14: Parámetros Orgánicos Normados en la actual NCh 409/1-2005

Parámetro (mg/L)	OMS -218	Unión Europea-2020	Norma Australia-2011	EPA -2018	Norma Canadá-2010	NCh 409/1 2005	Propuesta DS 735- 2020
2,4-D	0,03	0,0001	0,0001	0,07	0,1	0,03	0,03
Benceno	0,01	0,001	0,001	0,005	0,0050	0,01	0,01
Bromodichlorometano	0,06					0,06	0,06
DDT+DDD+DDE	0,001					0,002	0,002
Dibromoclorometano	0,10					0,1	0,1
Lindano	0,0020			0,0002	0,0040	0,002	0,002
Metoxicloro	0,02	0,0001	0,0002	0,04	0,9	0,02	0,02
Pentaclorofenol	0,009	0,0001		0,001	0,06	0,009	0,009
Trihalometanos	Razón=1	Suma<0,1		Suma<0,08		Razón=1	Razón=1
Tetracloroetileno	0,04	0,01	0,05	0,005	0,0300	0,04	0,04
Tolueno	0,7		0,8	1		0,7	0,7
Tribromometano	0,1					0,1	0,1
Triclorometano	0,3					0,2	0,2
Xilenos totales	0,5		0,6	10		0,5	0,5

En la tabla anterior, se ha destacado el máximo permitido por la OMS para el DDT y sus metabolitos, el cual ha bajado un punto en relación al valor adoptado en la NCh 409 en el año 2005.

3.3.4.1 DDT+DDD+DDE en Agua cruda de fuentes y en Agua Potable

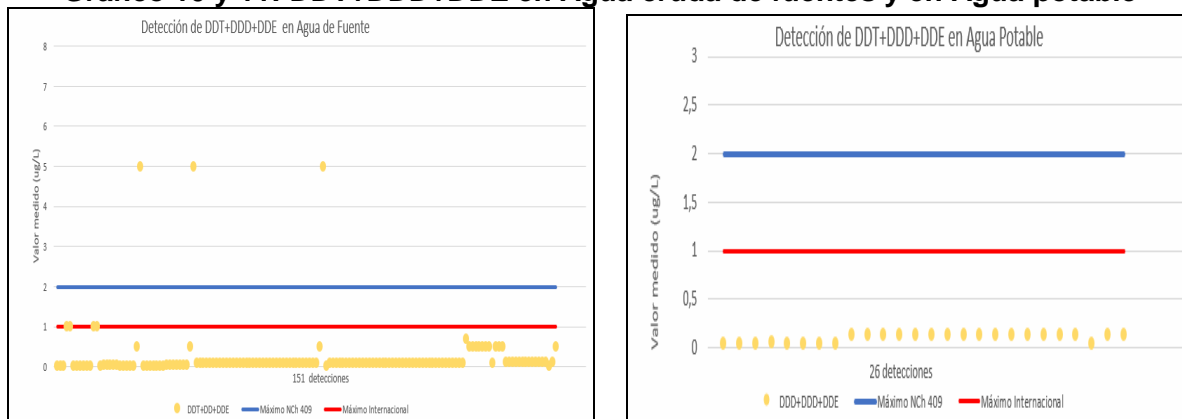
Las Normas internacionales para el agua potable de la OMS de 1958 y 1963 no se referían a DDT, pero las Normas Internacionales de 1971 sugirieron que los residuos de plaguicidas que pueden estar en los suministros de agua de la comunidad hacen solo una contribución mínima a la ingesta total diaria de plaguicidas para la población atendida.

En la primera edición de las “Guías de la OMS para la Calidad del agua potable”, publicado en 1984, se recomendó un valor de referencia basado en la salud de 0,001 mg/litro para el DDT (isómeros totales), según la recomendación de la IDA. Después, las directrices 1993 establecieron un valor 0,002 mg/litro para el DDT y sus metabolitos en el agua de bebida, derivados de la dosis recomendada por la JMPR (“Joint FAO/WHO Meeting on Pesticida Residues”) en 1984 y teniendo en cuenta el hecho de que bebés y niños pueden estar expuestos a mayores cantidades de sustancias químicas en relación con su peso corporal, la preocupación por la bioacumulación de DDT y la exposición al DDT por vías distintas del agua. Se señaló que el valor de referencia excede la solubilidad en agua del DDT de 0,001 mg/litro, pero que algo de DDT puede ser adsorbido en la pequeña cantidad de material particulado presente en el agua potable, por lo que el valor de referencia podría alcanzarse en determinadas circunstancias. También se enfatizó que los beneficios del uso de DDT en la malaria y otros programas de control de vectores superan con creces cualquier riesgo para la salud derivado de la presencia de DDT en el agua de bebida.

Se puede notar que, los valores adoptados en Chile, coinciden en forma inversa al momento de la publicación de las versiones de la norma NCh 409, ya que, en 1984 cuando la OMS publicó el cambio a 0,002 mg/l, Chile adoptó el valor original de 0,001 mg/l en la norma y coincidentemente en 2005 Chile adopta el valor publicado en la segunda edición de las guías de la OMS 0,002 mg/l, siendo que en la tercera edición se retornó al valor 0,001 mg/l, basado en la solubilidad del DDT en agua, este valor prevalece en la cuarta edición.

Para determinar la incidencia de este cambio en la realidad chilena, se procede a analizar los resultados obtenidos en fuentes y en la red de agua potable de los diferentes servicios del país, según la información de PR18 y PR14 entregada por la SISS.

Gráfico 10 y 11: DDT+DDD+DDE en Agua cruda de fuentes y en Agua potable



El gráfico anterior muestra los valores informados como detectados de DDT en las aguas de las distintas fuentes de agua potable. Es posible apreciar que durante el período estudiado años 2016-2021 el valor de 2 ppb de DDT se ha superado 3 veces entre diciembre de 2017 y diciembre de 2018, correspondiendo a la misma fuente: Canal La Luz de la Empresa sanitaria de Alberto Planella Ortiz. Si se observa la calidad del agua cruda con el nuevo valor recomendado de 1 ppb, se agrega que durante el año 2016 se ha informado 4 veces, en la misma fuente antes mencionada. El resto de resultados en agua cruda, se encuentran bajo del nuevo valor guía de la OMS.

Si ahora este mismo análisis se realiza para el agua potable de la red, que se distribuye a los consumidores, el gráfico muestra que durante el período revisado en este estudio 5 años entre 2016 a 2021, se cumple la normativa actual y tampoco hay valores superiores al máximo recomendado a nivel internacional.

A partir del análisis realizado en este informe y de común acuerdo con la inspección técnica de este proyecto por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se define no sugerir cambio para el límite máximo normado para DDT+DDD+DDE y mantener el valor de 2 µg/l de la actual norma chilena NCh 409/1.

Cabe destacar además que la propuesta de nuevo DS-735 “Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano” del MINSAL, tampoco considera modificar la concentración actualmente normada para este parámetro. Por otra parte, cabe señalar que el DDT se encuentra en el listado de pesticidas prohibidos por el SAG.

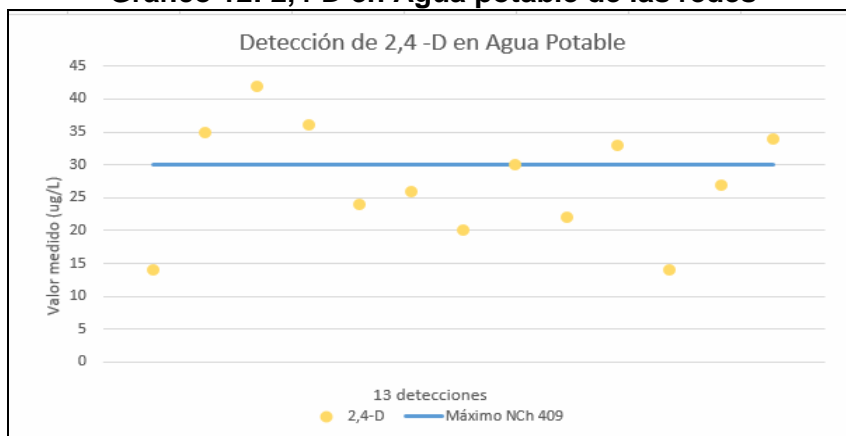
3.3.4.2 Revisión del resto de compuestos orgánicos normados en NCh 409/1-2005

En general, las determinaciones de pesticidas han sido a nivel de trazas y muy por debajo del máximo permitido por la norma, salvo el caso del DDT expuesto anteriormente. En efecto, para el período analizado años 2016-2021, no se ha informado detección de Metoxicloro ni de Pentaclorofenol en redes de Agua potable en el país.

Sin embargo, en el caso particular de Pentaclorofenol la empresa Aguas Patagonia de Aysén informó en el año 2020, 15 casos de valor -1000 µg/l, correspondiendo todos a muestras de agua cruda de distintas fuentes preferentemente superficiales, como son: Río Los Palos, Estero Tamango, El Salto, Dren Río oscuro, Estero Seguel, Río Arredondo, Estero Roguel, Estero San Luís, Río Coyhaique, Captación Emergencia Pto. Ibáñez, El Carbón 2, Estero El Manzanito, La Cascada, Río Cochrane, Lago General Carrera. Por lo improbable que todas las aguas de la región se hayan contaminado y además que el valor fue informado como “menos que”, (-), se presume que se trata de un error en los resultados de este parámetro. Este error de transcripción fue confirmado por la empresa, ante consulta expresa de la SISS en el mismo período en que se desarrollaba el presente estudio.

Para el plaguicida de 2,4-D, si se observa una situación excepcional de detección en mayo del año 2019 en fuente Quebrada Honda y en la red de Aguas Nuevo Sur, fecha en que algunos valores en el agua potable superaron la actual normativa de 30 µg/l.

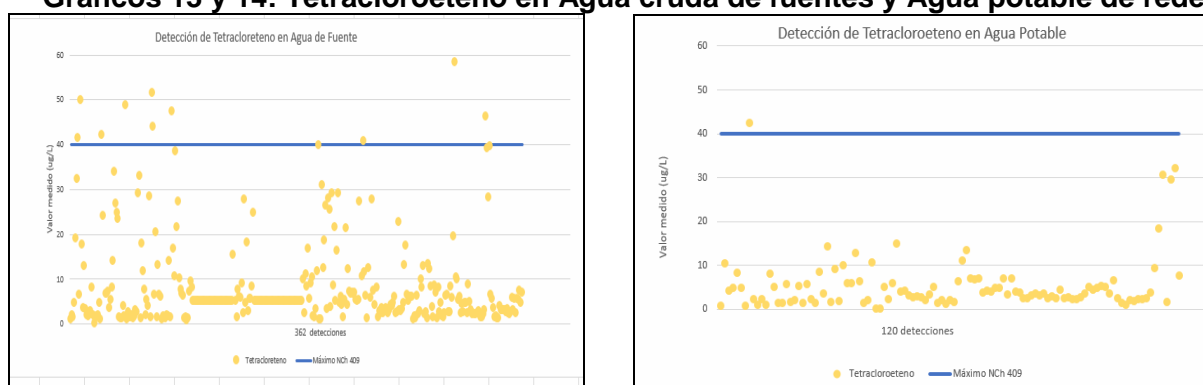
Gráfico 12: 2,4-D en Agua potable de las redes



Para el caso de sustancias orgánicas BTX y Tetracloroetano, ocurre lo mismo que para los plaguicidas, encontrándose valores medidos sólo a nivel de trazas. Benceno ha sido detectado solo una vez en el año 2018 en la red de agua potable de la comuna de Maipú (Empresa SMAPA), pero muy por debajo del valor límite. Tolueno es más ubicuo, pero los valores están a uno o dos órdenes de magnitud más bajos del valor límite y en el caso de los Xilenos hay muy pocos casos, que siguen esta misma tendencia.

El solvente tetracloroetano es bastante ubicuo, encontrándose en muchas fuentes dentro del territorio y los valores varían indistintamente, hay varios casos cercanos al límite máximo y algunos por sobre la normativa. Los valores medidos están por encima de los límites de cuantificación de los laboratorios, lo cual es indicativo de una mayor confianza en el valor informado. En agua potable, sólo en el año 2016 se observa un valor sobre la normativa, correspondiente a la red de la concesionaria ESVAL S.A. en la V región.

Gráficos 13 y 14: Tetracloroetano en Agua cruda de fuentes y Agua potable de redes



3.3.4.3 Revisión de Subproductos de desinfección

Todos los desinfectantes químicos producen SPD inorgánicos y orgánicos que pueden tener efectos nocivos. Los principales que se pueden formar son trihalometanos (THM), ácidos haloacéticos (AHA), halocetonas y haloacetnitrilos, como resultado de la cloración de precursores orgánicos de origen natural tales como las sustancias húmicas.

Según lo establecen las Guías de la OMS, se debe poner especial cuidado si habiendo producción de THM, se adopta como tratamiento la variación de pH, ya que si no se considera el contenido de materia orgánica, el valor del pH durante la cloración afecta la distribución de subproductos clorados. La reducción del pH reduce la concentración de THM, pero conlleva un aumento de la formación de ácidos haloacéticos. Por el contrario, al aumentar el pH se reduce la producción de AHA, pero se incrementa la formación de THM.

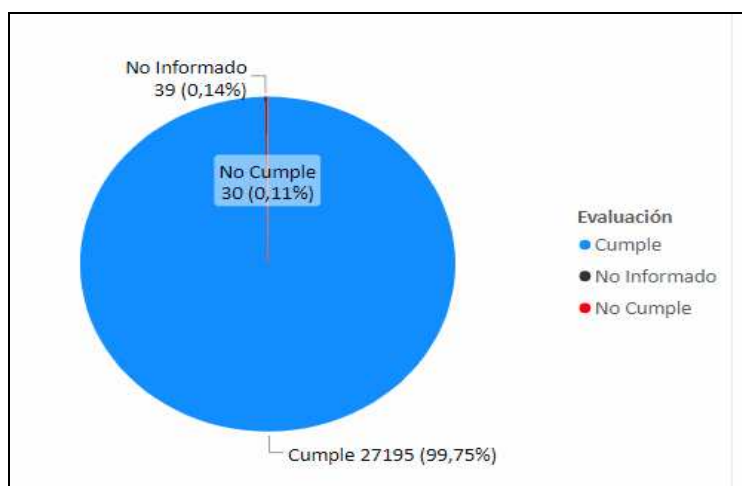
En Chile, el control de Trihalometanos es el mejor índice adoptado, ya que el uso de otros desinfectantes diferentes a cloro es limitado y está condicionado a la propiedad de este último de dejar un residual libre. En este contexto, es necesario medir si la cloración, de acuerdo al proceso desarrollado en la planta, puede generar además de THM, los ácidos haloacéticos.

Mientras no se tenga referencia acerca de este fenómeno en las plantas, no se pueden generar reglas de control como las que se aplican en Estados Unidos (EPA "Stage 2: Disinfectants and Disinfection By Products Rule: A Quick referente Guide For Schedule 1-4 Systems").

3.3.5 Parámetros Microbiológicos

En relación al cumplimiento de la calidad bacteriológica en nuestro país, el gráfico siguiente indica la efectividad de la desinfección que se aplica en las plantas de tratamiento, ya que el cumplimiento evaluado es muy superior al incumplimiento para estos parámetros.

Gráfico 15: Evaluación de la Calidad Bacteriológica en redes de agua potable



Salvo situaciones muy aisladas, los distintos servicios de norte a sur del país, no han mostrado presencia de *Escherichia coli* en las redes de agua potable, para los 5 años evaluados en este estudio, según queda evidenciado en la siguiente tabla:

Tabla 15: Calidad Bacteriológica en redes de agua potable

Año	Nº muestras analizadas	Muestras con Coliformes totales		Muestras con presencia de <i>Escherichia coli</i>	
		Nº	% del total	Nº	% del total
2016	162.351	4.696	2,9	6	0,004
2017	164.331	4.715	2,9	11	0,007
2018	165.694	4.725	2,9	1	0,001
2019	159.628	4.749	3,0	2	0,001
2020	158.906	4.788	3,0	7	0,004
2021	118.025	3.591	3,0	3	0,003
Total	928.935	27.264	2,9	30	0,003

De acuerdo a los resultados de la evaluación mensual realizada por la SISS en base a la información de autocontrol de calidad del agua potable entregada por las propias empresas sanitarias concesionadas a nivel nacional, se estima que no se hace necesario introducir cambios en los parámetros microbiológicos. La evaluación de la calidad del agua potable en las redes de distribución, mediante el monitoreo de cloro libre residual, cuantificación de coliformes totales y comprobación de la ausencia de *Escherichia coli*, responde efectivamente a lo propuesto por las Guías de la OMS.

Por otra parte y como una medida muy relevante, la SISS, mediante resolución N° 4423 del 12.12.2016, instruyó a las empresas sanitarias sobre la obligatoriedad de incluir la filtración en medio granular para las fuentes subterráneas del tipo drenes, galerías, punteras y norias, cuya profundidad sea menor a 15 metros, lo que ya era obligatorio desde hace varios años para las fuentes superficiales, según Ord. SISS N° 1745 de agosto de 1999. Mediante esta resolución se pondría resguardo al ingreso a los sistemas de agua potable, de los microorganismos parásitos y virus que eventualmente pudiesen provenir del agua cruda de la fuente.




CAPÍTULO IV.

CONSULTA A EMPRESAS DE SERVICIOS SANITARIOS, SOBRE PARÁMETROS CRÍTICOS, CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE

Otro de los objetivos específicos de este estudio, era:

Preparar una encuesta relativa a Calidad y Tratamiento del agua potable dirigida a un grupo de prestadores de servicios sanitarios, para obtener información sobre parámetros críticos, tecnologías actualmente aplicadas y eficiencias de remoción logradas.

Este trabajo fue abordado a inicios del presente estudio, entregándose el contenido de dicha encuesta y un texto de introducción para el oficio conductor, que fue enviado por la SISS a las empresas sanitarias seleccionadas, mediante ORD N° 3181 de fecha 09.11.21.

 <p>GOBIERNO DE CHILE SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS</p>	<p>ORD. N° <u>3181</u></p> <p>ANT. : NCh 409/1 Of. 2005 Tratamiento de agua potable</p> <p>MAT. : Solicita responder las preguntas de consulta adjunta.</p> <p>INCL. : Consulta Calidad y Tratamiento del Agua Potable</p> <p>SANTIAGO, 9 NOV 2021</p> <p>DE: JEFE ÁREA ESTUDIOS Y NORMAS SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS</p> <p>A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN</p> <p>Como es de su conocimiento, la norma NCh 409 Parte 1: Agua Potable - Requisitos, tiene una antigüedad de más de 15 años. Desde ese tiempo se han publicado actualizaciones de las "Guías para la Calidad del Agua Potable" de la Organización Mundial de la Salud, así como también de la Directiva (UE) 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Por tal razón, esta Superintendencia ha considerado oportuno desarrollar un estudio tendiente a revisar los parámetros actualmente normados y sus concentraciones, considerando estos nuevos estándares para el agua de consumo humano y los cambios que han ocurrido en la calidad del agua cruda de las fuentes de abastecimiento, producto de la crisis hídrica que viene afectando a nuestro país desde hace varios años.</p> <p>En el marco de este estudio que se ha denominado "<i>Estándares internacionales similares, cuantificación de parámetros nuevos o modificados, y factibilidad de remoción en PTAP existentes</i>", solicitamos a usted responder la consulta adjunta, relativa a Calidad y Tratamiento del Agua Potable en su empresa.</p> <p style="text-align: right;"> Superintendencia de Servicios Sanitarios Moneda 673, Piso 9 Código Postal: 8500 721 Teléfono: 56 - 2 - 2382 4000 / 2382 4003 Fax: 56 - 2 - 2382 4002 / 2382 4003 Santiago de Chile http://www.siss.gob.cl</p>
<p>El plazo para recibir sus respuestas es de 5 días hábiles, a contar de la fecha del oficio conductor. Al momento de enviar su respuesta, indicar el número del presente oficio.</p> <p>La presente instrucción se dicta bajo apercibimiento de ejercer las facultades contenidas en el artículo 11° y siguiente de la Ley N° 18.902, y es sin perjuicio de las sanciones que esta Superintendencia pueda aplicar por los incumplimientos señalados.</p> <p style="text-align: right;">Saluda atentamente a Ud.,</p> <p style="text-align: center;">POR ORDEN DEL SUPERINTENDENTE DE SERVICIOS SANITARIOS (Según Resolución SISS Ex. N° 1.128/2021)</p> <div style="text-align: center;"> CHRISTIAN LILLO SARMIENTO JEFE ÁREA ESTUDIOS Y NORMAS SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS</div>	

4.1 Preguntas de la consulta

Preguntas 1 a 6: Responder para 3 Plantas de tratamiento que opere la empresa, que posean fuentes superficiales; de existir incluir al menos 1 que se abastezca de embalses, lagunas o tranques. Identificar cada planta con su nombre, ubicación, caudal de producción y servicios de agua potable que abastece.

1.- ¿Para la (las) fuentes superficiales que ingresan a la planta, existen parámetros críticos y/o parámetros en observación?. Señalar cuales, sus concentraciones en el agua cruda, tratamiento aplicado, dosificaciones aproximadas y porcentajes de eficiencia que se logran en su remoción.

2.- Si dentro de los parámetros críticos o en observación de estas fuentes, se encuentran olor y/o color, indicar si se debe a presencia de sustancias derivadas del crecimiento de algas y si ello ocurre en forma permanente o estacional. En tal caso, ¿Tratamiento que se aplica, productos usados y sus dosis?.

3.- ¿Se utiliza en estas plantas, Sulfato de aluminio u otro compuesto que contenga aluminio?. En caso afirmativo, indicar en qué etapa del tratamiento y el rango de las dosis utilizadas en mg/l.

4.- Respecto al parámetro Turbiedad, señalar los porcentajes de remoción logrados en el tratamiento convencional y/o filtración directa (según corresponda), indicando además el valor promedio de turbiedad a la salida de los filtros en UNT.

5. ¿Cuenta su empresa con antecedentes sobre la posible presencia de microorganismos no normados (algas, parásitos, virus, otras bacterias) en alguna de estas fuentes de abastecimiento?. Si se cuenta con dicha información, favor remitir una tabla resumen.

6.- Para el tratamiento de desinfección por cloración aplicado en estas plantas, indicar producto químico usado, rango de las dosis de cloro agregadas en mg/l y estimación de los tiempos de permanencia en cámaras de contacto o estanques, antes de la red de distribución.

Preguntas 7 a 10: Responder considerando todos los Servicios de AP abastecidos por la empresa.

7.- Dentro de los reclamos por calidad del agua que han formulado los clientes ¿Cual es la importancia relativa (%) que tiene el olor y/o sabor a cloro, en el agua potable de sus servicios?.

8.- En el mismo aspecto de percepción de los clientes por calidad del agua. ¿Cual es la importancia relativa (%) que tienen los reclamos por presencia de Dureza en el agua potable de sus servicios?.

9.- ¿Su empresa, ha recibido en alguna oportunidad consultas o reclamos de clientes por sospecha de la presencia de Plomo, Cadmio o Boro en el agua potable?. En caso afirmativo, indicar si se realizaron análisis específicos de estos elementos y sus resultados.

10.- ¿Durante los años de aplicación de la actual norma NCh 409/1, se han realizado análisis de parámetros no normados ya sea en las fuentes o en el agua potable de la red?, especialmente los que se mencionan en el DS-735 del MINSAL Tabla 1 componentes orgánicos, Tabla 2 Plaguicidas, Tabla 3 Productos secundarios de desinfectantes. Si existe dicha información, favor remitir una tabla resumen.

4.2 Listado de empresas seleccionadas para enviar la consulta

Respecto a las empresas a las que se les envió la consulta y con el objeto de tener una visión global, se consideró conveniente incluir a las más grandes que proveen agua potable en cada una de las regiones del país, priorizando aquellas que poseen fuentes superficiales, lo mismo que tratamientos más completos con distintas tecnologías, pero también a otras específicas cuya información pudiese servir para la segunda parte del estudio, donde se va a evaluar la factibilidad de los cambios, posibles de introducir en la normativa. Así las empresas sugeridas para enviar la consulta fueron (16 en total):

Aguas del Altiplano, Aguas Antofagasta, Nueva Atacama, Aguas del Valle, ESVAL, Grupo Aguas (A. Andinas, A. Cordillera y A. Manquehue), ESSBIO (región del Libertador, Ñuble y Biobío), Nuevo Sur, Aguas Araucanía, ESSAL, Aguas Patagonia, Aguas Magallanes, Coopagua Santo Domingo y Aguas Décima.

4.3 Resumen de respuestas recibidas en la consulta

La consulta sobre parámetros críticos, tecnologías de tratamiento actualmente aplicadas y eficiencias de remoción logradas, tuvo una buena convocatoria, lográndose obtener respuestas de 14 concesionarias, que representan un 87,5 % del total consultado.

A pesar que el plazo originalmente otorgado en el oficio conductor, fue ampliado por la SISS en una semana adicional, algunas empresas no respondieron, varias empresas respondieron en forma tardía, mientras que otras enviaron información muy poco detallada o equivocada.

Ello ocurre especialmente en la última pregunta relativa a los compuestos orgánicos, donde algunas empresas sanitarias se confundieron y enviaron datos de análisis de parámetros actualmente normados que ya estaban en poder de la SISS a través del PR14. Finalmente ninguna concesionaria tenía información sobre los parámetros orgánicos no normados que se mencionan en el actual “Reglamento de los servicios de aguas destinadas para consumo humano” y también en la propuesta de nuevo reglamento DS-735, como era el requerimiento.

Tabla 16: Relación de respuestas recibidas

Empresa Sanitaria	Región	Envía respuesta		Observación
		Si	No	
Aguas del Altiplano S.A.	I y XV	x		
Aguas Antofagasta S.A.	II	x		
Nueva Atacama S.A.	III	x		
Aguas del Valle S.A.	IV	x		Fuera de plazo, 2 días
ESVAL S.A.	V	x		Fuera de plazo, 2 días
COOPAGUA Santo Domingo Ltda.	V	x		
Aguas Andinas S.A.	RM	x		Fuera de plazo, 5 días
Aguas Cordillera S.A.	RM	x		Fuera de plazo, 5 días
Aguas Manquehue S.A.	RM	x		Fuera de plazo, 5 días
ESSBIO S.A.	VI, VIII	x		Fuera de plazo, 2 días
NUEVO SUR S.A.	VII	x		Fuera de plazo, 2 días
Aguas Araucanía S.A.	IX	x		
Aguas Décima S.A.	X	x		
ESSAL S.A.	X		x	No responde
Aguas Patagonia S.A.	XI		x	No responde
Aguas Magallanes S.A.	XII	x		

En Anexo 3 de este informe, se presenta el detalle de las respuestas entregadas por las empresas que respondieron la consulta, enumeradas por orden de llegada. Cada una de ellas, envió información de las plantas de producción de agua potable que se encuentran en su zona de concesión y que se operan bajo su responsabilidad, con un máximo de 3 plantas por concesionaria. Así, el universo total que se abarcó fue de 33 PTAP.

Todas las respuestas fueron procesadas en una planilla Excel identificada como “Evaluación de la consulta sobre parámetros críticos, calidad y tratamiento” que se incluye en el Anexo 4 de este informe final, donde se prepararon tablas o gráficos, para aquella información cuya data así lo permitía, como por ejemplo la turbiedad.

A continuación, se realiza un resumen descriptivo de las respuestas más relevantes, que están vinculadas directamente con los objetivos de este estudio, ya sea en relación a los parámetros normados cuyos límite máximo permisible se haría más restrictivo, como también respecto de aquellos nuevos contaminantes que se podrían incorporar a la norma chilena de agua potable.

Pregunta 1.- ¿Para la (las) fuentes superficiales que ingresan a la planta, existen parámetros críticos y/o parámetros en observación?. Señalar cuales, sus concentraciones en el agua cruda, tratamiento aplicado, dosificaciones aproximadas y porcentajes de eficiencia que se logran en su remoción.

Respuestas a Pregunta 1.

Los parámetros críticos que se informan en las fuentes superficiales son variados, predominando los típicos ya conocidos a través de los protocolos PR18 y PR14, como son Fe, Mn, Cu, As, pH, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁼ y SDT, todos ellos normados actualmente en NCh 409/1-2005. Solo aquellos parámetros organolépticos vinculados a metabolitos de algas, como son olor/sabor/color y el Magnesio que forma parte de la dureza, fueron de interés para este estudio, ya que a partir de su evaluación se corrobora que para Cadmio, Plomo y Dureza donde se podrían visualizar cambios normativos, ya sea por límite más estricto o por incorporación de nuevo parámetro, no se encuentran como parámetros críticos o parámetros en observación en las fuentes superficiales en el país.

Pregunta 2.- Si dentro de los parámetros críticos o en observación de estas fuentes, se encuentran olor y/o color, indicar si se debe a presencia de sustancias derivadas del crecimiento de algas y si ello ocurre en forma permanente o estacional. En tal caso, ¿Tratamiento que se aplica, productos usados y dosis?.

Respuestas a Pregunta 2.

Varias de las empresas consultadas, indican que la presencia de olor y/o color en las aguas crudas de fuentes superficiales, si se debería a sustancias derivadas del crecimiento de algas, lo que ocurre en forma estacional en la mayoría de los casos. Como medidas de prevención, algunas de ellas han instalado boyas de ultrasonido en los embalses, tal es el caso de PTAP La Dehesa RM, Santo Domingo V región y PTAP La Peña VIII región. Particularmente en las PTAP Iloca y Empedrado, la empresa Nuevo Sur ha usado Solución Biorreductora OIKOS en dosis de 25-83 ppm, que se agrega al agua embalsada.

Como tratamiento se informa el agregado de solución de carbón activado en polvo en dosis del orden 1-40 ppm. Aún cuando no siempre se responde el punto exacto de dosificación, averiguaciones y conocimiento previo del consultor, indican que en general se realiza a la cabecera de las plantas, lográndose mezcla homogénea en el ingreso de agua cruda antes de los floco-decantadores, ejemplos de esta modalidad son: PTAP La Dehesa RM, Boca de Rapel VI región, Piedra de Lobos VII región, Florida VIII región. Coopagua Santo Domingo en la V región, indica que lo agrega en canaleta Parshall al ingreso de pre-decantadores, siendo este el punto que arroja mejores resultados, en base a experiencias reales.

Ninguna de las empresas que contestaron la consulta, señala usar filtros o columnas de carbón activado granular, para remoción de olores.

Pregunta 3.- ¿Se utiliza en estas plantas, Sulfato de aluminio u otro compuesto que contenga aluminio?. En caso afirmativo, indicar en qué etapa del tratamiento y el rango de las dosis utilizadas en mg/l.

Respuestas a Pregunta 3.

Muchas de las plantas cuya información fue enviada en la consulta, si utilizan Sulfato de aluminio, Policloruro de aluminio o ambos productos en el tratamiento del agua potable, equivalente a un 55 % del total de plantas evaluadas.

Las dosis aplicadas son muy variables entre 5 y 100 mg/l, en función de la calidad agua cruda y del tipo de tratamiento. Las mayores dosis de Coagulante Sulfato de Aluminio informadas son:

- A. Antofagasta- PTAP Antofagasta: 50-100 (mg/l). Ocurrencia de invierno Altiplánico.
- A. Décima- PTAP Llancahue: 60-80 (mg/l). Remoción parámetro crítico Hierro.
- A. Décima- PTAP Cuesta de Soto: 60-80(mg/l). Remoción parámetro crítico Cloruros y SDT.
- A. Magallanes-PTAP Pta. Arenas: 30-100(mg/l). Remoción parámetro crítico Color verdadero.

Pregunta 4.- Respecto al parámetro Turbiedad, señalar los porcentajes de remoción logrados en el tratamiento convencional y/o filtración directa (según corresponda), indicando además el valor promedio de turbiedad a la salida de los filtros en UNT.

Respuestas a Pregunta 4.

El procesamiento de la información respecto de turbiedad, indica valores promedio a la salida de los filtros entre 0,14 y 1,4 UNT, lo que ratifica la posibilidad cierta de que se alcance la meta de máximo 2 UNT, como promedio mensual en el agua potable. Las eficiencias de remoción de turbiedad logradas en las plantas superan el 90% en la mayoría de los casos, lo que es concordante con las eficiencias teóricas que se deberían lograr con tratamientos convencionales. Existen algunas eficiencias menores, cuya tecnología de tratamiento sería distinta, pero que igualmente logran turbiedades bajas en el agua potable final producida.

Pregunta 5. ¿Cuenta su empresa con antecedentes sobre la posible presencia de microorganismos no normados (algas, parásitos, virus, otras bacterias) en alguna de estas fuentes de abastecimiento?. Si se cuenta con dicha información, favor remitir una tabla resumen.

Respuestas a Pregunta 5.

La mayoría de las empresas que respondieron la consulta, no cuentan con antecedentes sobre la posible presencia en sus fuentes de microorganismos no normados (algas, parásitos, virus, u otras bacterias). Coopagua, Aguas Andinas, Aguas Cordillera, Essbio y Nuevo sur informan contenido de algas en algunas de sus fuentes superficiales, mientras que sólo dos empresas indican haber realizado en alguna oportunidad control de parásitos. Ellas son: Aguas Araucanía con detección positiva de *Cryptosporidium* spp y ausencia de *Giardia lamblia* en fuentes de Traiguén y Victoria, Aguas Magallanes con detección positiva de *Giardia lamblia* en fuente de Porvenir.

Pregunta 6.- Para el tratamiento de desinfección por cloración aplicado en estas plantas, indicar producto químico usado, rango de las dosis de cloro agregadas en mg/l y estimación de los tiempos de permanencia en cámaras de contacto o estanques, antes de la red de distribución.

Pregunta 7.- Dentro de los reclamos por calidad del agua que han formulado los clientes ¿Cual es la importancia relativa (%) que tiene el olor y/o sabor a cloro, en el agua potable de sus servicios?.

Respuestas a Pregunta 6 y 7.

Los resultados de la consulta indican que el producto utilizado preferentemente para la desinfección es gas cloro; ello era de esperarse ya que la consulta contempló fundamentalmente fuentes de aguas superficiales, siendo el hipoclorito de sodio o de calcio, mucho más utilizado en plantas de fuentes subterráneas en nuestro país, donde los caudales a desinfectar son más bajos.

Se observa que a pesar de que los rangos de las dosis agregadas en el tratamiento de desinfección por cloración (entre 0,7 y 5 mg/l) pueden llegar a ser muy altas, no hay un índice de reclamos importante por efectos de olor/sabor a cloro (1-12 %), lo que se explicaría por los prolongados tiempos de contacto cloro-agua (entre 20 y 486 minutos) que normalmente se producen en los estanques de regulación.

Cabe señalar que del rango antes mencionado, el tiempo de contacto menor lo informa la empresa Nueva Atacama para la planta Inca de Oro, con tecnología de Osmosis inversa. Por otro lado, el tiempo más prolongado lo informa la empresa Aguas Andinas para la planta complejo Vizcachas, que aplica tratamiento convencional.

Pregunta 8.- En el mismo aspecto de percepción de los clientes por calidad del agua. ¿Cual es la importancia relativa (%) que tienen los reclamos por presencia de Dureza en el agua potable de sus servicios?.

Respuestas a Pregunta 8.

Como era de esperarse se observa una importante diferencia entre las respuestas de las empresas ubicadas en la zona norte respecto de las ubicadas en el sur del país. Mientras que para Aguas del Altiplano y Nueva Atacama los reclamos por presencia de Dureza en el agua potable de sus servicios alcanza a un 80%, esta causa de percepción de calidad del agua potable, no sería significativa en el resto de las concesionarias.

Llama la atención el casi nulo porcentaje de reclamos debido a dureza en el agua potable, informado por Aguas del Valle y Esva, ya que en las regiones que ellas atienden, también se ha descrito contenido natural de estos compuestos.

Para la Región Metropolitana, donde la problemática asociada a la presencia de aguas duras, es también importante, las tres empresas del Grupo Aguas informan un bajo porcentaje de reclamos. Sin embargo, se debe considerar que en esta evaluación no están incorporadas otras empresas sanitarias, que atienden a comunas esencialmente abastecidas de agua subterránea, donde el problema de aguas duras tiende a ser aún mayor.

9.- ¿Su empresa, ha recibido en alguna oportunidad consultas o reclamos de clientes por sospecha de la presencia de Plomo, Cadmio o Boro en el agua potable?. En caso afirmativo, indicar si se realizaron análisis específicos de estos elementos y sus resultados.

Respuestas a Pregunta 9.

Ninguna de las empresas sanitarias que respondieron la consulta, ha recibido consultas o reclamos de clientes por sospecha de la presencia de Plomo, Cadmio o Boro en el agua potable suministrada a la población.

10.- ¿Durante los años de aplicación de la actual norma NCh 409/1, se han realizado análisis de parámetros no normados ya sea en las fuentes o en el agua potable de la red?, especialmente los que se mencionan en el DS-735 del MINSAL Tabla 1 componentes orgánicos, Tabla 2 Plaguicidas, Tabla 3 Productos secundarios de desinfectantes. Si existe dicha información, favor remitir una tabla resumen.

Respuestas a Pregunta 10.

Ninguna de las empresas sanitarias que respondieron la consulta, ha realizado análisis específicos de componentes orgánicos, Plaguicidas, ni Productos secundarios de desinfectantes, no normados que figuran en DS-735, ni cuenta con información sobre ellos.

CAPÍTULO V.

ANÁLISIS POSIBLE INCORPORACIÓN DE NUEVOS PARÁMETROS, RECOMENDADOS POR OMS Y/O REGULADOS EN NORMATIVA INTERNACIONAL

5.1 Parámetros normados internacionalmente, no normados en Chile

En este grupo se encuentran como principales parámetros de importancia para la realidad nacional: Aluminio, Boro, Dureza y Microcistina (Toxinas de cianobacterias), cuyo detalle se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 17: Parámetros normados internacionalmente, no normados en Chile

Parámetro	OMS-2018	Unión Europea-2020	Norma Australia-2011	EPA-2018	Norma Canadá-2010	Norma NCh 409-2005	Propuesta DS 735 - 2020	Observación
Aluminio (mg/L)	0,2	0,2	0,2	0,05 a 0,2	0,2	-	-	No hay estudios previos Propuesta DS-735 no lo incorpora
Boro (mg/L)	2,4	1,5	4,0	-	5,0	-	-	Existe estudio MINSAL 2010 Propuesta DS-735 no lo incorpora
Dureza (mg/L)	Aceptabilidad	Tener información disponible para el consumidor	500	No específica	500	-	-	Existe estudio SISS año 2014 Propuesta DS-735 no lo incorpora
Microcistina-LR (mg/L)	0,001	0,001	0,0013	-	0,0015	-	-	Existe estudio SISS año 2014 Propuesta DS-735 no lo incorpora

A pesar de que la propuesta de nuevo DS-735 del MINSAL no considera incluir ninguno de estos 4 parámetros, su análisis será realizado en este estudio, de tal forma de proporcionar a la SISS los antecedentes que le permitan tomar decisiones fundamentadas respecto de los contaminantes que se podrían incorporar a la versión actualizada de la norma chilena sobre requisitos de calidad para el agua potable NCh 409/1.

Cabe mencionar que las guías de la OMS indican que los valores de referencia recomendados para estos parámetros, corresponden a las concentraciones de los componentes que no ocasionan riesgo para la salud superior al tolerable, cuando se consume durante toda la vida y que en particular para algunos contaminantes químicos, se establecen de manera de proteger subgrupos vulnerables de la población.

Sin embargo, es clara en señalar que los organismos reguladores deben tener en cuenta las circunstancias locales de cada país, para establecer normas de calidad del agua.

En esta parte del presente informe, se presentan antecedentes sobre estos 4 parámetros, respecto de las razones que llevan a la OMS a recomendar su control, a la normativa internacional a normarlos en ciertas concentraciones, justificaciones desde el punto de vista de los efectos de su presencia en la salud de las personas o en la percepción de la calidad del agua potable por parte de los consumidores.

5.2 Efectos de la presencia de Aluminio en el Agua potable

Las guías de la OMS (cuadro 8.15), lo ubica dentro de los valores de referencia que se recomiendan para sustancias químicas, cuya presencia en el agua se relacionan con aspectos relativos a la aceptabilidad: sabor, olor y apariencia, con un valor sugerido de 0,2 mg/l.

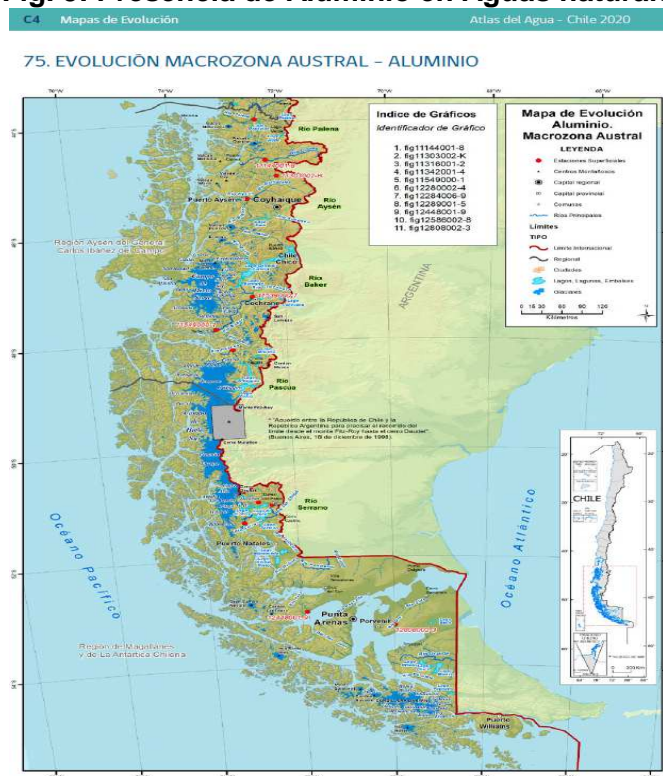
El aluminio es un elemento metálico muy abundante, constituyendo alrededor del 8% de la corteza terrestre. Las fuentes de aluminio más comunes en el agua potable, son el aluminio de origen natural en las aguas y las sales de aluminio usadas en las plantas de tratamiento principalmente como coagulantes.

En Anexo 2.4 de este informe final, se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas “Aluminio” de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

Se sugiere el control del aluminio por efectos organolépticos (aporte de color al agua) y posible neurotoxicidad (enfermedad de Alzheimer), aún cuando se reconoce que las pruebas disponibles, no permiten calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud. La presencia de Aluminio en concentraciones mayores a 0,1-0,2 mg/l suele ocasionar quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación de flóculos de hidróxido de aluminio en las redes de distribución y en ocasiones aumento de color debido a presencia simultánea de hierro. Por estas razones, se enfatiza la importancia de optimizar las dosis en el tratamiento y reducirlo al mínimo en las aguas tratadas, de tal forma de minimizar los residuos de aluminio en el sistema de distribución.

Respecto a su presencia en las aguas naturales, el Aluminio no se encuentra dentro de los parámetros controlados en la red de monitoreo de la Dirección General de Aguas, por lo que no es posible presentar su distribución a nivel nacional. Sólo ha sido estudiado en forma localizada en la macrozona austral existiendo un mapa de evolución, que menciona concentraciones menores a <1 mg/l para ríos Cisne, Toqui, Verde, Coyhaique y Aysen, del orden de 1-4 mg/l para ríos Baker, Serrano, Paine y del orden 10-20 mg/l para ríos Las Chinas y Las Minas.

Fig. 5: Presencia de Aluminio en Aguas naturales



Fuente: DGA “Atlas de calidad de aguas 2020”

A partir del análisis realizado en este informe y de común acuerdo con la inspección técnica de este proyecto por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se define no recomendar que se incluya el parámetro Aluminio en la norma chilena NCh 409/1.

Lo anterior debido a que la propia OMS no establece un valor guía definitivo, sino que sólo una sugerencia, dado que no hay antecedentes concluyentes sobre su efecto en la salud. Además la propuesta de nuevo DS-735 "Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano" del MINSAL, tampoco lo considera.

Sin embargo y a partir de los respuestas recibidas desde las empresas de servicios sanitarios a la consulta evaluada en el capítulo anterior, se constata que aún se sigue utilizando a nivel nacional y en forma importante el coagulante Sulfato de aluminio y en ocasiones también Policloruro de aluminio en los procesos de tratamiento, en dosis bastante altas dependiendo de las características del agua cruda de las fuentes.

Este hecho, hace recomendar al organismo fiscalizador, que en aquellos servicios que usen compuestos de aluminio, se debiera requerir registrar e informar la dosis agregada y la concentración remanente en el agua potable como un control de procesos, introduciendo este argumento en la actual instrucción Ord. 2560-2009 "Instrucciones operativas calidad del AP de la SISS", o en la versión actualizada que lo reemplace.

5.3 Efectos de la presencia de Boro en el Agua potable

Las guías de la OMS (cuadro 8.8), lo ubica dentro de los valores de referencia correspondientes a sustancias químicas de origen natural, cuya presencia en el agua de consumo humano puede afectar la salud, con un valor guía de 2,4 mg/l.

La presencia de Boro en las aguas subterráneas depende de la geología de cada zona y se debe principalmente al lixiviado de rocas y suelos que contienen boratos y borosilicatos, mientras que en las aguas superficiales los boratos pueden aumentar por efecto de descargas de aguas residuales, provenientes de actividades industriales que utilizan boro en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes.

En Anexo 2.5 de este informe final, se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas "Boro" de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

Estudios epidemiológicos realizados en animales, han demostrado invariablemente que la exposición por vía oral al ácido bórico y el borax, tiene un efecto negativo sobre la salud, actuando específicamente en el aparato reproductor masculino. Esta toxicidad ocurre para exposiciones tanto breves como prolongadas, evidenciando lesiones testiculares en ratones y perros a los que se suministró estos compuestos en el agua o en los alimentos.

También se ha demostrado experimentalmente embriotoxicidad en ratas, ratones y conejos. Los resultados negativos de numerosas pruebas de mutagenicidad, indican que el ácido bórico y el borax no son genotóxicos. En estudios de largo plazo, el ácido bórico y el borax no aumentaron la incidencia de tumores.

Respecto a la presencia de Boro en las aguas naturales de Chile, este parámetro si se encuentra dentro de los controlados en la red de monitoreo de la Dirección General de Aguas, presentando la siguiente distribución de valores promedios a nivel nacional, según el "Atlas de calidad de aguas 2020", que señala rangos entre 0,06 y 77 mg/l para aguas superficiales y entre 0,06 y 29 mg/l para aguas subterráneas.

Fig. 6: Presencia de Boro en Aguas naturales

18. PROMEDIOS - BORO TOTAL



Fuente: DGA "Atlas de calidad de aguas 2020"

La presencia de Boro en altas concentraciones, muy superiores a las recomendadas por la OMS, es un problema localizado a algunas ciudades del extremo norte de nuestro país.

El estudio realizado en Arica en el año 2010 por MINSAL en conjunto con Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica, no fue concluyente respecto a efectos negativos sobre la salud en esa zona (nacimientos prematuros, salud reproductiva, menor natalidad varones).

Por otra parte, existen antecedentes técnicos de la dificultad y elevado costo que significa su tratamiento con membranas especiales de Osmosis Inversa, incluso muy superior al sistema de OI tradicional utilizado para abatimiento de sustancias disueltas, lo cual queda corroborado en un estudio preliminar realizado por la SISS en ese entonces que estimó que las inversiones serían cuantiosas de varios miles de millones de dólares, con un importante impacto en las tarifas de varias ciudades como Arica, Iquique, Mejillones, Calama, Tocopilla.

A partir del análisis realizado en este informe y de común acuerdo con la inspección técnica de este proyecto por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se define no recomendar que se incluya el parámetro Boro en la norma chilena NCh 409/1.

Lo anterior debido fundamentalmente a que la propuesta de nuevo DS-735 "Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano" del MINSAL, no lo incluye. Decisión que esta sustentada en el estudio ya realizado por el Ministerio de Salud de Chile en el año 2010, sumado al alto impacto tarifario que normar este parámetro tendría en varias ciudades del extremo norte de nuestro país.

Por otra parte, la decisión de las autoridades en ese tiempo, que fue continuar realizando mezclas con aguas de menor contenido de boro, para bajar la concentración en el agua de bebida de las localidades afectadas, es una práctica indicada por las guías de la OMS.

5.4 Efectos de la presencia de Dureza en el Agua potable

Las guías de la OMS (punto 10.2), la ubica dentro de los contaminantes de origen químico, vinculados a aspectos relativos a la aceptabilidad: sabor, olor, apariencia, sin sugerir un valor guía recomendado.

La Dureza total representa el contenido de los iones de calcio y magnesio en el agua, normalmente es expresada como mg/L de carbonato de calcio, aunque también existen otras unidades en distintos países, como son:

Grado Alemán (°D)	=	17,85 mg CaCO ₃ /l
Grado Francés (°F)	=	10,00 mg CaCO ₃ /l
Grado Inglés (°E)	=	14,25 mg CaCO ₃ /l

Se clasifica como dureza temporal si es causada por la presencia de minerales de bicarbonato de calcio y bicarbonato de magnesio, que pueden reducirse hirviendo el agua. Por el contrario la dureza permanente que no se puede eliminar al hervir el agua, es causada por la presencia de sulfato de calcio o sulfato de magnesio y requiere ablandamiento por procesos químicos como por ejemplo el intercambio iónico.

El uso de agua dura tiene inconvenientes en calderas y usos térmicos, ya que por efecto de la temperatura se producen depósitos “incrustaciones” también conocidas como sarros, que pueden dañar los artefactos e incluso pueden llegar a obstruir cañerías de conducción de los sistemas de agua industriales y domiciliarios. Estas incrustaciones se componen principalmente de compuestos como carbonato de calcio, hidróxido de magnesio y sulfato de calcio.

Existe controversia en la literatura respecto a los efectos de la dureza sobre la salud de los consumidores, ya que el magnesio podría ser un elemento benéfico para la salud, por tanto la razón para sugerir su control se debe a los problemas que causa el agua dura en los hogares y en actividades vinculadas a calderas u otros sistemas de calentamiento.

En Anexo 2.6 de este informe final, se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas “Dureza total” de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

Los niveles de dureza que se encuentran en el agua para consumo humano, no representan un problema para la salud, por lo que no se proponen valores de referencia.

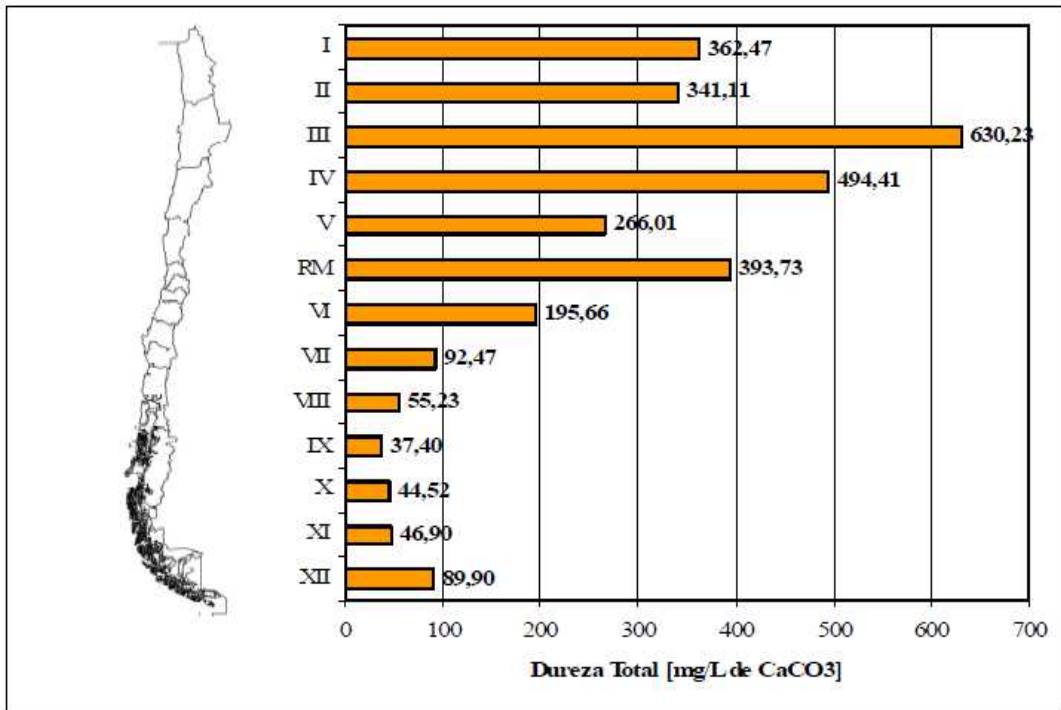
Aunque hay estudios epidemiológicos del efecto protector del magnesio y de la influencias de la dureza en la mortalidad cardiovascular, ellas se vienen debatiendo ya que no prueban la causalidad. No hay datos suficientes, para sugerir concentraciones mínimas o máximas de estos minerales, ya que la ingesta depende de muchos otros factores.

La aceptabilidad de la dureza en el agua por parte de la población, varía de una comunidad a otra. El umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor. Algunos consumidores pueden tolerar durezas del agua mayores a 500 mg/l.

Aguas con dureza mayor a 200 mg/l en función de la interacción de otros factores como el pH y la alcalinidad puede provocar incrustaciones en el sistema de distribución, formación de restos insolubles de jabón y precipitados de carbonato de calcio al calentarlas. Las aguas blandas con dureza menor a 100 mg/l, puede tener una bajas capacidad de amortiguación del pH y ser más corrosivas para los sistemas de conducción por tuberías.

Respecto a su presencia en las aguas naturales, la Dureza no se encuentra dentro de los parámetros controlados en el Atlas de Calidad de Aguas 2020 de la DGA, por lo que se consultaron otras referencias para conocer su distribución a nivel nacional. Existen diferente bibliografía al respecto, pero la siguiente figura representa en forma clara lo heterogéneo de la presencia de este compuesto en el agua potable a lo largo de nuestro país, pudiéndose observar aguas desde muy duras en el norte hasta blandas en el sur.

Fig. 7: Presencia de Dureza total en Agua potable del país



Fuente: Memoria de título Marco Antonio Neira, FCFM U de Chile-2006

Tabla 18: Clasificación del grado de Dureza

Dureza total en mg/l CaCO ₃	Clasificación
< 60	Agua blanda
60-120	Agua moderadamente dura
120-180	Agua dura
>180	Agua muy dura

Fuente: OMS-2011

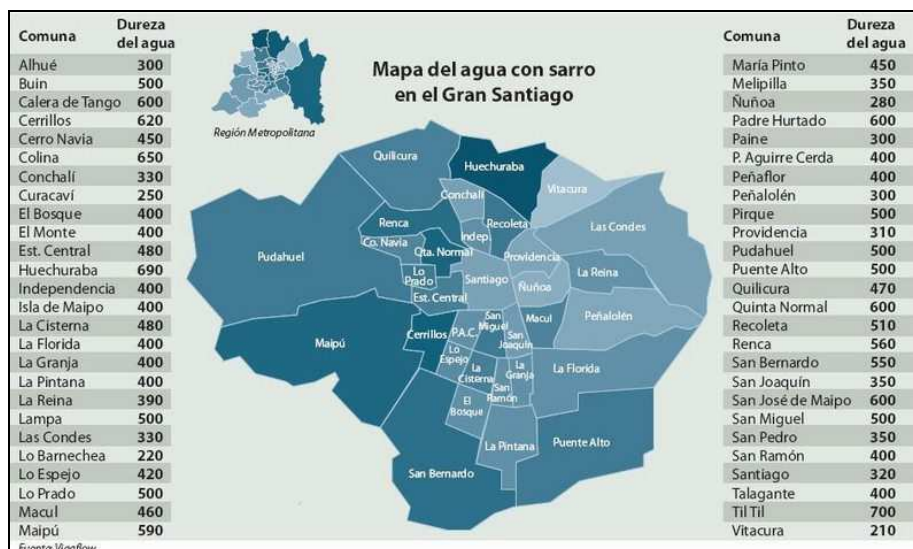
Hardness in Drinking-water

Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*

© World Health Organization 2011

Si la presencia de este parámetro se revisa en la Región Metropolitana, se tiene:

Fig. 8: Presencia de Dureza total en Agua potable (RM)



Fuente: Vigaflow-2016

A partir del análisis realizado en este informe y en concordancia con la inspección técnica de este proyecto por parte de la SISS, se define que es recomendable seguir en este estudio, con la posible incorporación del parámetro Dureza total a la norma chilena de requisitos para el agua potable. Ello a pesar que la propuesta de nuevo DS-735 “Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano” del MINSAL, no lo considera.

Este parámetro es causa de reclamos de clientes en varios servicios del país, especialmente en el norte, centro norte y algunas comunas de la RM, donde las concentraciones presentes superan con creces a la recomendada por la OMS y a la regulada internacionalmente. Según resultados de la consulta realizada en este estudio, el índice de reclamos por esta causa puede llegar al 80% (estadística de las concesionarias de la I y III región).

El nuevo valor tentativo a normar podría ser 350 mg/l CaCO_3 , concentración intermedia entre los 200 mg/l que menciona la OMS como la concentración sobre la cual se comienzan a provocar incrustaciones y los 500 mg/l que ha sido el máximo definido en otros países como Australia y Canadá. Debido a los costos involucrados en su remoción, también se podría adoptar para Chile el valor 500 mg/l CaCO_3 , en atención a que igualmente la OMS señala este valor como la mayor concentración que podrían tolerar algunos consumidores.

Sin embargo, dado que el efecto negativo de la dureza está relacionado con otras características de calidad del agua como son el pH y la alcalinidad, es recomendable que la fijación de límite máximo para dureza vaya aparejada con mediciones de las reales propiedades incrustantes o corrosivas del agua, en base a cálculos específicos como son el Índice de Langelier o el Índice de agresividad de la AWWA.

Por tratarse de un parámetro nuevo, es necesario introducir también una regulación respecto a la frecuencia de muestreo para la Dureza total, que en concordancia con la actual NCh 409/2, se recomienda monitorear semanalmente en puntos representativos de la red de distribución, al igual que cualquier otro parámetro crítico (Tabla 5 de este informe).

Dado que existe consenso en las normativas revisadas, respecto a que la periodicidad del control debe considerar la realidad de cada país y también otros factores como diseño de las redes, su antigüedad, materiales, etc., el muestreo obligatorio donde la dureza no sea parámetro crítico podría ser al menos mensual, como lo establece la legislación de Australia.

5.5 Efectos de la presencia de Microcistina en el Agua potable

Las guías de la OMS (cuadro 8.8), lo ubica dentro de los valores de referencia correspondientes a sustancias químicas de origen natural, cuya presencia en el agua de consumo humano puede afectar la salud, con un valor guía provisional de 1 µ/l= 0,001 mg/l.

La microcistina es un tipo de toxina que tiene efectos negativos a la salud del hombre y de los animales, llega a las aguas generalmente superficiales, preferentemente a las embalsadas, producto del crecimiento masivo de Cianobacterias, que corresponden a un tipo de algas verde azules capaces de liberarlas como parte de su metabolismo.

En Anexo 2.7 de este informe final, se presenta ficha informativa sobre sustancias químicas "Microcistina" de las guías de la OMS, que a modo de resumen señalan que:

La exposición humana a la Microcistina, se da en gran parte a través del agua para consumo o al uso recreativo de aguas con floraciones de cianobacterias. La Microcistina-LR es una de las más frecuentes y más tóxica, entre los congéneres de las microcistinas y es la única que dispone de datos toxicológicos suficientes como para derivar un valor de referencia provisional.

Entre los géneros de Cianobacterias que pueden contener microcistinas con mayor frecuencia están Mycrocistis, Planktothrix y Anabaena. Las microcistinas están unidas a las células y cantidades sustanciales se liberan al agua circundante sólo cuando hay rotura celular, mientras que las otras cianotoxinas pueden estar disueltas en el agua.

La toxicidad de la Microcistina-LR afecta principalmente al hígado, se han reportado numerosos casos de envenenamiento de ganado y de fauna silvestre, además se han publicado pruebas de su papel como promotor tumoral y posible cancerígeno.

En Chile los fenómenos de crecimiento algal, aumento de nutrientes, pérdida de oxígeno disuelto e incluso Eutrofización en las captaciones superficiales especialmente de aguas embalsadas, están siendo cada vez más recurrentes, producto de la crisis hídrica y descargas no controladas de aguas servidas. Además, existen antecedentes fidedignos de la presencia de Cianobacterias en distintas zonas del país según Estudio SISS año 2014 de este mismo consultor y otros estudios posteriores de investigadores ligados a universidades, sumado a que varios servicios de agua potable ya han presentado problemas de olor en el agua potable debido a presencia de compuestos odoríficos derivados de algas, debiéndose introducir tratamientos especiales en las plantas de producción de agua potable.

Estas situaciones han sido corroboradas por las empresas de servicios sanitarios en la consulta que formó parte del presente estudio y que fue evaluada en el capítulo anterior, donde se constata que en varias regiones del país ya se ha producido crecimiento de algas y se han debido tomar medidas complementarias, para asegurar la calidad del agua suministrada.

A partir del análisis realizado en este informe, esta consultoría recomienda al organismo fiscalizador Superintendencia de Servicios Sanitarios, tener en cuenta el valor guía provisional que ha definido la OMS para Microcistina. Aún cuando no aplique su incorporación como nuevo parámetro a normar, dado que esta circunscrito a un tipo particular de fuente de abastecimiento superficial, a factores estacionales y a un tipo especial de algas verde azules que lo pueden llegar a producir, sus efectos de toxicidad son graves.

La propuesta es que sea tratado de una forma similar a los parámetros radiactivos que figuran en la actual norma NCh 409/1, de tal forma de considerar su monitoreo y aplicación de límite máximo, cuando en las fuentes de agua cruda se produzcan floraciones algales, con o sin presencia de metabolitos productores de olores como la Geosmina y/o 2-Mib. Lo anterior, como una medida para prevenir a tiempo, que estos eventos causen reclamos por problemas organolépticos y lo que es peor que puedan causar daño a la salud de los consumidores.

A modo de aporte adicional, para que el organismo fiscalizador cuente con mayores antecedentes a la hora de emitir instrucciones y dado que este parámetro no continuará en la evaluación de su posible incorporación a NCh 409/1, se ha desarrollado información complementaria sobre esta problemática, en este mismo capítulo del presente informe.

5.6 Antecedentes complementarios sobre Cianobacterias

5.6.1 Efectos de la presencia de Cianobacterias en el agua

Entre los microorganismos no regulados por la actual normativa, se encuentran las algas, que se pueden encontrar con mayor probabilidad en fuentes superficiales expuestas a condiciones naturales que favorecen su desarrollo como son: baja escorrentía, estanqueidad, luminosidad, altas temperaturas y alta disponibilidad de nutrientes.

El enriquecimiento en nutrientes en las aguas, provoca la estimulación de una serie de cambios sintomáticos como son: desarrollo masivo de algas, deterioro de la calidad física y química del agua, coloración, formación de metabolitos productores de olor y sabor e incluso puede llegar a producir el “Fenómeno de Eutrofización”. La eutrofización a su vez conlleva a procesos de anoxia, acumulación de iones, aumento de turbiedad y en los casos más graves a una colmatación del cuerpo de agua, con crecimiento de Cianobacterias que se han reconocido como un tipo de algas verde-azuladas. Con ciertas condiciones ambientales de T^o y de nutrientes (P y N), que se producen usualmente en primavera/verano, las Cianobacterias se desarrollan en grandes masas denominadas “blooms” (floraciones), que también pueden migrar a otros sitios del cuerpo de agua en forma de scums.

Fig 9: Eutrofización de un cuerpo de agua, “blooms” y migración en “scums”



Fig.10: Principales Grupos de Cianobacterias



Fuente Fig. 9 y 10: Seminario Aidis-Chile 2014. “Problemática asociada al florecimiento Algal y presencia de Cianobacterias en Sistemas de agua potable”. Presentaciones Sra. Irma Vila y Sr. Victoriano Campos.

Las cianobacterias son microorganismos cosmopolitas, presentan una amplia distribución a nivel mundial debido a su versatilidad y capacidad adaptativa. Las cianobacterias en Chile están presentes en varias regiones desde el norte hasta el sur.

En el norte en un ambiente extremo como el Salar de Atacama se encuentran en Lagunas hipersalinas, tapetes microbianos, florecencias salinas y también en cuerpos de agua con baja concentración de sal. Si bien no son organismos extremófilos son tolerantes a condiciones extremas y pueden desarrollarse significativamente en estos ambientes. Así en lagunas saladas de Tebenquiche y Chaxa se han encontrado los géneros: *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Gloecapsa*, *Gloethece*, *Nostoc* y *Synechococcus* (Campos et al 1990, Zúñiga et al 1991).

En la cuenca del Río Elqui, en un estudio anual no se han detectado florecimientos, pero si la presencia del género *Oscillatoria*. El establecimiento del Embalse de Puclaro debe ser objeto de especial preocupación en un ambiente de alta luminosidad (Tello et al 2011).

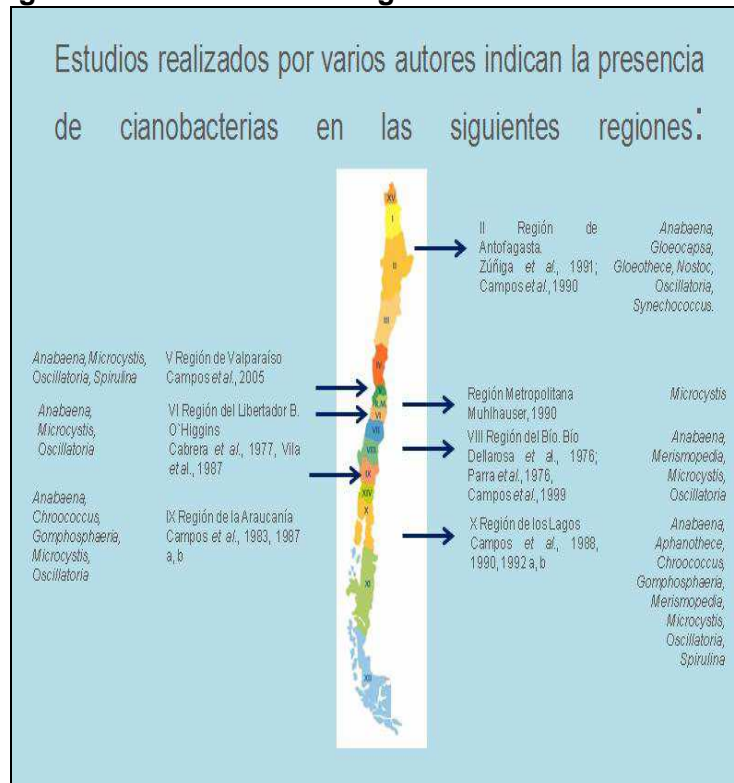
En la región Metropolitana, en la laguna de Aculeo (Mulhhauser 1990) registra cianobacterias en los procesos de eutrofización creciente de la laguna.

En la V región, (Campos et al, 2007) determinan en el embalse Peñuelas en Valparaíso, el tranque Recreo de Villa Alemana y el embalse Los Aromos de Limache, la presencia de *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Microcystis* y *Oscillatoria*, adicionalmente se detecta la presencia de hepatotoxinas.

En la VI región en el embalse de Rapel (Cabrera et al, 1977 y Vila et al 1987) registraron diferentes géneros de cianobacterias y florecimientos de *Anabaena* y *Microcystis*.

En la región del BíoBío se han estudiado las lagunas: Chica de San Pedro, Lo Mendez, Tres Pascualas, La Posada y la Marisma de Rocuant, determinando la presencia de *Anabaena*, *Merismopedia*, *Microcystis* y *Oscillatoria*, adicionalmente se presentaron varios florecimientos de *Microcystis* (Dellarosa et al 1976, Parra et al 1976 y Campos et al 1999).

Fig.11: Cianobacterias en Aguas continentales de Chile

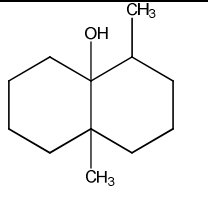
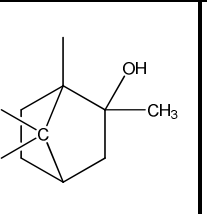
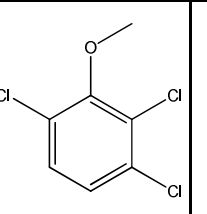
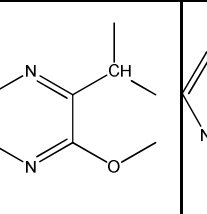
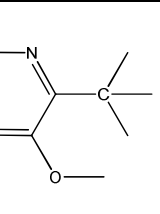


Fuente: Estudio SISS 2014 "Estudio de alteraciones de la calidad de fuentes superficiales por crecimientos de microorganismos". Informe Consultor Sra. E. Echeverría. (Estudios Dr. Victoriano Campos et al).

La característica más destacada de las cianobacterias en términos de su repercusión sobre la salud pública, es que hay diversas especies que pueden liberar metabolitos que afectan negativamente la calidad de las aguas y algunas incluso producir toxinas, lo que es grave en caso de que se trate de fuentes de abastecimiento de agua potable.

Dentro de los efectos negativos, se encuentran los episodios de sabor y olor a tierra mojada/humedad, que se deben a la generación de metabolitos secundarios producidos por algunas algas como las cianobacterias. Estos son compuestos orgánicos volátiles (COVs) específicamente Geosmina y 2 MIB, cuyo efecto se puede detectar a niveles ultra trazas nanogramos/litro o partes por trillón.

Fig.12: Compuestos más frecuentes productores de olor y sabor en el agua

Estructura Molecular					
Nombre	trans-1, 10-dimetil, 9-decanol	2-metil-Isoborneol	2, 3, 6-tricloro anisol	2-isopropil-3-metoxipirazina	2-isobutil-3-metoxipirazina
Símbolo	Geosmina	2 MIB	TCA	IPMP	IBMP
Umbral de olor	(5-10 ng/L*)	(5-10 ng/L*)	(7 ng/L*)	(2 ng/L*)	(2 ng/L*)

*concentraciones mínimas aproximadas de percepción de estos compuestos que transmiten mal sabor y olor al agua, los cuales se pueden exacerban con la cloración.

Fuente: Seminario Aidis-Chile 2014. "Problemática asociada al florecimiento Algal y presencia de Cianobacterias en Sistemas de agua potable". Presentación Sr. Sra. Edith Pinto, Sr. Enrique Virraoel, Sr. Arturo Givovich, ANAM.

En cuanto a la producción de toxinas derivadas de Cianobacterias, cada toxina tiene propiedades específicas y algunos de sus efectos perjudiciales específicos son daños hepáticos, neurotoxicidad y oncogenia. Las cianotoxinas que se presentan con más regularidad en los florecimientos algales son las hepatotoxinas.

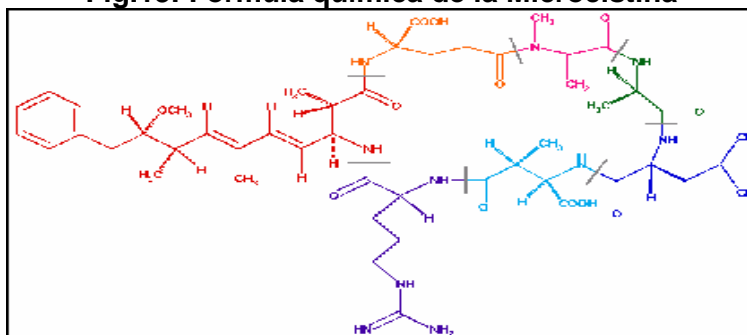
Algunos síntomas agudos notificados tras la exposición son: trastornos digestivos, fiebre e irritaciones de la piel, los oídos, los ojos, la garganta y el aparato respiratorio. Las cianobacterias no proliferan en el organismo humano, de modo que no son infecciosas. La exposición a las toxinas por ingestión de agua de consumo, durante la práctica de actividades recreativas, al ducharse y posiblemente por el consumo de comprimidos de complementos alimenticios elaborados con algas, podría ser peligrosa para la salud.

En distintas publicaciones, se reporta la muerte de animales por cianotoxinas en diferentes lugares de mundo, también se plantea la posibilidad que el consumo de toxinas en bajas concentraciones sean promotores de cáncer al hígado y que altas tasas de cáncer hepático sean debidas al repetido consumo de micro cantidades en el agua potable. Por otra parte, se ha reportado que numerosos pacientes con tratamiento de hemodiálisis murieron al utilizar agua contaminada con microcistina en un reservorio de Brasil en 1998.

Por estas razones es que la OMS ha recomendado desde 1997, regular la concentración de cianotoxinas en el agua potable, seleccionando como indicador a la Microcistina LR por ser la más común y la más toxica, existiendo unas 80 variantes de menor toxicidad. El valor de referencia definido es 1 µg/L, como nivel máximo aceptable para el consumo oral.

5.6.2 Tipos de análisis para determinar Microcistinas

Fig.13: Formula química de la Microcistina



Fuente: Seminario Aidis-Chile 2014. "Problemática asociada al florecimiento Algal y presencia de Cianobacterias en Sistemas de agua potable". Presentación. Sra. Yannett Betancourt, Sra. M^a Isabel Orellana, DILACO.

El examen microscópico para cuantificación e identificación de algas, aún cuando puede identificar la presencia de cianobacterias toxigénicas, no puede detectar las cianotoxinas. Microcistinas, se deben determinar por otros métodos que con un par de excepciones no se encuentran implementados en los laboratorios en nuestro país. En la actualidad existen dos alternativas de métodos que pueden determinar estos niveles, que son:

Test de ELISA: Método directo, basado en el uso de un kit comercial llamado Microcystins ELISA Kits, del laboratorio ABRAXIS. Consiste en el uso de anticuerpos específicos capaces de reconocer a microcistinas y sus variantes.

Test de Microcystest: Método rápido para la detección y cuantificación de microcistinas en aguas, desarrollado por laboratorio ZEUS. MicroCystest está destinado a la detección y cuantificación de microcistinas y nodularinas (hepatotoxinas), basado en la inhibición de la actividad fosfatasa.

Por su ocurrencia estacional, la frecuencia de control de la microcistina en servicios que se abastecen de fuentes superficiales embalsadas o con bajas escorrentías, debería centrarse en las épocas de mayor riesgo, desde inicios de primavera hasta finales del verano, y según el clima de su zona de ubicación, prolongarse hasta inicios de otoño. Los puntos de control debieran abarcar desde el ingreso a las plantas, hasta lugares estratégicos de la red.

5.6.3 Microcistina, medidas de prevención

La literatura especializada es coincidente en recomendar medidas preventivas a nivel de las aguas crudas, por sobre recomendar tratamientos posteriores para eliminar los metabolitos que afectan la calidad del agua y que incluso pueden llegar a inhabilitar su uso. Entre las medidas preventivas de carácter operacional para evitar el desarrollo de floraciones algales y por ende el crecimiento desmesurado de Cianobacterias, se mencionan:

- Ingreso permanente de agua fresca a los embalses o lagunas. Conocer para las distintas épocas del año, los caudales de entrada desde los distintos tributarios y el caudal de salida hacia la planta de producción de agua potable.
- Mantener los niveles de agua dentro de lo óptimo, para lo cual no puede sobre explotarse el recurso, conociendo los máximos caudales posibles de extraer. Llevar registros de los niveles de agua almacenada, estimando pérdidas por evaporación y los aportes por lluvias.
- Mantener los niveles de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua. Si ello no se logra con los aportes naturales puede ser necesario introducir aire en forma artificial mediante aireadores o dispositivos de agitación. La aireación artificial debería ser aplicada especialmente en las

zonas más profundas, pero sin llegar a remover el fondo, y en las zonas de borde donde es más probable la acumulación de cianobacterias.

- Conocer la altura real de la columna de agua y el nivel de sedimentos acumulados en el fondo de las lagunas. Se debiera evaluar la factibilidad y conveniencia de realizar una limpieza preventiva y sistemática.
- Otras estrategias operativas que podrían tener buenos resultados dependiendo de la situación particular de cada embalse, son la instalación de pantallas o baffles flotantes en la zona de captación para evitar que ingresen las natas y scums de algas; el retiro de las masas de algas suspendidas desde la zona de captación mediante medios físicos o mecánicos como el uso de redes, sistema de rastrillo o aspiración.

Sin embargo, realizar un seguimiento del estado trófico de los cuerpos de agua es una de las principales y más eficaces medidas preventivas a aplicar, ello en base a la medición periódica de indicadores sencillos de calidad del agua, como son profundidad, disco sechi, temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, clorofila, nutrientes, entre otros.

Se suma a estos controles, la determinación al menos estacional de la cantidad y tipos de algas, de tal forma de identificar a tiempo la presencia de Cianobacterias y evitar su población en blooms, con el consiguiente deterioro del cuerpo de agua.

a) Instalación de boyas de ultrasonido

En los últimos años se ha desarrollado una nueva tecnología de procedencia Holandesa, para el control preventivo del florecimiento algal en aguas embalsadas, que está basada en tratamiento mediante ultrasonido. La tecnología de la firma LG Sonic representada por BIO&NAM, ofrece una solución al problema mediante la instalación de dispositivos subacuáticos que emiten ondas de ultrasonido, para controlar las algas más comunes, incluyendo las cianobacterias.

El principio de remoción se basa en que una Boya de Ultrasonido genera presión ultrasónica en la capa superior del agua, imposibilitando que las algas suban a la superficie y absorban la luz para llevar a cabo la fotosíntesis, produciéndose su muerte sin que se destruya su pared celular, impidiendo de esta manera la liberación de toxinas al agua.

Los distintos tipos de algas requieren tratamientos ultrasónicos diferentes por lo que se debe estudiar y diseñar el sistema para cada caso específico, lo mismo que determinar el número de equipos que se requieren para el tamaño de un cierto reservorio, dado que tienen un alcance limitado en el radio alrededor de la instalación, como se muestra en la siguiente figura:

Fig. 14: Tecnología de ultrasonido para el control de algas y cianobacterias



Fuente: Proveedor LG-Sonic-2019

Existen equipos más sencillos denominados LG sonic e-line, ampliamente utilizados para controlar superficies de tamaño medio como estanques decorativos y lagunas de club de golf.

Para superficies más grandes, esta disponible el Equipo MPC–Buoy, que tiene además la posibilidad de verificar en forma continua la calidad del agua, midiendo distintos parámetros asociados al crecimiento algal, como son: Clorofila (a), ficocianina, pH, turbiedad, Redox, OD y T°. Los datos monitoreados son enviados en tiempo real a un software para ajustar y optimizar el funcionamiento. El sistema puede funcionar con energía solar y tiene integrado un limpiador automático para reducir el mantenimiento. La experiencia indica que la mantención es necesaria cada 2 o 3 meses.

En Anexo 5 de este informe, se presenta ficha técnica con antecedentes sobre esta tecnología

b) Biorremediación de las aguas de los embalses

También se ha descrito otro proceso del cual hay aún poca experiencia en nuestro país. Consiste en el agregado al agua embalsada de productos biológicos que contienen una mezcla balanceada de bacterias que compiten con las algas en su alimentación, consumiendo los nutrientes y evitando de esta manera su proliferación. Según lo señalado por el fabricante, al ser agregados al cuerpo de agua, este grupo de microorganismos vivos denominados probióticos *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces* y *Rhodo pseudomonas*, serían inofensivos y atóxicos para el medio acuático natural, cuando se administran en cantidades adecuadas. Las aplicaciones del producto líquido dependen del nivel de tratamiento requerido, se hace una inicial de ataque y luego en forma mensual por periodos de 3 a 4 meses, repitiéndose según necesidad, para mantener la calidad del agua.

En Anexo 5 de este informe, se presenta ficha técnica con antecedentes sobre esta tecnología.

5.6.4 Tratamientos para Microcistina

Cuando ya el problema se ha producido, algunos tratamientos eficientes se han ido desarrollando para abatir los compuestos odoríficos y los metabolitos liberados por Cianobacterias, entre ellos se pueden mencionar:

a) Uso de Carbón activado en polvo o granulado

La adsorción de sustancias productoras de olor y sabor, causadas por el desarrollo de algas y cianobacterias o procedentes de materia orgánica natural presente en las aguas crudas, mediante la aplicación de carbón activado en la planta de tratamiento, es recomendable en la medida que su aplicación sea factible en las instalaciones existentes.

Las plantas debieran definir las dosis y puntos de aplicación más eficientes, debiéndose evitar su uso en la etapa de filtración o en plantas con filtración directa, debido a la posible colmatación de los lechos filtrantes y reducción de las carreras de filtración.

b) Uso de Coagulantes inorgánicos

La adición de coagulantes inorgánicos como Sulfato de aluminio o Cloruro férrico pueden ser utilizados en los casos que sea practicable, para provocar la sedimentación forzada de algas, provocando además la precipitación de nutrientes. La aplicación se efectúa en la zona de captación, con aplicaciones intermitentes y calculando dosis en función del área a ser tratada. Esta modalidad, puede generar volúmenes de sedimentos importantes por la que la medida requiere retiro de los sedimentos, ya sea por técnicas de dragado o por lavado y arrastre.

c) Uso de Sustancias oxidantes

La oxidación química es también una alternativa, siempre que se logre minimizar la lisis celular de los microorganismos y la liberación de sustancias intracelulares. La pre-oxidación es tradicionalmente utilizada para mejorar la eficiencia del proceso de coagulación-floculación, mediante la oxidación de metales y materia orgánica, pero también puede ser efectiva en la degradación de cianotoxinas disueltas en el agua. Los productos oxidantes más utilizados son el Cloro, Permanganato de potasio y Ozono, pero su uso debe estar respaldado por ensayos previos que permitan establecer el tipo de cianotoxina presente en las aguas, eficiencia de oxidación, dosis requeridas y tiempos de contacto.

d) Uso de Algicidas

La antigua práctica de aplicar algicidas como Sulfato de cobre directamente a los embalses o en la zona de captación, debe ser una aplicación controlada y con restricciones. Solo debe efectuarse en forma preventiva antes que se inicie una floración de algas y nunca cuando esta ya se ha iniciado en el cuerpo de agua, para evitar el rompimiento de las células y la liberación de toxinas, siendo en ese caso "peor el remedio que la enfermedad".

5.7 Otros compuestos orgánicos

La diversidad de compuestos orgánicos que pueden llegar a contaminar el agua cruda de las fuentes y por consiguiente el agua potable, es extensa. Del listado que se encuentra en la guía de la OMS, que en su mayoría ya fueron mencionados por MINSAL en el DS-735 actual, no se sabe cuál es la situación en Chile, porque sólo han sido considerados como posibles de monitorear ante situaciones específicas de riesgo calificadas por la autoridad sanitaria.

En la propuesta de actualización 2020 del DS-735 del MINSAL (Artículo 16º), se está incluyendo esta misma serie de parámetros adicionales, como son: Otros Plaguicidas (28 parámetros compuestos de Plaguicidas y Herbicidas clorofenólicos), Otros Componentes Orgánicos (23 parámetros de compuestos Alcanos clorados, Etenos clorados, Hidrocarburos aromáticos, Bencenos clorados y otros diversos); Otros Productos secundarios de Desinfectantes (13 parámetros Bromato, Clorito, Cloruro de cianógeno, tricloroacetaldehído y compuestos de Clorofenoles, Ácidos acéticos clorados, Acetonitrilos halogenados).

Sin embargo, según la respuesta entregada por MINSAL a la SISS, ante consulta específica realizada como parte de este estudio, se desprende que el interés del Ministerio de Salud es acoger los valores guías recomendados por OMS, pero no obligar a monitorear de rutina, dichos compuestos en los servicios de agua potable del país.

De: Salgado I. Vanida [<mailto:vsalgado@siss.gob.cl>]
Enviado el: martes, 16 de noviembre de 2021 10:48
Para: Gabriel Vega Rodriguez <gvega@minsal.cl>
CC: Lillo S. Christian <clillo@siss.gob.cl>
Asunto: [EXTERNO] consulta sobre D.S.Nº735

Estimado Gabriel,

Espero te encuentres bien.

Te comento que hemos contratado un estudio para ver evaluar la necesidad de estudiar la NCh 409, en base a parámetros que se hayan visto modificados de acuerdo a la OMS e internacionalmente, además de ver la factibilidad de tratamiento.

De acuerdo a eso, tenemos la siguiente inquietud sobre la propuesta de modificación del D.S.Nº735.

En la versión vigente del decreto el artículo 18 indica que en casos calificados el Ministerio podrá requerir el cumplimiento de las tablas Nº1 Componentes orgánicos, Nº2 Plaguicidas y Nº3 Productos secundarios desinfectantes. Sin embargo, en la propuesta de modificación el artículo 16 indica que el agua para bebida humana debe cumplir con esas tablas.

Nuestra pregunta es si ahora los servicios afectos al D.S.Nº735 deben monitorear y cumplir con la totalidad de los parámetros descritos en esas tablas.

Estaré atenta a tus noticias.



Vanida Salgado

Área de Estudios y Normas

Superintendencia de Servicios Sanitarios

223824173

Moneda 673, piso 9- Santiago

www.siss.gob.cl

De: Gabriel Vega Rodríguez [mailto:gvega@minsal.cl]
Enviado el: martes, 16 de noviembre de 2021 11:44
Para: Salgado I. Vanida <vsalgado@siss.gob.cl>
CC: Lillo S. Christian <clillo@siss.gob.cl>
Asunto: RE: [EXTERNO] consulta sobre D.S.N°735

Estimada Vanida:

La respuesta es que deben cumplir pero el monitoreo se determinará según análisis territorial (incluye actividades productivas), característica de la fuente y eventual tratamiento. Es decir, si no existe probabilidad fundada de que presenten algún parámetro excedido, de las tablas señaladas, no correspondería que sea parte del monitoreo regular.

Saludos,

Gabriel Vega Rodríguez

Profesional

Departamento de Salud Ambiental

División de Políticas Públicas Saludables y Promoción

Subsecretaría de Salud Pública

Ministerio de Salud

+ 56 2 25740035

Tal como ha quedado demostrado en las respuestas entregadas por las principales empresas sanitarias a nivel nacional, que fueron consultadas en la encuesta que formó parte de este estudio (resumen presentado en Anexo 4 de este informe final), estos parámetros orgánicos no normados, no se miden hoy en día como parte del monitoreo de fuentes ni tampoco en el control de calidad del agua potable, por lo que no existen antecedentes al respecto.

Por lo tanto, mientras no se tengan información de su presencia en el agua cruda de las fuentes, no es aconsejable regular en la norma chilena de requisitos de calidad para el agua potable, esta gran cantidad adicional de compuestos orgánicos. Como se ha mencionado antes, el control de Subproductos de la desinfección (SDP) en Chile no ha evidenciado una producción significativa de Trihalometanos (THM), aunque queda latente investigar en nuestro país, la producción de los ácidos haloacéticos (AHA).

Lo más adecuado sería, realizar una evaluación de las fuentes de abastecimiento, especialmente las superficiales, por un periodo predeterminado, que contemple situaciones de uso del recurso hídrico, cambios estacionales, condiciones climáticas, etc., de modo de constatar si estos compuestos muchos de ellos provenientes de la propia actividad humana, se han incorporado a las aguas naturales en nuestro país o si efectivamente existen sustancias precursoras que induzcan a la formación de SPD o de AHA, luego de los tiempos de contacto cloro-agua antes del ingreso a la red, o en los periodos en que el agua potable permanece en el sistema de distribución, previo a ser entregada en los domicilios de los clientes.

CAPÍTULO VI.

TRATAMIENTOS REQUERIDOS Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE FACTIBILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA PARA INCORPORACION DE NUEVOS CONTAMINANTES O LÍMITES MÁS ERICTOS DE PARÁMETROS NORMADOS.

Como objetivos específicos finales para este estudio, se plantean:

Indicar tipos de tratamientos necesarios, para abatir nuevos parámetros o límites más estrictos de parámetros existentes y sus eficiencias teóricas de remoción, además de:
 Evaluar de forma preliminar y estimada la factibilidad técnica y económica para incorporar nuevos contaminantes o nuevos límites más estrictos, en 5 tipos de PTAP existentes en el país.

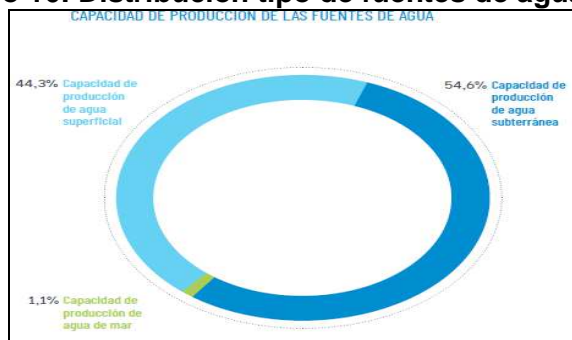
El desarrollo de este capítulo estará orientado concretamente a los 3 parámetros que de acuerdo al análisis realizado precedentemente en este estudio, podrían constituir modificaciones de la actual norma de requisitos de calidad para el agua potable NCh 409/1, que son: Turbiedad, Plomo y Dureza total.

Como primera tarea, se ha considerado relevante revisar el estado del arte de las tecnologías actualmente aplicadas a nivel nacional para producir agua potable, ya sea utilizando fuentes superficiales o subterráneas, complejidad de los procesos y tipos de plantas de tratamiento.

6.1 Revisión de los tratamientos de A.P. aplicados en Chile

En el Informe de gestión 2020 de la SISS, se indica la distribución del tipo de fuentes de agua cruda utilizadas a nivel país, señalando también que ellas producen del orden de 106.000 litros, con un aumento de 4,3% en el último tiempo debido a nuevas fuentes subterráneas.

Grafico 16: Distribución tipo de fuentes de agua cruda



Fuente: Informe de Gestión SISS-2020

El tipo de tratamiento que se aplica actualmente a nivel nacional para obtener agua potable apta para el consumo humano, se resume en la tabla siguiente:

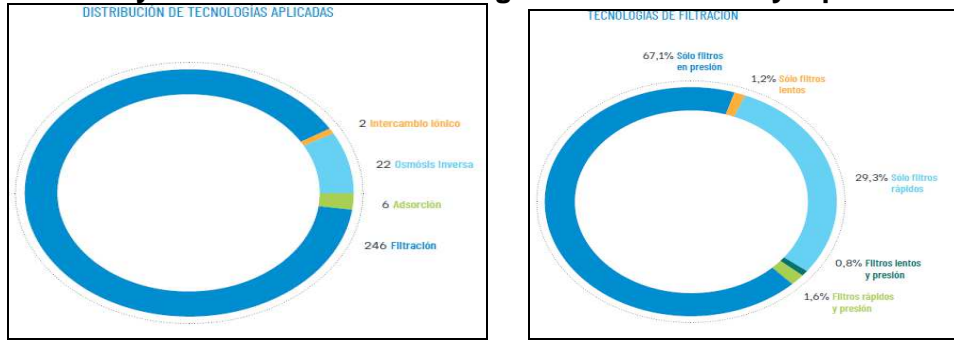
Tabla 18: Tecnologías de PTAP a nivel nacional

TECNOLOGÍAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)					
Región	Adsorción	Filtración	Intercambio iónico	Osmosis Inversa	Total general
ARICA Y PARINACOTA		3		3	6
TARAPACÁ		8		3	11
ANTOFAGASTA		6		4	10
ATACAMA		2		4	6
COQUIMBO		13		4	17
VALPARAÍSO		27		3	32
METROPOLITANA	4	37	1	1	43
LIBERTADOR B. O'HIGGINS		12	1		13
MAULE		13			13
ÑUBLE		11			11
BIO-BIO		37			37
LA ARAUCANÍA		31			31
LOS RÍOS		14			14
LOS LAGOS		20			20
AYSÉN		9			9
MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA		3			3
TOTAL GENERAL	6	246	2	22	276

Nota:
Las 2 PTAP de Totoralillo, servicio que se ha visto afectado por la sequía extrema, se consideran fuera de uso durante el periodo, por lo que se descuentan del total.

Fuente: Informe de Gestión SISS-2020

Grafico 17 y 18: Distribución tecnologías de tratamiento y Tipo de filtros



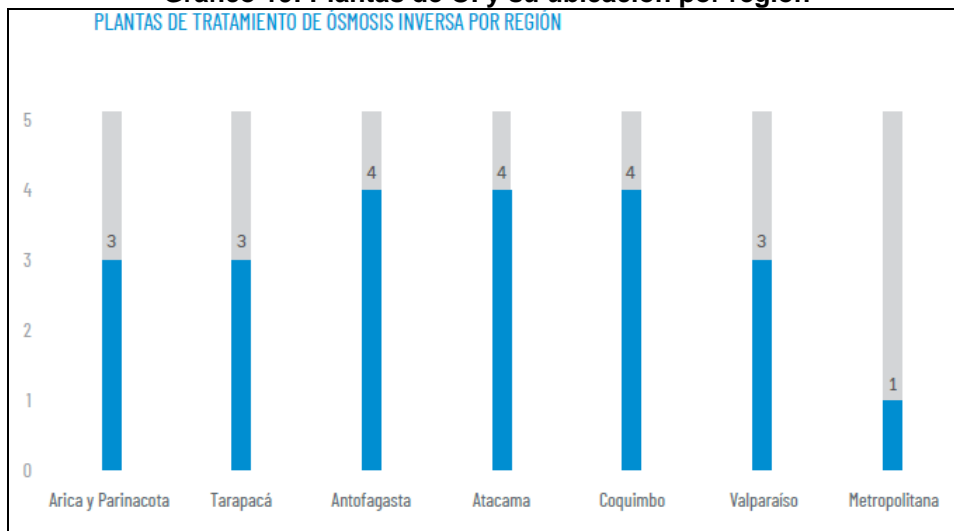
Fuente: Informe de Gestión SISS-2020

De las graficas anteriores se desprende que para un total de 399 servicios de agua potable, el tipo de procesos aplicado corresponde mayoritariamente a filtración, predominando la filtración directa mediante filtros en presión (67,1%) y luego la filtración rápida como parte del tratamiento físico- químico convencional (29,3%).

Las plantas que aplican tratamiento avanzado son muy pocas y en total incluyendo Osmosis Inversa, corresponden solo al 10,9 % de un total de 276 plantas de de agua potable.

Sólo existen 22 plantas de Osmosis inversa (OI) operando a nivel país, 3 de ellas tratan agua de mar y 19 agua subterránea salobre. Su ubicación por región es:

Gráfico 19: Plantas de OI y su ubicación por región



Fuente: Informe de Gestión SISS-2020

Considerando estos antecedentes oficiales emitidos por el organismo fiscalizador y teniendo en cuenta además la clasificación de fuentes de agua potable que la misma SISS ha hecho en Instructivo Ord. SISS 4423-2016, se obtienen los 5 tipos de tecnologías de PTAP, en los que se basará el trabajo de este capítulo del presente estudio. Ellos quedan definidos como:

Tipo 1: Plantas con Tratamiento convencional, con pre-sedimentación

Tipo 2: Plantas con Tratamiento convencional, sin pre-sedimentación

Tipo 3: Plantas con Filtración directa

Tipo 4: Plantas sólo con Desinfección

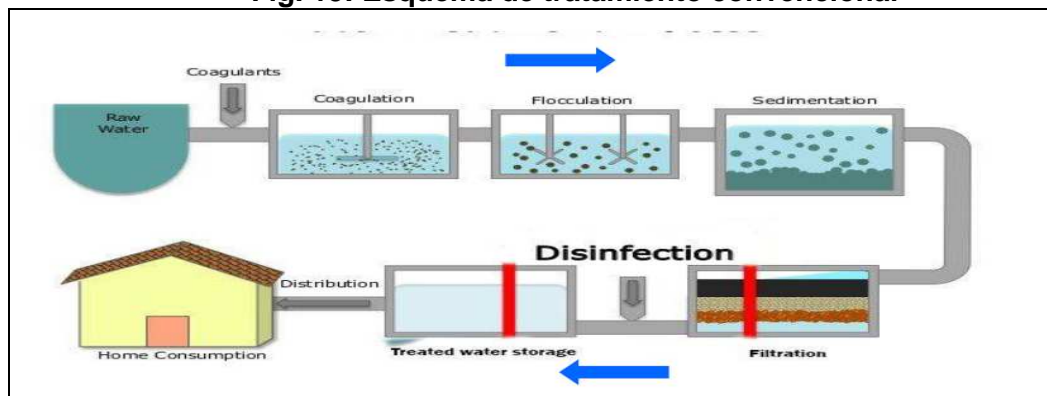
Tipo 5: Plantas con Osmosis Inversa

6.2 Evaluación del Parámetro Turbiedad, que cambiaría sus requisitos

6.2.1 Tratamientos recomendados para remover Turbiedad

El proceso de tratamiento físico-químico que normalmente se aplica a las fuentes de agua potable es el conocido como "Tratamiento convencional", que se ajusta al siguiente esquema:

Fig. 15: Esquema de tratamiento convencional



Fuente: Curso AIDIS- Chile 2021. Presentación Sr. G. Ahumada, director DIAGUA

Este tratamiento convencional está orientado esencialmente a la remoción de sólidos suspendidos presentes en el agua cruda, que son medidos a través de la turbiedad, aunque también puede ser utilizado para remover otros contaminantes, utilizando las mismas unidades y agregando los productos químicos que sean necesarios en puntos estratégicos del proceso. Su uso se describe para: remoción de turbiedad, color, metales previamente oxidados como As^{+5} , Fe^{+3} , Mn^{+4} , sustancias productoras de olor/sabor, bacterias, virus, parásitos, entre otros.

La práctica más común del tratamiento convencional, se basa en la separación de los procesos unitarios más relevantes que son: coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

Fig. 16: Procesos unitarios del tratamiento convencional



Fuente: Curso AIDIS- Chile 2021. Presentación Sr. G. Ahumada, director DIAGUA

Según calidad del agua cruda de la fuente, es posible simplificar el tratamiento convencional y realizar coagulación como parte de la filtración directa, la que es aplicable sólo para aguas crudas de baja turbiedad. En función de la turbiedad del agua cruda, los procesos recomendados pueden ser:

Tabla 19: Procesos, según turbiedad del agua cruda

PROCESO	< 50 UNT	50 - 400 UNT	400 - 4000 UNT
Presedimentación (1)			X
Coagulación	X	X	X
Floculación		X	X
Sedimentación		X	X
Filtración	X	X	X

(1) En el caso de altas turbiedades, los pre-sedimentadores operan también como desarenadores, puesto que gran parte de dicha turbiedad corresponde a partículas gruesas fácilmente decantables por gravedad.

Fuente: Curso AIDIS- Chile 2021. Presentación Sr. G. Ahumada, director DIAGUA

a) Coagulación:

El término Coagulación se deriva del latín Coagulare, que significa juntar. En esta etapa, se agregan productos químicos llamados coagulantes, cuya función es desestabilizar las cargas eléctricas de las partículas coloidales dispersas, que son más pequeñas que las partículas suspendidas y por tanto no sedimentan por gravedad. La mayoría de los coloides están cargados negativamente, por lo que son estables en el agua, debido a la repulsión electrostática entre ellos, que impide que actúen las fuerzas de atracción de "Van der Waals".

Los coagulantes más utilizados en el tratamiento del agua potable son: Sulfato de aluminio, Cloruro férrico y Sulfato férrico, todos con alta carga positiva. La adición de las sales coagulantes, producen cationes poliméricos tales como $[Al_{13}O_4(OH)_{24}]^{7+}$ y $[Fe_3(OH)_4]^{5+}$ cuyas cargas positivas neutralizan las cargas negativas de los coloides.

En esta fase, para obtener una dispersión uniforme del producto químico coagulante y aumentar las oportunidades de contacto entre las partículas, se requiere una "mezcla rápida" eficiente, ya que el proceso transcurre en un tiempo muy corto (del orden de 1 min), permitiendo la formación de partículas de tamaño microscópico.

Esta mezcla rápida se logra a través del paso del agua por coaguladores tipos hidráulicos o mecánicos. Entre los primeros se mencionan los canales con cambio de pendiente, las canaletas Parshall, los vertederos y las compuertas. Como coaguladores mecánicos se pueden utilizar, mezcladores de paletas de una cámara o de varias cámaras en serie.

En ocasiones, dependiendo de la turbiedad y de las características químicas del agua cruda, puede ser necesario agregar también, ayudantes de coagulación (polielectrolitos de cadena larga), que permiten mejorar la efectividad de la unión entre las partículas.

b) Floculación:

La segunda fase del tratamiento convencional corresponde a la formación de partículas que sean sedimentables y se conoce como Floculación. Este término que se deriva del latín Floculare, quiere decir formar un flóculo. Estos "flocs" son aglomerados aún pequeños, pero con peso específico superior al del agua, lo que permite que puedan ser separados por sedimentación. El proceso de floculación necesita bastante tiempo, del orden de 30 minutos o más, lo que se conoce como "mezcla lenta", que se logra en floculadores hidráulicos o mecánicos, existiendo de distintos tipos (flujo horizontal o vertical, eje horizontal o vertical, etc.).

c) Sedimentación:

La sedimentación emplea la fuerza de gravedad para que las partículas formadas o "flocs" se depositen en el fondo de una unidad llamada sedimentador, de donde son extraídas posteriormente. Solo sedimentan aquellas partículas más pesadas que el agua. Mientras mayor sea la densidad de la partícula, más rápido se depositará. La velocidad a la que las partículas se depositan es llamada tasa de sedimentación, de la cual dependerá la calidad del agua tratada. La recolección del agua ya decantada (más limpia) se puede efectuar mediante tuberías perforadas o canaletas dentadas en distintos tipos de sedimentadores, como son: convencionales, de placas, de módulos, de manto de lodos.

d) Filtración:

El objetivo principal del proceso de filtración, es separar las partículas que no han quedado retenidas en el tratamiento anterior. Por tanto el trabajo a realizar por los filtros, está relacionada con la eficiencia de los procesos previos. Antiguamente, la filtración era considerada sólo como un paso para remover las partículas no separadas en el proceso de sedimentación. La reciente experiencia, muestra que la filtración es un proceso unitario muy importante en la remoción de virus y parásitos como Giardia y Cryptosporidium.

Los filtros se pueden clasificar de acuerdo a sus características en:

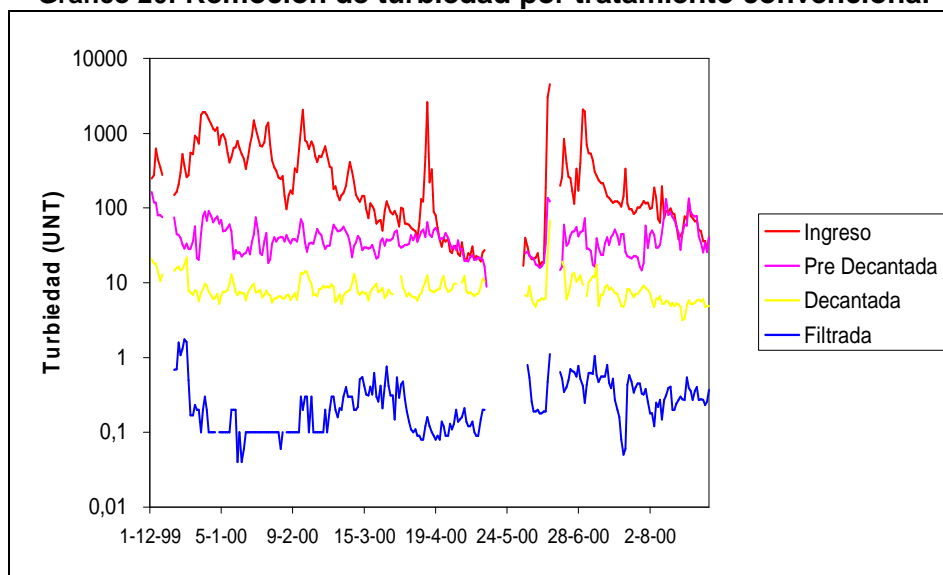
Tabla 20: Tipos de filtros para tratamiento de agua potable

Tasa		Medio Filtrante	Carga sobre el lecho	Sentido de flujo	Sistema de lavado	
Rápidos	Constante	Arena	Gravitacionales	Descendentes	Autolavado	Retrolavado con agua
		Antracita		Ascendentes	Lavado con bombas	Retrolavado con agua Lavado superficial y retrolavado con agua
	Declinante	Mixtos	En presión	Flujo mixto	Lavado con estanque	Retrolavado con aire y agua
Lentos		Arena	Gravitacionales	Descendentes	No se lavan, periódicamente se raspa la Schmutzdecke	

Fuente: Curso AIDIS- Chile para 2021. Presentación Sr. G. Ahumada, director DIAGUA

Las eficiencias teóricas descritas para la remoción de turbiedad por tratamiento convencional, se presentan en la siguiente gráfica, donde se observa que esta debiera alcanzar al menos un 90%, con turbiedades finales en el agua filtrada < 1 UNT, que es el valor meta a nivel operativo que se han impuesto muchas empresas sanitarias.

Gráfico 20: Remoción de turbiedad por tratamiento convencional



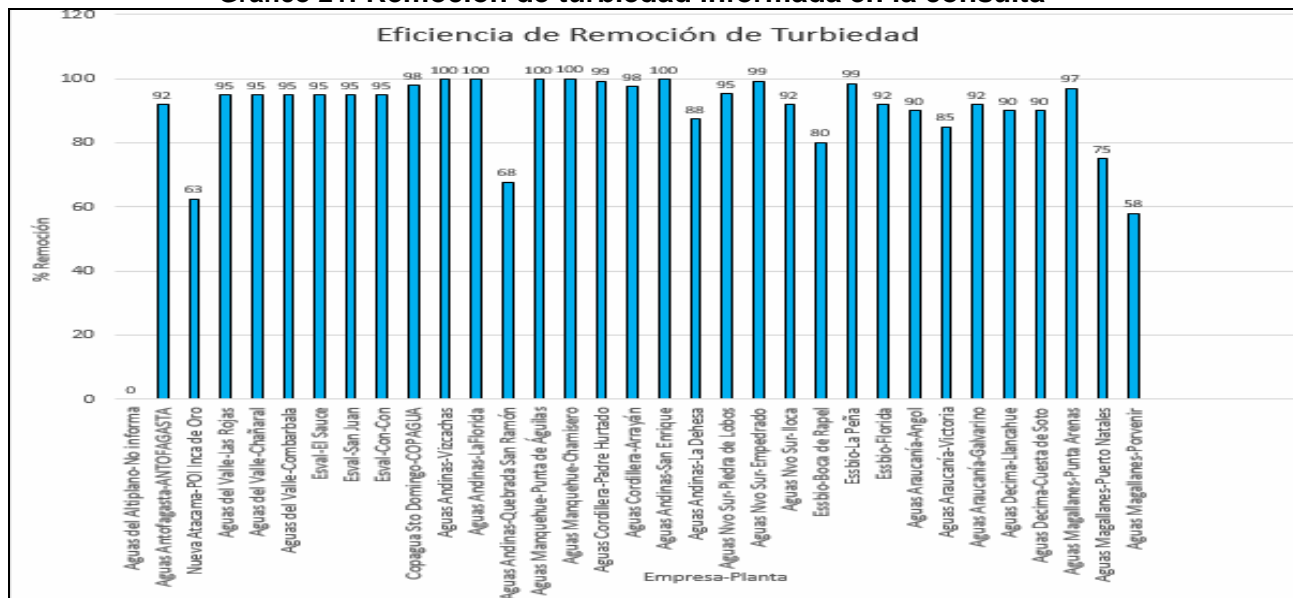
Fuente: Curso AIDIS- Chile 2021. Presentación Sr. G. Ahumada, director DIAGUA

De acuerdo a la evaluación de la consulta a empresas sanitarias realizada como parte de este estudio, estas eficiencias efectivamente se logran en la realidad nacional, para las plantas abastecidas con fuentes superficiales que son las que presentan mayor turbiedad y con mayor variabilidad, debido a factores estacionales, deshielos, arrastres por lluvias, etc.

6.2.2 Evaluación técnico-económica preliminar, cambio de requisitos turbiedad

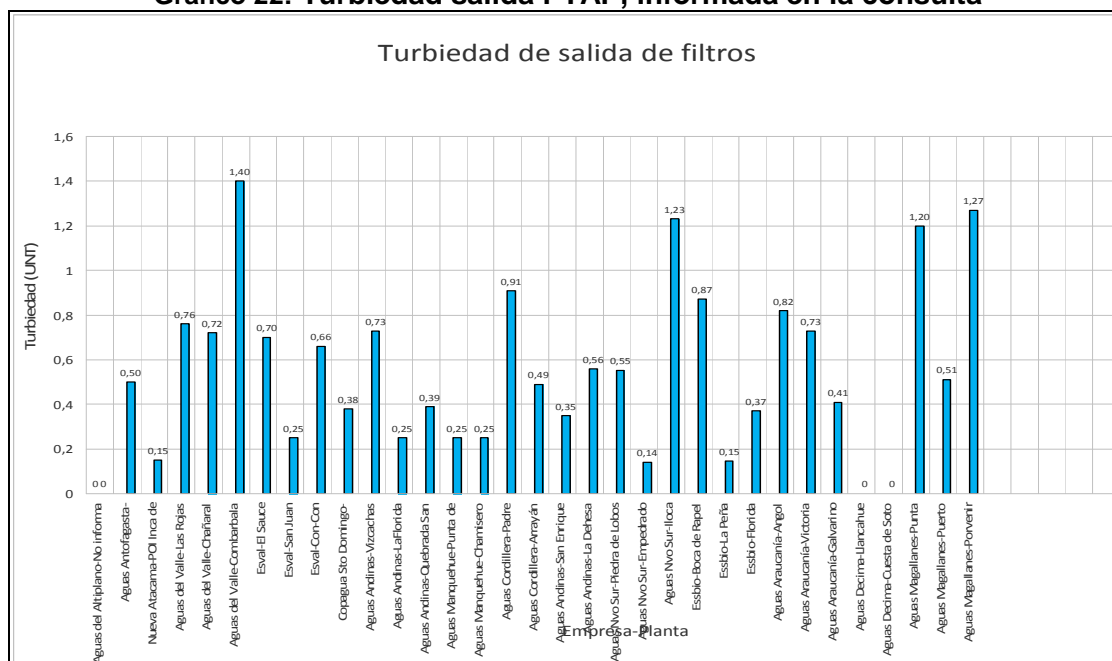
Las eficiencias de remoción de turbiedad reales logradas en las plantas superan el 90% en la mayoría de los casos, lo que es concordante con las eficiencias teóricas que se deberían lograr con tratamientos convencionales. Existen algunos casos con eficiencias menores, cuya tecnología de tratamiento sería distinta, pero que igualmente logran turbiedades bajas en el agua potable final producida.

Gráfico 21: Remoción de turbiedad informada en la consulta



El procesamiento de la información respecto de turbiedad, indica valores promedio a la salida de las plantas entre 0,14 y 1,4 UNT, lo que ratifica la posibilidad cierta de que se alcance la meta de máximo 2 UNT, como promedio mensual en el agua potable.

Gráfico 22: Turbiedad salida PTAP, informada en la consulta



Se comprueba entonces que estas buenas eficiencias en remoción de turbiedad, se logran en la práctica con tratamiento convencional y también con filtración directa, aplicados a aguas crudas de fuentes superficiales, que en muchos casos tienen además la necesidad de remover parámetros críticos, principalmente metales Fe, Mn. Por tanto y con mayor razón se lograrán si la fuente es de tipo subterránea, donde las turbiedades del agua cruda en forma natural son por lo general muy bajas < 1 UNT, sin necesidad de aplicar tratamientos.

En consecuencia la Evaluación técnico/económica preliminar, para la propuesta de nuevo requisito para el parámetro turbiedad, es favorable.

Se estima que el cambio de requisito, no significaría mayores costos de producción en ninguno de los tipos de tecnologías que se están evaluando. Sin embargo, se deben tener en cuenta las restricciones propias de cada uno de estos procesos que se han ido obteniendo a partir de la experiencia en su aplicación real en nuestro país, que se indican para cada caso en la siguiente tabla (columna de observaciones).

Tabla 21: Evaluación técnico/económica preliminar, cambio de requisito para turbiedad

Tipo	Tecnología existente en PTAP	Factibilidad de cumplir Nuevo requisito	Necesidad de Tecnología adicional	Observaciones
1	Tratamiento convencional, con pre-sedimentación	Si	No hay	No aplicable para agua cruda con Turb. >4000 UNT
2	Tratamiento convencional, sin pre-sedimentación	Si	No hay	No aplicable para agua cruda con Turb. >400 UNT
3	Filtración directa	Si	No hay	Optimizar duración carreras de filtración, para agua cruda con Turb.>20 UNT
4	sólo Desinfección	Si	No hay	Sólo fuentes subterráneas, con profundidades >15 metros Ord. SISS 4423-2016
5	Osmosis Inversa	Si	No hay	Cuando la tecnología existe, turbiedad debe removerse en etapa de pre-tratamiento

Para mantener la turbiedad dentro de estos nuevos requisitos en el sistema de distribución de los distintos servicios, se deberán considerar como un aspecto relevante, las instrucciones vigentes respecto de lavados de las redes preventivos/correctivos, además de los controles de calidad del agua antes de reponer el servicio, en grifos y terminales de red.

Dichas instrucciones operativas fueron impartidas por el organismo fiscalizador a las concesionarias en Ord. SISS 2560-2009, debiéndose respetar también las actualizaciones contenidas en la versión que a futuro reemplace a dicho documento.

6.3 Evaluación del Parámetro Plomo, que reduciría el límite máximo permitido

6.3.1 Tratamientos recomendados para remover plomo

El plomo forma parte del grupo de los metales pesados, su presencia no se puede detectar por efectos organolépticos porque al disolverse en el agua esta se visualiza incolora e inodora.

En la literatura científica, existe consenso respecto de que la problemática asociada a plomo en el agua potable está más bien vinculada a contaminaciones posteriores por un aporte de plomo desde los propios domicilios, por sobre su presencia en concentraciones importantes en el agua natural de las fuentes de abastecimiento, salvo que se trate contaminaciones de origen externo, provenientes de descargas industriales.

También se ha descrito, que en las fuentes de abastecimiento de las empresas sanitarias, el plomo podría estar presente producto de corrosiones en las bombas sumergidas en sondajes de agua subterránea, o por corrosiones de los materiales de que está compuesto el complejo sistema distribución por tuberías, que lleva el agua potable a los hogares.

En Estados Unidos según la EPA, la contaminación domiciliar por plomo se observa sobre todo en las casas construidas antes de 1986, aunque construcciones más modernas que utilizaron tuberías de redes internas “sin plomo”, podrían presentar hasta un 8% de plomo. Las llaves, las plomerías, las soldaduras de plomo y demás accesorios de latón o de latón cromado pueden “lixiviar cantidades significativas de plomo en el agua, especialmente en el caso del agua caliente.” Por estas razones, la EPA ha recomendado el control de la corrosividad del agua hacia los materiales en forma obligatoria en los servicios públicos, de tal forma de tomar medidas si se sobrepasa el nivel de alerta para plomo, como por ejemplo sustituir las líneas de tuberías y las partes del sistema de distribución que estén afectadas.

Tal como se ha descrito en el presente informe, el plomo causa diversos efectos negativos sobre la salud de adultos, niños y embarazadas si se ingiere a través el agua potable, de lo cual dan cuenta y reconocen todas las organizaciones internacionales. En especial la OMS en sus últimas guías, propone un valor de referencia provisional 5 veces más bajo que la actual norma chilena de requisitos para el agua potable NCh 409/1, recomendación que acogen otros países en el mundo y también en Chile la propuesta del año 2020 de nuevo DS-735.

Desde el punto de vista técnico, los tratamientos posibles de aplicar para remover plomo, son semejantes a los aplicados para la remoción del resto de los metales pesados, distinguiéndose los siguientes como posibles de aplicar en las plantas de agua potable.

a) Tratamiento convencional

El tratamiento físico-químico convencional también puede remover plomo que precipitará junto con el resto de los metales pesados, según Water Handbook de Degremont-Suez. Las sales de aluminio y de hierro como coagulantes principales, mostrarían mejores resultados que el PAC.

Para ello se requerirá seleccionar adecuadamente el mejor coagulante y de ser necesario también definir polielectrolitos ayudantes en el proceso de coagulación/floculación, conocer las dosis óptimas de cada producto químico y el mejor punto de dosificación en la planta, para evitar pérdidas de eficiencia debido a zonas muertas, cortocircuitos o menores tiempos de contacto de mezcla rápida o mezcla lenta, atribuibles a caudales superiores a los de diseño o desperfecto en las unidades.

El manual de Degremont-Suez, indica que el tratamiento convencional complementado con precloración y filtración por carbón activado granular también puede entregar muy buenos resultados en la remoción de plomo, incluso comparables a los obtenidos con tecnologías de membrana.

En la siguiente tabla, un resumen de estas directrices del Water Handbook de Suez Degremont y sus eficiencias teóricas:

Tabla 22: Tratamientos recomendados por Suez- Degremont para remoción de Plomo

Metal (Valor paramétrico expresado en µg/L)	Clarificación Total	Clarificación más pulido con CAG ⁽³⁾	Osmosis inversa o Membranas
Bario (700)	- a + ⁽¹⁾	++	+++
Cadmio (5)	+	++	+++
Cromo (50) Cr III	+++	+++	+++
CrVI	-	+++	+++
Cobre (1000)	- a + ⁽²⁾	+++	+++
Mercurio (1)	++	+++	++ ⁽⁴⁾
Níquel (20)	-	+	+++
Plomo (10)	++	+++	+++
Criterios de Eliminación			
- : 0 a 20 %	+ : 20 a 50 %	++ : 50 a 80 %	+++ : 80 a 100%

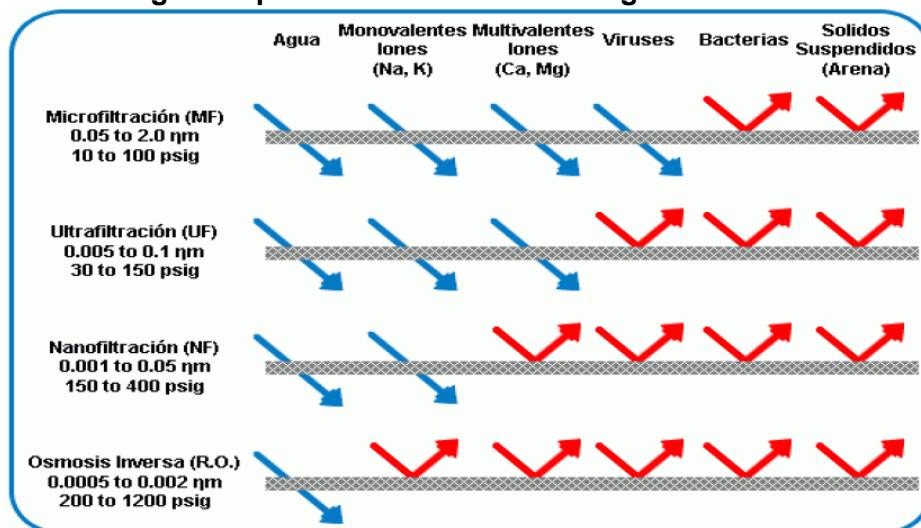
1. Coagulación con sulfato de aluminio o sulfato de hierro, posiblemente en presencia de sulfato cálcico.
2. Salida de Planta (2000 µg/L en la llave de los consumidores).
3. CAG: Carbón Activado Granular.
4. Altamente efectivo con mercurio iónico, posiblemente menos cuando se encuentra como mercurio orgánico.

Fuente: Water Handbook de Suez Degremont.

b) Tecnologías de membrana:

La Osmosis inversa y la Nanofiltración (llamada también Osmosis Inversa a baja presión) se han descrito en la literatura como una buena alternativa para la remoción de Plomo.

Fig. 17: Aplicaciones de las tecnologías de membrana



Fuente: Seminario Aidis-Chile 2016. "Complementando los Procesos avanzados de Producción de agua potable".

Estos procesos de membrana presentan beneficios por trabajar en un amplio rango de caudales y cantidad de sólidos disueltos en el agua cruda, la Osmosis Inversa elimina completamente los sólidos disueltos, mientras que la Nanofiltración los remueve parcialmente. Por lo mismo se requiere menor presión, menor costo de energía y sus membranas tienen menor tendencia al ensuciamiento.

Las limitaciones de estas tecnologías son su alto costo de inversión inicial, alto costo de operación, necesidad de pre-tratamiento y manejo de las aguas de desecho.

c) Electrodialisis

Es una técnica separativa de descontaminación que puede remover componentes iónicos de soluciones acuosas, las especies iónicas son transportadas a través de membranas con permeabilidad selectiva (aniones, cationes) bajo la acción de un campo eléctrico. La tecnología aprovecha las propiedades de la *electrólisis*, que se llevan a cabo en los electrodos, permitiendo la eliminación de compuestos indeseables por deposición sobre los electrodos o por su transformación en otras especies favorables.

Los procesos de separación basados en la electrodiálisis, utilizan membranas donde se han incorporado grupos con cargas eléctricas, con el fin de restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa. En estos procesos la “*fuera impulsora*” responsable del flujo de los iones a través de la membrana, es una diferencia de potencial eléctrico.

Un equipo de electrodiálisis está formado por un conjunto de membranas aniónicas y catiónicas dispuestas en forma alterna y separadas por espaciadores o placas, en una configuración semejante a los filtros prensa (configuración de placas y bastidores). Los espaciadores provocan turbulencias que evitan las deposiciones de materiales en la superficie de las membranas y homogenizan la concentración. Solo es posible tratar aguas con pre-tratamiento previo de filtración y con durezas bajas, con temperaturas máximas de 45°C y sobre el punto de congelamiento. La vida útil de una planta de este tipo puede ser de hasta 10 años, realizando las mantenciones adecuadas y los recambios periódicos de las membranas.

d) Tratamientos biológicos

En algunos países especialmente en China, se han desarrollado tecnologías biológicas basadas en la acción de los microorganismos para la remoción de metales pesados, entre ellos el plomo. Se incluyen sólo a modo de información, ya que en atención a que no existe ninguna experiencia al respecto en nuestro país, no se considerarán en esta evaluación.

Tabla 23: Tecnologías de tratamiento biológico para aguas contaminadas con Plomo

Número y fecha de publicación	Título	Solicitante	Aspectos relevantes de la invención
CN107619806A 23 Ene 2018	Bacteria capaz de adsorber plomo y soportar metales pesados y la aplicación de bacterias.	Univ Wuhan	La cepa descrita por la invención tiene la capacidad de generación de alcalí y tiene una propiedad de eliminación de plomo relativamente buena a diferentes valores de pH. El metabolito de eliminación de plomo de la cepa no es tóxico y es respetuoso con el medio ambiente.
CN106269850A 04 Ene 2017	Método para el tratamiento conjunto de la contaminación por iones de plomo mediante el uso de mineralización de carbonato por <i>Tiobacillus denitrificans</i>	Univ Southwest Science & Tech	La invención describe un método para el tratamiento conjunto de la contaminación con iones de plomo mediante el uso de mineralización de carbonato de por <i>Tiobacillus denitrificans</i> .
CN106222113A 14 Dic 2016	Método microbiano para tratar rápidamente el agua contaminada con plomo y zinc	Ningbo Fengyejie Biotechnology Co Ltd	El método microbiano comprende la complejación de los iones de metales pesados específicamente comprende la complejación de nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo y otros átomos en grupos fosfonilo o grupos carboxi en la superficie del <i>Penicillium chrysogenum</i> o el bacilo con iones de plomo y zinc.
CN105886407A 24 Ago 2016	Hongos filamentosos F35 resistentes a la radiación y su aplicación en el tratamiento biológico de adsorción de plomo	The Inst Of Microbiology Xinjiang Acad Of Agricultural Sciences	La invención describe hongos filamentosos resistentes a la radiación F35 y una aplicación de los mismos en el tratamiento biológico de adsorción de plomo. La cepa de hongos cribados F35 puede lograr un efecto de adsorción óptimo en aguas residuales contaminadas con plomo de baja concentración.
CN105802861A 27 Jul 2016	<i>Aspergillus sydowii</i> y su aplicación.	Univ Beijing	La invención describe <i>Aspergillus sydowii</i> y una aplicación de los mismos. El <i>aspergillus sydowii</i> AS-DXH puede absorber el plomo de manera efectiva y puede aplicarse al medio ambiente contaminado con plomo y, en particular, al tratamiento del agua contaminada que contiene plomo, y puede usarse para desarrollar una preparación biológica compatible con el medio ambiente.
CN104498404A 08 Abr 2015	<i>Bacillus</i> CP-1 para la restauración de la contaminación por plomo-cromo y la aplicación de bacilos CP-1	Henan Academy Of Sciences Inst Of Biology Ltd Liability Company	La invención se refiere al bacilo CP-1 para la restauración de la contaminación por plomo-cromo y a una aplicación del bacilo CP-1 que se puede usar para restaurar microorganismos contaminados por plomo y cromo. El bacilo CP-1 se puede usar para eliminar de manera efectiva el plomo y el cromo hexavalente.
CN103833144A 04 Jun 2014	Método para eliminar los iones de metales pesados en agua mediante el uso de caldo de fermentación de bacterias que producen floculante	Univ Northeastern	La invención proporciona un método para eliminar iones de metales pesados en agua utilizando caldo de fermentación de una bacteria que produce un floculante.
CN103496790A 08 Ene 2014	Método para tratar aguas residuales que contienen plomo mediante la activación y modificación de residuos de hongos y la recuperación de plomo.	Univ Zhejiang Normal	La invención proporciona un método para tratar aguas residuales que contienen plomo mediante la activación y modificación de residuos de hongos y la recuperación de plomo.
CN102994394A 27 Mar 2013	La cepa fúngica LP-18-3 y la aplicación de la cepa fúngica LP-18-3 en el tratamiento con cuerpo de agua que contiene plomo.	Cecep L & T Environmental Technology Co Ltd	La cepa fúngica LP-18-3 puede tolerar los iones de plomo con alta concentración en una solución acuosa y puede eliminar o recuperar los iones de plomo en las aguas residuales.

Fuente: Boletín tecnológico Instituto nacional de salud “Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico”, Ministerio de Salud Perú, año 2019.

6.3.2 Evaluación técnico-económica preliminar, límite más restrictivo para Plomo

La Evaluación técnico/económica preliminar, para la propuesta de reducir el límite actualmente normado para Plomo en NCh 409/1, indica varias restricciones especialmente para las aguas subterráneas que son sometidas sólo a desinfección y también para aquellas sometidas sólo a filtración directa, en las cuales habría que incurrir necesariamente en inversiones.

Esta situación se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 24: Evaluación técnico/económica preliminar. Límite más restrictivo para Plomo

Tipo	Tecnología existente en PTAP	Factibilidad de cumplir Nuevo requisito	Necesidad de Tecnología adicional	Observaciones
1	Tratamiento convencional, con o sin presedimentación sin complementos	Según concentración de Pb en agua cruda	No	Remoción parcial de metales pesados, incluido plomo. Sólo si se logra total clarificación del agua producida.
2	Tratamiento convencional, con complementos	No	Precloración. Pulimiento con Carbón activado granular CAG en filtración	Proceso eficiente, complementando los procesos de la planta de tratamiento convencional existente.
3	Filtración directa	No	Nanofiltración	Alternativa eficiente, de alto costo. Requiere pre-tratamiento y genera aguas de rechazo.
			Electrodialisis	Necesita filtración previa. Requiere energía para producir la corriente constante que impulsa la remoción.
4	sólo Desinfección	No	Nanofiltración	Alternativa eficiente, de alto costo. Requiere pre-tratamiento y genera aguas de rechazo.
5	Osmosis Inversa	Si	No hay	Donde la tecnología existe, el plomo se remueve en el mismo proceso.

Tabla 25: Estimación de costos involucrados en Remoción de Plomo

Tipo de Tratamiento	Costo estimado del producto (*)	Costo estimado Inversión de la tecnología (**)
Tratamiento convencional, con complementos Precloración, Pulimiento con Carbón activado granular en filtración	Cal apagada 221 \$/kg Cloro \$700/kg Hipoclorito Na (10%) 193 \$/kg CAG 1600- 3500 \$/kg Dosis a determinar mediante Pruebas de Jarras	Planta existente
Nanofiltración	No requiere	Según Q a tratar Ej. 15 a 60 l/s Inversión aprox. USD 275 – 620 mil
Electrodialisis	No requiere	Según Q a tratar Ej. 15 a 60 l/s Inversión aprox. USD 1,6- 3,8 millones (***)

(*) Los valores indicados fueron consultados a Empresa sanitaria que compra en grandes cantidades, por lo que para servicios pequeños, los precios de productos químicos podrían ser mayores.

(**) Precios estimativos del mercado, proveedor nacional.

(***) Para el caso de pozos profundos cuyo caudal a tratar sea más bajo y las aguas crudas sean de buena calidad, respecto de otros contaminantes, el costo de inversión podría ser menor.

Adicional a los costos de inversión, los procesos avanzados como los mencionados en la tabla anterior, tienen un alto costo de tratamiento en diferentes ítems, como son entre otros: el pre-tratamiento que necesariamente se debe aplicar al agua de ingreso al sistema (remoción de sólidos, filtración, etc.), las mantenciones periódicas, el recambio de membranas y de electrodos, el acondicionamiento del agua de salida, el manejo de las aguas de rechazo, etc. siendo el más relevante la energía necesaria en las etapas de producción del agua purificada.

En la siguiente tabla se muestra una referencia de estimación de estos costos, para el caso de la tecnología de Osmosis inversa:

Tabla 26: Costos estimados del Tratamiento de Osmosis Inversa

Type of feed water	Size of plant (m ³ /day)	Cost (per m ³)
Brackish	<1000	0.63€–1.06€ (0.78\$–1.33\$)
	5000–60,000	0.21€–0.43€ (0.26\$–0.54\$)
Seawater	<1000	1.78€–9.00€
	1000–5000	0.56€–3.15€
	12,000–60,000	0.35€–1.30€ (0.44\$–1.62\$)
	>60,000	0.40€–0.80€ (0.50\$–1.00\$)

Fuente: Desalination cost per capacity and type of water (Karagiannis and Soldatos, 2008)

Fuente: Curso AIDIS-Chile para DOH-2019

Cabe señalar que respecto de estos costos de producción existen distintas miradas, ya que las empresas tanto sanitarias como del rubro minero e industrial, que han implementado estas tecnologías en nuestro país, han comprobado en la práctica que dichas estimaciones se quedan cortas para la realidad nacional.

Ante estas restricciones de tipo económico y a modo de comentario general de esta evaluación técnico-económica preliminar, se corrobora la recomendación de que antes de tomar cualquier decisión respecto de requerir implementar costosos tratamientos para el plomo, es necesario asegurarse de que el contaminante está realmente presente en el agua potable que entregan las empresas concesionadas en un cierto servicio, si vino de la fuente o se aportó en forma posterior a la salida de las plantas de producción.

Importante:

Guía de la OMS indica que Plomo “No es un contaminante de agua cruda, por tanto no se le aplica tratamiento”. Se debe poner énfasis en tomar medidas para que el agua potable ya producida no se contamine con plomo.

En el presente estudio, como una forma de aproximarse a reunir más información respecto de esta disyuntiva, se realizó una búsqueda de la posible relación que existiría entre los servicios de agua potable donde se encontró presencia de plomo, las fuentes desde donde se capta el agua cruda y el tratamiento que se aplica. Esta información se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 27: Servicios afectados con Plomo en Agua potable con valores >0,01 mg/l

Razón social	Servicio	Sector	Fecha	Fuentes	Tratamiento
A.PATAGONIA	Coyhaique	1	10-03-2016	Estero Seguel, La Cascada, Río Coyhaique, El Carbón 2	Tratamiento convencional
A. MANQUEHUE	Alto Lampa	3	04-05-2016	Alto Lampa Pozos 1 y 2	Mezcla de pozos, remoción de As por adsorción, más desinfección
A.PATAGONIA	Pto. Chacabuco	3	23-05-2016	Estero Roguel, El Salto	Filtración directa, más desinfección
BCC	Valle grande	2	17-10-2016	Pozos 2,3 y 4	Mezcla de pozos, solo desinfección
A. ARAUCANIA	Renaico	1	10-11-2016	Sondajes 1015, 9046,9062, 9090	Filtración directa más desinfección en Sondaje 1015 .Desinfección los otros tres
A. ARAUCANIA	Purén	7	16-05-2017	Vertiente Pun-tun, Estero Pailan	Tratamiento convencional
A. STGO PTE	Barrancas	5	07-06-2017	Pozo El Retiro, Pozos 7, 10,11,12,14,17,20,23,13,08,24	Mezcla de pozos , solo desinfección
A. ARAUCANIA	Pto. Saavedra	4	08-05-2018	Estero Curilefu	Tratamiento convencional
ESSAL	P. Montt E-F-I	12	17-07-2018	Dren Orte-Norte, Sondajes 777, 2100, 2018, 1673,1674	Solo desinfección
TOTALILLO	Totalillo	1	17-07-2018	Pozo Este	Osmosis inversa
ESSAL	Ancud-Caicumeo	5	13-09-2018	Est. Changao y Mechaico, Lajas Blancas, Tranque Pudeto	Tratamiento convencional
ESSAL	Achao	2	24-09-2018	Estero Villarroel, Sondaje 2121	Tratamiento convencional
ESSAL	Dalcahue	5	24-09-2018	Estero Mocopulli, Sondaje 2091, 2068, 2108	Tratamiento convencional
A. MANQUEHUE	Alto Lampa	2	23-05-2019	Alto Lampa Pozos 1 y 2	Mezcla de pozos, remoción de As por adsorción, más desinfección
ESVAL	Villa Alemana	7	01-10-2019	Río Aconcagua, Dren y Sondaje 1 Las Vegas Sondaje 1,2,3 Llay Llay, Pozo 4, 5, 6 Bustos	Tratamiento convencional
ESVAL	Quilpue	7	01-10-2019	Idem anterior,más Poza azul	Tratamiento convencional
ESSAL	Mafil	1	29-10-2019	Sondajes 750,751,1897,2128	Filtración directa, más desinfección
ESVAL	Algarrobo	2	05-11-2019	Pta San Juan, Pozos N1, N2, N3, N5, N6,N7, San Jerónimo Pozo AQSA 1, Sondaje 4-A	Tratamiento convencional
A. ALTIPLANO	La Tirana	3	17-02-2020	Sondajes N° 1 y 2 La Tirana	Osmosis inversa
ESSBIO	Pichilemu	3	17-03-2020	Laguna El ancho, Dren Nilahue, Pozo 2,3, 2011	Tratamiento convencional, si funciona laguna. Filtración directa dren y pozos, más desinfección
A. CORDILLERA	Los Dominicos	8	24-05-2020	Canal El Bollo	Trat.convencional, presedimentación
A. ARAUCANIA	Cholchol	1	13-07-2020	Sondaje N° 9041,9055,9079	Tratamiento convencional
ESSAL	Ancud-Caicumeo	1	05-08-2020	Est. Changao y Mechaico, Lajas Blancas, Tranque Pudeto	Tratamiento convencional
ESSBIO	Florida	1	17-11-2020	Estero Colepucho, Embalses, Tapihue 1 y 2, Emb. y Noria fundo Palermo, Dren y Punteras El Rodeo, Pozo Hincado	Tratamiento convencional
ALB. PLANELLA	Sta. Rosa/Peral	3	09-12-2020	Canal la Luz	Filtración directa, más desinfección
EXP. SANITARIAS	Quilicura	4	08-09-2021	Pozos 4,8, 12,13,16,17,18,19	Mezcla de pozos , solo desinfección

De la tabla anterior, se desprende que no hay una relación directa entre presencia de plomo en la red y presencia de plomo en la fuente. Los servicios que presentan este contaminante a niveles trazas en el agua potable, se abastecen de distintas fuentes superficiales y subterráneas que no figuran en la Tabla 10 de este informe, donde se han listado aquellas con concentraciones >0,01 mg/l (nuevo valor guía OMS). Se exceptúa el Servicio Santa Rosa del Peral, donde el contaminante aparece en más de una ocasión, tanto en fuente como en la red.

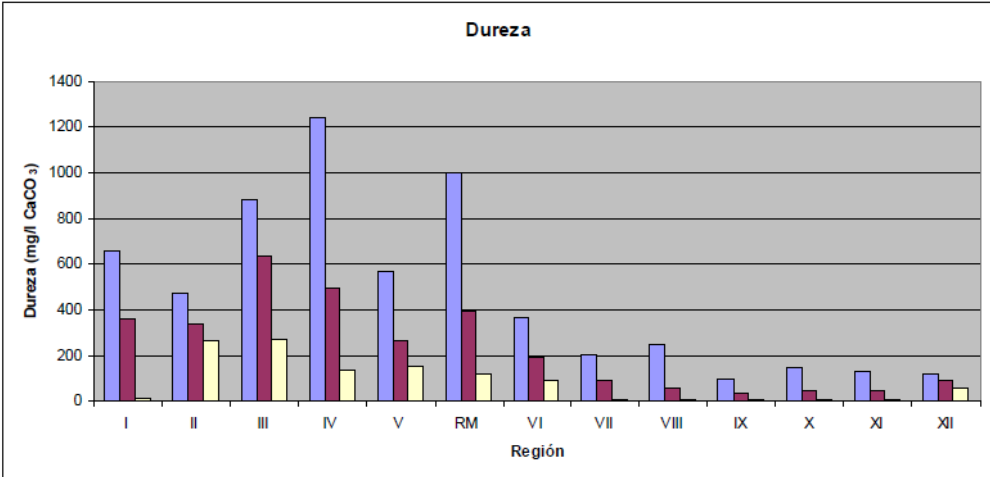
La relación tampoco se observa a la inversa, es decir en aquellas fuentes donde se detectó plomo, incluso >0,05 mg/l actual valor normado (Tabla 9 de este informe), este contaminante no se traspasó a la red abastecida. Este hecho es interesante, ya que podría deberse a que los tratamientos aplicados en esos lugares efectivamente están removiendo algo de este metal pesado, o bien que efectivamente ocurre lo señalado por la literatura especializada en el sentido que el agua potable se contamina con plomo, fuera de las plantas de tratamiento.

6.4 Evaluación del Parámetro Dureza total, que se incorporaría como nuevo a normar

6.4.1 Tratamientos recomendados para remover Dureza

La dureza no está actualmente normada en Chile y en consecuencia no se controla en forma periódica en fuentes de agua potable y tampoco en las redes de distribución de los servicios. Sin embargo, existen algunos antecedentes nacionales sobre el tema en memorias de título de la Universidad de Chile y en particular en el estudio contratado por la SISS en el año 2014 a la consultoría de INGESA Ltda. A partir de su revisión, se puede complementar la información presentada antes en este informe, respecto al contenido de dureza en las aguas de nuestro país, que se clasificaron en función de la regionalidad de ese entonces.

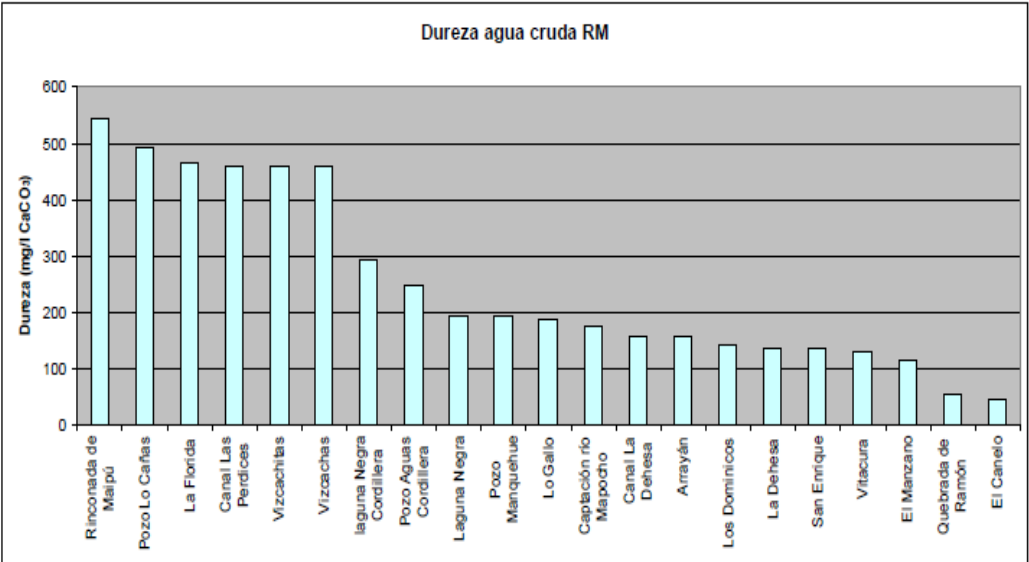
Gráfico 23: Dureza en fuentes, valores máximos, medios y mínimos por región



Fuente: Estudio SISS 2014, realizado por Ingesa Ltda.

Esta misma información, muestra lo siguiente para la Región Metropolitana:

Gráfico 24: Dureza en fuentes, Región Metropolitana



Fuente: Estudio SISS 2014, realizado por Ingesa Ltda.

En las gráficas anteriores se observa que en algunas regiones los valores puntuales de dureza total, podrían llegar incluso a superar los 1000 mg/l expresados como carbonato de calcio (CaCO₃) y que numerosas fuentes de agua cruda de todo el país, superan los 200 mg/l CaCO₃, valor indicado por la OMS como el umbral de inicio para la formación de incrustaciones.

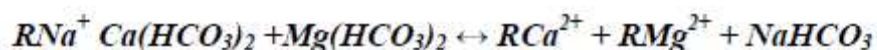
Esto significa que si se quiere llegar a normar este parámetro, muchos servicios de agua potable del país, deberían implementar tratamientos especiales y/o complementarios para cumplir los nuevos requisitos.

La literatura especializada indica muchos posibles tratamientos para la remoción de dureza, se mostrarán en este informe sólo aquellos que pueden tener una cierta aplicabilidad en las plantas de agua potable de nuestro país, ya sea para caudales pequeños de un pozo de agua subterránea o en una planta que trata caudales mayores de aguas superficiales.

a) Ablandamiento mediante Intercambio Iónico:

El intercambio iónico fue diseñado para uso industrial en generadores de vapor, autoclaves y sistemas de refrigeración, aunque su uso doméstico se ha extendido en soluciones domiciliarias particulares. La tecnología se basa en el uso de resinas sintéticas donde se produce el intercambio de los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} por iones sodio Na^+ , generando bicarbonato de sodio, mientras que los iones calcio y magnesio quedan retenidos en la resina.

La ecuación química del proceso es la siguiente:



Si bien se reduce la dureza, sólo se reemplaza los bicarbonatos de Ca y Mg por bicarbonato de sodio, incrementándose el contenido salino ya que cada átomo de Ca/Mg se cambia por 2 átomos de Na, en función de sus pesos moleculares. Por tanto, debe tenerse especial cuidado en la aplicación de esta tecnología, ya que significa un aporte adicional de sodio al agua potable. No se debería superar los límites máximos para sodio que en Chile no está normado y que en la Comunidad Europea se establece en valores de 200 mg/l.

Las resinas de intercambio se van colmatando con el uso, por lo que deben ser regeneradas en forma frecuente, ello se realiza usando una solución concentrada de cloruro de sodio (sal industrial), que revierte el proceso, entregando el Ca y el Mg en forma de cloruros y restos de cloruro de sodio, los cuales constituyen residuos descartables del proceso.

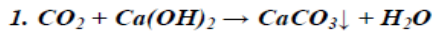
Las eficiencias que pueden alcanzar las columnas de intercambio iónico, dependen de muchos factores, partiendo por la dureza del agua de alimentación, otros contaminantes del agua cruda, caudal a tratar, conformación del sistema, duración del ciclo de trabajo, duración del ciclo de regeneración, entre otros. Por lo general los fabricantes indican en sus fichas técnicas eficiencias teóricas del orden del 90% o superior. Existen modalidades de ablandadores simples y ablandadores en paralelo, fabricados en distintos materiales como fibra de vidrio y acero, pero también pueden diseñarse según requerimientos específicos de una cierta necesidad. La limitante principal es el caudal, un ablandador tipo puede usarse para caudales entre 0,3 y 80 m³/hora, según modelo del equipo.

b) Precipitación con cal:

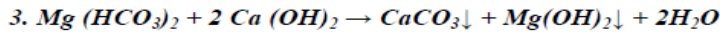
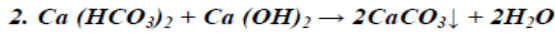
Es una técnica posible de utilizar a mayor escala que el intercambio iónico, utilizando las unidades y procesos unitarios existentes en una planta de tratamiento convencional. Consiste en aplicar al agua una dosis de cal obtenida para cada caso específico mediante pruebas de Jar-test, con lo cual los bicarbonatos de calcio y magnesio se transforman en carbonatos insolubles, que precipitan posteriormente en la etapa de sedimentación.

Las ecuaciones químicas del proceso son las siguientes:

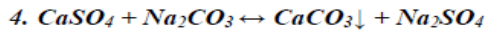
La cal reacciona con el dióxido de carbono formando carbonato de calcio insoluble, el que precipita., de acuerdo a la siguiente reacción:



La remoción del CO₂ produce un aumento de pH y predispone al bicarbonato de calcio y magnesio para pasar a carbonatos insolubles. Por otra parte, la propia cal reacciona con los bicarbonatos de calcio y magnesio de acuerdo con la reacción siguiente:



La dureza permanente ejercida por los sulfatos de calcio, cloruros, etc., se puede remover mediante la adición de carbonato de sodio, el que reacciona con las sales de la dureza formando compuestos insolubles:



Para que estas reacciones ocurran se requiere que el pH sea alto, del orden de 11 unidades, por lo que según pruebas experimentales a realizar caso a caso, podría ser necesario un ajuste de pH antes de la desinfección o en el agua final producida, para cumplir con el rango permitido en la normativa (6,5-8,5 unidades). Otra característica de este proceso, es que aumentará la cantidad de lodos a retirar desde los sedimentadores, producto de los compuestos que caen en el ablandamiento.

El tratamiento de precipitación con cal, es eficiente para generar durezas remanentes del orden de 100 mg/l CaCO₃, quedando el agua moderadamente dura, de acuerdo a la clasificación de la OMS, pero mucho más blanda que el agua de ingreso.

c) Tratamiento convencional:

El tratamiento físico-químico convencional también puede remover dureza en forma indirecta; para ello se requerirá ajuste de pH hasta ≥8 unidades antes de la coagulación/floculación usando cal. De esta forma, puede ser posible eliminar junto con la turbiedad, las sales de carbonato de calcio precipitadas.

La literatura indica que esta modalidad, ha dado resultado en algunas plantas de la región metropolitana, pero con menor eficiencia que la precipitación con cal.

e) Tecnologías de membrana:

Estos procesos de membrana presentan beneficios por trabajar en un amplio rango de caudales y cantidad de sólidos disueltos en el agua cruda, la Osmosis Inversa elimina completamente los sólidos disueltos, mientras que la Nanofiltración los remueve parcialmente (Figura.17). Por lo mismo se requiere menor presión, menor costo de energía y sus membranas tienen menor tendencia al ensuciamiento.

Desde el punto de vista técnico, la Nanofiltración (llamada OI a baja presión) aparece como una buena alternativa para la remoción de dureza, ya que es eficaz en el ablandamiento de aguas y en la remoción de iones divalentes como el Ca y el Mg, alcanzando eficiencias del orden de 80-95%. Las limitaciones de estas tecnologías son su alto costo de inversión inicial, alto costo de operación, necesidad de pre-tratamiento y manejo de las aguas de desecho.

Tabla 28: Selección de Procesos de membrana

Contaminant à enlever	Eau brute	Objectif de traitement	Unité	Classification des chaînes de traitement par type de membrane			
				UMF	NUF	NF	OI
Turbidité		< 0,1	UTN	XI	X	X	X
COD	3 à 10	enlèvement fraction coagulable	mg/L	CXI,CDXI	X, CX	X	X
DOD	3 à 10	< 0,5 mg/L ^(b)	mg/L	CXI,CDXI,AXI	X	X	X
Couleur vraie	0 à plus de 60	< 15	UCV	CXI, CDXI	X, CX	X	X
Dureté	100 à 250	< 100	mg/L			X	X
	> 250	< 100	mg/L			X	X
Fe ²⁺	0,3 - 5	< 0,3	mg/L	OXI	OX		
	5 et plus	< 0,3	mg/L				
Mn ²⁺	jusqu'à 0,3	< 0,05	mg/L	OXI	OX	X	X
Sulfates	> 500	< 500	mg/L			X	X
Nitrites-nitrates	> 10	< 10	mg/L de N				X
Nitrites seuls	> 1	< 1	mg/L de N				X
coliformes fécaux	présence	absence	nb/100 ml	XI ^(a)	X ^(a)	X ^(a)	X ^(a)
kystes de <i>Giardia</i>	présence	Selon la qualité de l'eau brute	nb/100 ml	XI ^(a)	X ^(a)	X ^(a)	X ^(a)
oocystes de <i>Cryptosporidium</i>	présence		nb/100 ml	XI ^(a)	X ^(a)	X ^(a)	X ^(a)
virus	présence		nb/100 ml	XI ^(a)	X ^(a)	X ^(a)	X ^(a)
Goût	présence		N/A	AXI	AX	X ^(a)	X ^(a)
Odeur	présence		N/A	AXI	AX	X ^(a)	X ^(a)
Pesticides	dépassement norme	Sous les normes réglementaires	µg/l	AXI	AX	X	X
Radionucléides	dépassement norme	Sous les normes réglementaires	Bq/L				X
Arsenic	> 25	< 25	µg/L	OXI	OX		X
Bore	> 5	< 5	mg/L				X
Chlorure de sodium	> 250	< 250	mg/L			X	X

X- Filtration sur membranes	C- Coagulation/floculation	Atteint complètement l'objectif	Atteint partiellement l'objectif	non affecté de façon significative	aucune application pleine échelle connue
A- Adsorption sur charbon activé en poudre	D- Décantation				
I- Inactivation obligatoire (désinfection)	O- Oxydation				

(a) : dépend du type de membrane et du contaminant
(b) : correspond à un enlèvement très poussé (> 90%) des précurseurs de THM
(c) : dépend de l'intégrité du système

Fuente: MDDEP Québec. Guide de conception des installations de production d eau potable 2006. Curso AIDIS- Chile para DOH – 2019.

6.4.2 Evaluación técnico-económica preliminar, Dureza nuevo parámetro a normar

La Evaluación técnico/económica preliminar para la propuesta de incorporar Dureza total a la norma chilena NCh 409/1, indica ciertas restricciones, especialmente para las aguas que no cuentan actualmente con tratamiento o son sometidas sólo a filtración directa, donde habría que incurrir necesariamente en inversiones. Esta situación se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 29: Evaluación técnico/económica preliminar, Dureza nuevo parámetro a normar

Tipo	Tecnología existente en PTAP	Factibilidad de cumplir Nuevo requisito	Necesidad de Tecnología adicional	Observaciones
1	Tratamiento convencional, con pre-sedimentación	Si/No	Ajuste de pH solamente	Según necesidad de remover otros parámetros críticos, se podría disminuir parte de la dureza en pre-sedimentación, o bien pasar a la categoría tipo 2.
2	Tratamiento convencional, sin pre-sedimentación	Si/No	Precipitación con cal	Se plantea como la alternativa más económica y de sencilla operación.
3	Filtración directa	No	Nanofiltración	Alternativa eficiente, de alto costo. Requiere pre-tratamiento y genera aguas de rechazo.
			Intercambio iónico	Aporte de Na al agua potable. Manejo de sales en regeneración. Generación de residuos líquidos.
4	sólo Desinfección	No	Nanofiltración	Alternativa eficiente, de alto costo. Requiere pre-tratamiento y genera aguas de rechazo.
			Intercambio iónico	Aporte de Na al agua potable. Manejo de sales en regeneración. Generación de residuos líquidos.
5	Ósmosis Inversa	Si	No hay	Donde la tecnología ya existe, dureza se remueve, como parte del proceso.

Tabla 30: Estimación de costos involucrados en Remoción de dureza

Tipo de Tratamiento	Costo estimado del producto (*)	Costo estimado Inversión de la tecnología (**)
Ajuste de pH en PTAP convencional, con presedimentación	Cal apagada 221 \$/kg Dosis a determinar mediante Pruebas de Jarras	Planta existente
Precipitación con cal en PTAP convencional, sin presedimentación	Cal apagada 221 \$/kg Dosis a determinar mediante Pruebas de Jarras	Planta existente
Nanofiltración	No requiere	Según Q a tratar Ej. 15 a 60 l/s Inversión aprox. USD 275000 – 620000
Intercambio iónico	Cloruro de sodio 220 \$/kg Cantidad, según frecuencia de regeneración de la resina	Para Q máximo a tratar 0,3 a 80 m ³ /hora Ablandador single: USD 1000 a 11500 Ablandador duplex: USD 2800 a 22000

(*) Los valores indicados fueron consultados a Empresa sanitaria que compra en grandes cantidades, por lo que para servicios pequeños, los precios de productos químicos podrían ser mayores.

(**) Precios estimativos del mercado, proveedor nacional.

Cabe destacar nuevamente que la tecnología de intercambio iónico ha sido cuestionada, por publicaciones científicas debido a que el agua más blanda resultante del proceso, es portadora de altas concentraciones de sodio que están relacionadas con la hipertensión, daño a los riñones inmaduros de los niños y enfermedades cardiovasculares.

Otros estudios indican que el agua blanda obtenida por cualquiera de las tecnologías mencionadas tiende a ser agresiva, con el consiguiente riesgo de corrosión de tuberías y absorción de metales pesados como cobre, zinc, plomo y cadmio.

Por tanto, la remoción de dureza debe llevarse sólo hasta ciertos niveles que aseguren que no hay daño a la salud de los consumidores, ya sea por aportes de otros iones más dañinos o por falta de iones magnesio calificado dentro de las sustancias esenciales con ciertos efectos benéficos para la salud. También se debe asegurar, que no es agresiva hacia los sistemas de distribución, de allí que el análisis de este parámetro debería venir acompañado de otras determinaciones, como son Índice de Langelier y/o Índice de agresividad de la AWWA.

En consecuencia, la mezcla de aguas tratadas con ablandamiento con otras sin tratar a nivel de los estanques de almacenamiento o líneas principales de conducción, podría ser una buena solución a considerar.

6.4.3 Información adicional aspectos económicos

Como un aporte adicional, a continuación se incluye la evaluación económica presentada en Estudio Ingesa Ltda. en el año 2014, que fue realizada especialmente para la SISS en ese entonces.

**Tabla 31: Resumen costos unitarios de tratamientos para dureza (\$/m³)
Estudio SISS realizado por Ingesa Ltda. Año 2014 (*)**

Tipo de tratamiento	Inversión	Operación	Total	Costo anual promedio por cliente (\$)
Precipitación con cal	31	158	189	41.980
Ósmosis inversa	514	162	676	150.431
Doméstico	785	424	1.209	269.137

(*)El costo anual, se calculó en base un consumo tipo de 18,55 m³ por cliente por mes.

En ese estudio se concluyó que aún cuando el tratamiento a nivel doméstico resulta ser el más caro, sería en principio el más adecuado para solucionar el problema de la dureza en nuestro país, en atención a las controversias que existían respecto a una solución centralizada.

En ese informe se comentó que los beneficios de esta modalidad centralizada de ablandamiento estaban orientados más bien a evitar la formación de incrustaciones en sistemas de distribución, depositación de sarro en calentadores y grifería, por sobre un efecto benéfico claro a la salud pública.

Por otra parte, que al parecer las percepciones de la población con relación a la dureza del agua, podía ser muy distinta entre las personas, y que no hay una relación clara entre dureza del agua potable e índice de reclamos por esta causa. Además, en la actualidad el mercado ofrece distintas alternativas de soluciones individuales para los clientes que en forma voluntaria deseen ablandar el agua, como son: los ablandadores domiciliarios con una vida útil del orden de 5 años, los dispositivos electromagnéticos con vida útil entre 5 y 8 años, limpieza mecánica de las incrustaciones cada 2 y 3 años, lo anterior dependiendo del contenido de dureza real.

Finalmente señala, que el ablandamiento debiera ser una práctica orientada a la porción del agua que está causando problemas y no a la totalidad, no sería necesario someter a tratamiento a las aguas que van a ser usadas para el WC y descargadas al alcantarillado.

De tal forma de complementar estas argumentaciones, se revisó el trabajo "Disposición a pagar por mejora en la calidad del agua potable en el gran Santiago, por el método de valorización contingente" realizado por el Sr. Víctor Gálvez profesional que trabajó un tiempo en la SISS. Este profesional investigó en sus estudios de postgrado en la universidad, la disposición a pagar que los clientes de la Región Metropolitana tenían, con el objeto de remover la dureza del agua potable que llegaba a sus hogares.

El mencionado estudio concluye que esta disposición a pagar depende de varios factores como son edad, sexo, nivel socio-económico de las personas, entre otros, pero que en promedio el público si esta dispuesto a que se aumente un poco la tarifa por este concepto.

El monto adicional que se está dispuesto a pagar, resulta ser de \$ 2405 mensuales en una cuenta tipo. Sin embargo, este monto no alcanzaría a cubrir los costos de tratamiento para la remoción de dureza, ni siquiera con la alternativa más económica que sería la precipitación con cal, tomando como referencia el valor actualizado los costos del Estudio de Ingesa-2014 y la encuesta realizada en la Región Metropolitana.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al comparar la norma chilena vigente NCh 409-2005 Parte 1: “Agua Potable Requisitos, con los actuales estándares internacionales de calidad del agua potable, considerados en el presente estudio: Guías de la OMS, regulaciones de la Directiva Europea, directrices de las EPA, Reglamento de aguas para consumo humano del MINSAL y normativas de otros países como Australia y Canadá, en cuanto al efecto de su presencia sobre la salud de las personas y/o en la percepción de la calidad del agua de bebida por parte de los consumidores, se concluye que existen diferencias en varios de los parámetros normados y de distintos tipos.

Entre ellos se distinguen dos grandes grupos: parámetros normados en Chile que tienen límites más restrictivos en la normativa internacional y parámetros normados internacionalmente no normados en Chile.

Por lo mismo, para un mayor orden y comprensión, este capítulo se divide en dos partes:

- Conclusiones sobre Parámetros con recomendación de normar límites más estrictos.
- Conclusiones sobre Nuevos parámetros a normar.

7.1 Conclusiones sobre Parámetros con recomendación de normar límites más estrictos

a) Entre los parámetros con límites más restrictivos en la normativa internacional, se encuentran 7 de interés que son: Cadmio, Cloruro, Color, Plomo, Sulfato, Turbiedad y el compuesto plaguicida DDT+DDD+DDE. Todos ellos fueron revisados en forma detallada respecto de su comportamiento en los últimos 5 años (periodo 2016-2021), en base a la información de autocontrol de calidad del agua en fuentes de abastecimiento y en redes de distribución, que realizan las empresas sanitarias y que remiten periódicamente a la SISS.

Se estimó pertinente proponer modificaciones a los requisitos vigentes para Turbiedad y Plomo, manteniendo el límite actualmente normado para el resto de los parámetros físico-químicos, antes mencionados. También se consideró no innovar en los parámetros microbiológicos, recomendando mantener el control de Coliformes totales y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación, ambos con los mismos requisitos actuales.

b) Las razones principales para recomendar mayores exigencias en Turbiedad, dicen relación con que este parámetro está vinculado con la eficiencia de la desinfección, con la calidad bacteriológica en las redes de distribución y con la percepción de la calidad organoléptica por parte de los consumidores.

Se observa un importante número de casos con turbiedades superiores a 2 UNT como media mensual lo que ocurre en forma aleatoria en distintos servicios y a lo largo del tiempo en todos los años evaluados. También se observan muestras de agua potable con turbiedades sobre 4 UNT y en casos aislados sobre 20 UNT, lo que es preocupante más aún si la fuente que abastece a estos servicios es de tipo subterránea. Ello podría estar evidenciando un problema de lavado, mantenimiento y probablemente roturas de las redes de distribución. Poner atención en que algunas empresas, aumentan considerablemente el número de muestras mensuales y los días de control, con el objetivo de bajar el promedio y de esa forma lograr cumplir la normativa. La propuesta de nuevo requisito para el agua potable es una media mensual ≤ 2 UNT, condicionando además que ninguna muestra puntual supere el valor de 10 UNT. Es claro que nuevamente Chile no podría acoger las guías de la OMS que señalan turbiedad ≤ 1 UNT en todo momento, pero esta menor flexibilidad sería un primer paso para mejorar y al menos alcanzar la meta que el país ya se estableció en el año 2005 con la actual NCh 409/1, que en la realidad y según datos del protocolo SISS PR14, no siempre se ha logrado cumplir.

- c) La Evaluación técnico/económica preliminar para la propuesta de nuevo requisito para el parámetro turbiedad es favorable, ya que a partir de la consulta a empresas sanitarias realizada como parte de este estudio, se comprueba que eficiencias superiores al 90% en remoción de turbiedad se logran en la práctica con tratamiento convencional y también con filtración directa, aplicados a aguas crudas de fuentes superficiales, que en muchos casos tienen además la necesidad de remover parámetros críticos principalmente metales Fe, Mn. Por tanto y con mayor razón se lograrán si la fuente es de tipo subterránea, donde las turbiedades del agua cruda en forma natural son por lo general muy bajas <1 UNT, sin necesidad de aplicar tratamientos. El procesamiento de la información, indica valores promedio a la salida de plantas entre 0,14 y 1,4 UNT, lo que ratifica la posibilidad cierta de que se alcance la meta de máximo 2 UNT, como promedio mensual en el agua potable. Se estima que el cambio de requisito no significaría mayores costos de producción, pero que mantener una turbiedad acorde en el sistema de distribución de los distintos servicios, requiere estricto cumplimiento de las instrucciones vigentes respecto de lavados de las redes preventivos/correctivos, además de los controles de calidad del agua antes de reponer el servicio, en grifos y terminales de red, dados por Ord. SISS 2560-2009.
- d) En lo que respecta al Plomo, ha sido descrito como un metal pesado que puede llegar a producir efectos negativos sobre la salud (enfermedades neuronales, cardiovasculares, renales, hipertensión, entre otras), razón por la cual la OMS está recomendando un valor guía provisional de 0,01 mg/l que es 5 veces menor que el actualmente normado en Chile. Este límite mucho más restrictivo ya ha sido acogido por muchos países en el mundo y en particular en el nuestro, está siendo considerado por la propuesta de nuevo DS-735 "Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano" del MINSAL. Las razones principales para recomendar mayores exigencias en Plomo, dice relación con que en la realidad y según datos de los protocolos SISS PR 18 y PR14, este contaminante aún cuando no ha sido declarado parámetro crítico por ninguna empresa sanitaria, si se ha detectado a niveles trazas en varias fuentes de abastecimiento superficiales y subterráneas de nuestro país, y lo que es más preocupante también en la red de algunos servicios, los cuales se verían afectados por un posible cambio en la norma chilena NCh 409/1. El nuevo límite máximo a normar en Chile, podría corresponder al mismo valor guía de la OMS de 0,01 mg/l, o bien considerar como alternativa el valor 0,015 mg/l definido por la EPA como nivel de acción, para gatillar planes de seguimiento y monitoreo. Se estima que su cumplimiento, debiera tener una gradualidad, de tal forma que los laboratorios adecuen las técnicas analíticas para asegurar límites de detección confiables y baja incertidumbre de resultados en las concentraciones mucho más bajas que se deberán determinar, tanto en el agua potable, como en las fuentes de captación. Por otra parte, esta reducción en el valor normado para Plomo, debiera inducir a que se disponga de información suficiente, que permita identificar si el problema ocurre en nuestro país debido a un aporte del contaminante en los sistemas de distribución de las empresas sanitarias, contaminaciones posteriores del agua potable fuera o dentro de los domicilios, edificios, condominios, etc., por tuberías o griferías antiguas, soldaduras de plomo, efectos de la corrosión, o porque el contaminante que llega a las fuentes de abastecimiento, no es posible de ser removido con los procesos de tratamiento actualmente aplicados.
- e) La Evaluación técnico/económica preliminar para la propuesta de reducir el límite actualmente normado para Plomo, indica varias restricciones. Si bien los tratamientos recomendados para su remoción podrían ser adecuadamente implementados con complementaciones menores en plantas que disponen de tratamiento convencional completo, no sucede lo mismo para las aguas subterráneas que son sometidas sólo a desinfección y tampoco para aquellas fuentes sometidas sólo a filtración directa, en las cuales habría que incurrir necesariamente en importantes inversiones.

Las tecnologías necesarias para esos casos, como por ejemplo Nanofiltración o Electrodiálisis, son de alto costo y generan además otras problemáticas operacionales asociadas a la necesidad de pre-tratamiento del agua de ingreso, suministro de energía, descarte de aguas de rechazo, sumado a un alto costo de producción.

Ante estas restricciones, se corrobora la recomendación de que antes de tomar cualquier decisión respecto de requerir implementar costosos tratamientos para el plomo, es necesario asegurarse de que el contaminante está realmente presente en el agua potable que entregan las empresas concesionadas en un cierto servicio, si vino de la fuente o se aportó en forma posterior a la salida de las plantas de producción. Cabe recordar que en la literatura científica, existe consenso respecto de que la problemática asociada a plomo en el agua potable está más bien vinculada a contaminaciones posteriores por un aporte de plomo desde los propios domicilios, por sobre su presencia en concentraciones importantes en el agua natural de las fuentes de abastecimiento, salvo que se trate contaminaciones de origen externo, provenientes de descargas industriales.

- f) Mención especial merecen los parámetros orgánicos, que es el grupo de contaminantes donde se presentan las mayores diferencias entre la norma chilena, las recomendaciones de la OMS y la normativa internacional. La revisión realizada en el presente estudio indica que la actual NCh 409//1-2005 recoge adecuadamente los tipos de compuestos a normar, pero en forma mínima, ya que existe una larga lista de pesticidas, sustancias orgánicas y subproductos de la desinfección, que no están normados en Chile. Al respecto cabe señalar que aunque el control de la generación de trihalometanos (THM) es adecuado para sistemas de cloración, es recomendable conocer también la posible generación de los Ácidos Haloacéticos, ya que también son subproductos de la desinfección con cloro y su importancia depende, no sólo del sustrato orgánico sino que también de la condición del pH del medio en donde se realice la aplicación de cloro.

Aún cuando la revisión del protocolo SISS PR 14 de los 5 años evaluados (periodo 2016-2021), indica cumplimiento de la actual norma la mayor parte del tiempo y en todos los servicios de agua potable del país para los sustancias orgánicas y pesticidas normados, cabe destacar que un evento de contaminación con 2,4-D fue detectado en forma fortuita en el control de la red en la VII Región en mayo de 2019, coincidente con la aparición de este mismo contaminante en la fuente Quebrada Honda que abastece al servicio.

Por tanto, es cierta la probabilidad de que pesticidas utilizados en la industria agrícola y forestal pueden llegar a contaminar las fuentes de abastecimiento en Chile, quedando claro que la frecuencia semestral o anual de control analítico de este tipo de compuestos, que no son declarados críticos, es insuficiente y deja sin respuesta importantes interrogantes tales como: ¿se correlacionan estos escasos monitoreos con la actividad humana alrededor de las fuentes de agua potable?, ¿ante este tipo de eventos se debería generar un plan de monitoreo *ad-hoc* atendiendo a la probabilidad que esto se repita en el tiempo?, ¿las detecciones puntuales de contaminantes, debería inducir a que se declaren como parámetro crítico, aunque se diga que ha sido un caso aislado?.

7.2 Conclusiones sobre Nuevos parámetros a normar

- g) Para los parámetros normados internacionalmente no normados en Chile, se encontraron 4 parámetros de interés para la realidad nacional: Aluminio, Boro, Dureza y Microcistina (toxinas de cianobacterias). Dado que en estos casos, la SISS no cuenta con información histórica, el análisis se sustentó en las referencias bibliográficas, en las revisiones de algunos estudios anteriores sobre la materia y adicionalmente en los resultados de una consulta sobre calidad y tratamiento del agua potable que se realizó a un grupo de empresas sanitarias de norte a sur del país y que formó parte importante del trabajo desarrollado en este estudio. De común acuerdo con la inspección técnica de este proyecto por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, se define no recomendar que se incorporen a la NCh 409/1 los parámetros Aluminio y Boro, ambos por las razones técnicas y económicas

presentadas en detalle en el presente informe. En cambio, si se considera pertinente normar Dureza total, además de evaluar incorporar ya sea en la propia norma o en otras instrucciones específicas del organismo fiscalizador, valores máximos para Microcistina-LR.

- h)** Las razones principales para recomendar normar Dureza total, dicen relación con que este parámetro es causa de reclamos de clientes en varios servicios del país, especialmente en el norte, centro norte y algunas comunas de la RM, donde las concentraciones presentes superan con creces a la recomendada por la OMS y a la regulada internacionalmente. Según resultados de la consulta realizada en este estudio, el índice de reclamos por esta causa puede llegar al 80% (estadística de las concesionarias de la I y III región). El nuevo valor tentativo a normar podría ser 350 mg/l CaCO_3 , concentración intermedia entre los 200 mg/l que menciona la OMS como la concentración sobre la cual se comienzan a provocar incrustaciones y los 500 mg/l que ha sido el máximo definido en otros países como Australia y Canadá. Debido a los costos involucrados en su remoción, también se podría adoptar para Chile el valor 500 mg/l CaCO_3 , en atención a que igualmente la OMS señala este valor como la mayor concentración que podrían tolerar algunos consumidores. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la literatura científica, alerta sobre que el agua blanda tiende a ser agresiva, con el consiguiente riesgo de corrosión de tuberías y absorción de metales pesados como cobre, zinc, plomo y cadmio, por lo que la remoción de dureza debe llevarse sólo hasta ciertos niveles que aseguren que no hay daño a la salud de los consumidores, ya sea por aportes de otros iones más dañinos o por falta de iones magnesio calificado dentro de las sustancias esenciales con ciertos efectos benéficos para la salud. En consecuencia, la mezcla de aguas tratadas con ablandamiento con otras sin tratar a nivel de los estanques de almacenamiento o líneas principales de conducción, podría ser una buena solución a considerar. También se debe asegurar, que el agua potable final, no sea agresiva hacia los sistemas de distribución, de allí que el análisis de este parámetro dureza total debería venir acompañado de otras determinaciones, como son Índice de Langelier y/o Índice de agresividad de la AWWA.
- i)** La Evaluación técnico/económica preliminar para la propuesta de incorporar Dureza total a la norma chilena NCh 409/1, indica ciertas restricciones, especialmente para las aguas que no cuentan actualmente con tratamiento o son sometidas sólo a filtración directa, donde habría que incurrir necesariamente en inversiones. Nuevamente las plantas que cuentan con tratamiento convencional completo, resultan ser las que podrían abordar de mejor forma y a un menor costo este desafío, implementando la tecnología de Precipitación con cal, que aparece como la más económica y sencilla a nivel operacional. El resto de los sistemas tendrían que instalar nuevo equipamiento basado en Nanofiltración o Intercambio iónico, con los consiguientes problemas operacionales que ellos conllevan. En las tecnologías de membranas asociados a pre-tratamiento del agua de ingreso, suministro de energía, descarte de aguas de rechazo, sumado a un alto costo de producción, mientras que en las columnas de ablandamiento, regeneración de resinas, manejo de grandes volúmenes de sales, descarte de aguas de lavado, etc. En este último caso, se suma que el intercambio iónico ha sido cuestionado, por publicaciones científicas debido a que el agua más blanda resultante del proceso, es portadora de altas concentraciones de sodio que están relacionadas con la hipertensión, daño a los riñones inmaduros de los niños y enfermedades cardiovasculares.
- j)** La Microcistina es un tipo de toxina que tiene efectos negativos a la salud del hombre y de los animales, llega a las aguas generalmente superficiales preferentemente a las embalsadas, producto del crecimiento masivo de Cianobacterias, que corresponden a un tipo de algas verde azules capaces de liberarlas como parte de su metabolismo. La exposición humana a la Microcistina, se da en gran parte a través del agua para consumo o al uso recreativo de aguas con floraciones de cianobacterias. La Microcistina-LR es una de

las más frecuentes y más tóxica, y es la única que dispone de datos toxicológicos suficientes como para derivar un valor de referencia provisional.

En Chile los fenómenos de crecimiento algal, aumento de nutrientes, pérdida de oxígeno e incluso Eutrofización en las captaciones superficiales especialmente tranques, lagunas y embalses, están siendo cada vez más recurrentes, producto de la crisis hídrica y descargas no controladas de aguas servidas. Además existen antecedentes fidedignos de la presencia de Cianobacterias en distintas zonas del país, sumado a que varios servicios ya han presentado problemas de olor en el agua potable debido a presencia de compuestos odoríficos derivados de algas, debiéndose introducir tratamientos especiales en las plantas de producción de agua potable. Estas situaciones han sido corroboradas por las empresas de servicios sanitarios en la consulta que formó parte del presente estudio, donde se constata que en varias regiones del país ya se ha producido crecimiento de algas y se han debido tomar medidas complementarias, para asegurar la calidad del agua suministrada.

Por las razones antes expuestas, se recomienda a la SISS, tener en cuenta el valor guía provisional que ha definido la OMS para Microcistina 1 µg/L como nivel máximo aceptable para el consumo oral. Aún cuando no aplique su incorporación como nuevo parámetro a normar, dado que esta circunscrito a un tipo particular de fuente de abastecimiento superficial, a factores estacionales y a un tipo especial de algas verde azules que lo pueden llegar a producir, sus efectos de toxicidad son graves. La propuesta es que sea tratado de una forma similar a los parámetros radiactivos que figuran hoy en la norma NCh 409/1, de tal forma de considerar su monitoreo y aplicación de límite máximo, cuando en las fuentes de agua cruda se produzcan floraciones algales, con o sin presencia de metabolitos productores de olores como la Geosmina y/o 2-Mib. Lo anterior con la premisa de prevenir a tiempo, que estos eventos causen reclamos por problemas organolépticos y lo que es peor puedan causar daño a la salud de los consumidores.

- k) Finalmente con relación a los parámetros orgánicos no normados, se debe tener en consideración la gran cantidad de compuestos mencionados por la guía de la OMS, en concordancia con el nivel de desarrollo alcanzado por nuestro país y con los productos fertilizantes o pesticidas cuyo uso esté autorizado, para no caer en normar algunos que son de improbable presencia en las fuentes de agua. En consecuencia, se requiere tener información que hoy en día no existe, según lo respondido por las empresas sanitarias en la consulta sobre calidad y tratamiento, ninguna de ellas ha analizado en sus fuentes o en el agua potable, algún parámetro del DS-735 del MINSAL, que no esté en NCh 409/1. Como una forma de reunir criterios para futuras exigencias, sería adecuado realizar campañas de análisis en las fuentes de abastecimiento de agua potable más expuestas sobre todo en las superficiales, cubriendo la mayor parte de los compuestos mencionados en la propuesta de nuevo DS-735, lo que en un laboratorio acreditado tiene un costo aproximado de 43 UF/muestra. Para las campañas antes mencionadas se deben tener en cuenta factores como: cambios estacionales, actividades productivas y agrícolas cercanas a la fuente, movimientos de población, etc., por lo que una muestra anual no bastaría. De acuerdo a la legislación de la Unión Europea, un parámetro indicador de contaminación orgánica, que puede instalarse en plantas de producción de agua potable de más de 10.000 m³/día, es el Carbono Orgánico Total (COT), para verificar en forma continua los cambios anómalos en los contenidos de este elemento.

El control normativo debería obligar a las empresas sanitarias a garantizar la protección de las fuentes de abastecimiento, mediante sistemas certificados de seguridad del agua. De este modo aumentar la protección, las alertas y las medidas de control mediante la evaluación de puntos críticos. Esta idea se sustenta en la realidad, ya que últimamente no son pocas las veces que en nuestro país se han desarrollado emergencias con presencia de contaminantes no necesariamente normados, como por ejemplo los hidrocarburos, lo que incluso puede significar la detención de las plantas de tratamiento y en los casos más críticos, el corte del suministro a la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Guías para la Calidad del agua de consumo humano. Organización Mundial de la Salud OMS. Cuarta edición que incorpora la primera adenda, año 2018.
2. Technical Brief Water Quality and Health – Review of Turbidity: Information for regulators and water suppliers. WHO/FWC/WSH/17.01, año 2018.
3. Unión Europea Directiva sobre Calidad del agua potable, año 2020.
4. Propuesta de modificación decreto DS-735 “Reglamento de los servicios de aguas destinadas al consumo humano” Ministerio de Salud de Chile, elaborada por Departamento de Salud Ambiental División de Políticas Públicas Saludables y Promoción, año 2020.
5. EPA Estados Unidos Drinking Water Standards and Health Advisories 822-F-18-001, March año 2018.
6. EPA “Stage 2: Disinfectants and Disinfection By Products Rule: A Quick referente Guide For Schedule 1-4 Systems”, año 2006.
7. Australian Drinking Water Guidelines 6-2011, Version 3.6 Updated, March año 2021.
8. Canadian Guidelines for Drinking Water Quality Summary Table, September año 2020.
9. Norma Chilena NCh 409/1: Agua Potable Requisitos, año 2005.
10. Norma Chilena NCh 409/2: Agua Potable Muestreo, año 2004.
11. Dirección General de Aguas (DGA), “Atlas de Calidad del Agua Chile 2020”, año 2020.
12. Informe de Gestión Superintendencia de Servicios Sanitarios, año 2020.
13. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Organización Mundial de la Salud. - International Water Association (IWA) Ginebra, 2009.
14. Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organisation. Fourth Edition 2011.
15. Antecedentes Comité Operativo para regular Boro en agua potable. Ministerio de Salud de Chile, año 2010.
16. Tecnologías para la remoción de Boro desde aguas. Fundación Chile, año 2010.
17. Estimación del impacto económico de normar Boro en agua potable. Superintendencia de Servicios Sanitarios, año 2011.
18. Jornada de Actualización “Exposición a Boro en el agua potable y su relación con efectos en la salud, en el norte de Chile”. Ministerio de Salud de Chile, año 2012.
19. Información general sobre efectos del Plomo en el agua potable. EPA y CDC Estados Unidos Noviembre, año 2021.
20. Boletín tecnológico Instituto nacional de salud “Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico”, Ministerio de Salud Perú, año 2019.
21. Revista Ingeniera y región - Remoción de metales pesados, año 2015.

22. Degremont- Suez. Drinking Water treatment, heavy metals removal.
23. Watercare- Heavy Metal Removal.
24. Informe Consultor Sr. Jorge Castillo “Análisis de parámetros no incluidos en las normas de agua potable”. Estudio SISS año 2014.
25. Memoria de título Sr. Marco Antonio Gutiérrez “Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impacto de medidas de mitigación, estudio de caso”. U. de Chile, año 2016.
26. Informe Sr. Víctor Gálvez “Disposición a pagar por mejora en la calidad del agua potable en el gran Santiago, por el método de valorización contingente” PUC U. Católica, año 2020.
27. Hardness in Drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking water Quality. OMS 2011.
28. Informe Consultor Sra. Elizabeth Echeverría “Estudio de alteraciones de la calidad de fuentes superficiales por crecimientos de microorganismos”. Estudio SISS año 2014.
29. Seminario Aidis-Chile Julio 2013. “Importancia del análisis de Cryptosporidium y Giardia en el control de Calidad de aguas”.
30. Seminario Aidis-Chile Agosto 2014. “Problemática asociada al florecimiento Algal y presencia de Cianobacterias en Sistemas de agua potable”.
31. Seminario Aidis-Chile Noviembre 2014. “XVIII Jornadas de Calidad de Aguas y Control de Procesos”. Conferencia “Presencia de Virus en aguas”, Dr. Aldo Gaggero, Director del Programa de Virología. Instituto de Ciencias Biomédicas. Facultad Medicina, U. de Chile.
32. Foro sobre “Mitigación de Eutrofización y Taller sobre Cianobacterias”, Argentina-Uruguay Complejo Hidroeléctrico Salto Grande, noviembre de 2019.
33. Seminario Aidis-Chile Agosto 2016. “Complementando los Procesos avanzados de Producción de agua potable”.
34. Curso de capacitación Aidis-Chile dictado para DOH Diciembre 2019 “Tratamiento y Calidad del agua potable”.
35. Curso de capacitación Aidis-Chile Octubre 2021 “Tratamiento y Calidad del agua potable”.