

# Seguimiento de Calidad de Agua Subterránea en pozos APR - 2020



APR Maitencillo  
Maule

Departamento de  
Conservación y Protección de  
Recursos Hídricos (DCPRH)  
Dirección General de Aguas



DEPTO. CONSERVACIÓN Y  
 PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
 N° PROCESO 15161425

MINUTA: DCPRH N°19/  
 MAT.: Seguimiento de Calidad de  
 Agua Subterránea en pozos  
 APR 2020 - Regiones,  
 Metropolitana y Maule.  
 SANTIAGO, 16 de agosto de 2021

**Contenido**

Introducción ..... 1

Red de calidad de aguas subterránea de la DGA..... 1

Laboratorio Ambiental de la DGA (LADGA)..... 2

Propósito y enfoque..... 2

    Metodología ..... 2

Toma de muestra..... 2

Parámetros de terreno y análisis de laboratorio ..... 2

Procesamiento de datos ..... 3

    Control de calidad de los datos ..... 3

    Comparación con normativa de referencia ..... 4

    Índice de calidad de agua subterránea ..... 4

Seguimiento APR en Región Metropolitana ..... 5

Evolución de la calidad..... 5

Comparación con Normativas de uso ..... 8

    NCh 409 - Uso Potable..... 8

    NCh 1333 -Uso en Riego ..... 9

    Índice de calidad de agua subterránea (ICA)..... 10

    Referencias ..... 10

Seguimiento APR Región del Maule ..... 11

Evolución de la calidad..... 11

Comparación con Normativas de uso ..... 13

    NCh 409 - Uso Potable..... 13

    NCh 1333 -Uso en Riego ..... 13

    Índice de calidad de agua subterránea (ICA)..... 13

    Referencias ..... 14

# Introducción

## Red de calidad de aguas subterránea de la DGA

La Dirección General de Aguas (DGA), como organismo promotor de la gestión y administración del agua tiene dentro de sus funciones las siguientes: 1) Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento; 2) Investigar y medir el recurso (Código de Aguas. Art. 299. Atribuciones y Funciones).

Para cumplir con estas funciones la DGA mantiene una red de control de cantidad, niveles y calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas en cada cuenca u hoya hidrográfica, la información generada es pública y de libre acceso a quien la solicite (Código de Aguas. Art .129 bis 3). La administración de la red de cantidad y niveles se encuentra a cargo de la División de Hidrología, mientras que las redes de calidad son administradas por el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Las redes de calidad de la DGA se extienden sobre los recursos superficiales (ríos y lagos) y sobre los subterráneos y tienen por objetivo el generar información sistemática y pública que caracterice la calidad del agua para su conservación y protección.

En lo concreto, la calidad de un agua se define de acuerdo al uso al que se destine (consumo humano, riego, contacto directo, vida acuática, industrial, etc.), dependiendo del uso un agua debe cumplir ciertos requisitos que se evalúan a través de las concentraciones, presencias y formas de los elementos, compuestos, u organismos presentes (o no) en solución.

La DGA trabaja constantemente en el conocimiento de la calidad de las aguas del país para ello cuenta con un Laboratorio Ambiental (LADGA), hidromensores de las Direcciones Regionales y Provinciales, y con el desarrollo de las redes de monitoreo de calidad. En la actualidad la DGA cuenta con 676 estaciones de monitoreo vigentes en ríos, esteros, canales y vertientes, además de 199 estaciones de monitoreo en cuerpos lacustres, alcanzando un nivel de funcionamiento y autonomía que permite destinar esfuerzos en fortalecer la red de calidad de aguas subterráneas, que hasta el año 2015 contaba con aproximadamente 70 estaciones.

Es así como la DGA decide avanzar en el desarrollo de la red subterránea de calidad de aguas y realiza un estudio denominado “Diagnóstico y desafíos de la red de calidad de aguas subterráneas” (Dirección General de Aguas (DGA), 2017), donde se hace un análisis de la red y se plantea un conjunto de desafíos en el corto y mediano plazo para su optimización (Dirección General de Aguas (DGA), 2017). El diagnóstico se realizó sobre la situación al año 2015, se evaluó un conjunto de aspectos técnicos y económicos en miras de identificar temáticas prioritarias de acción, dentro de las cuales se destaca el desafío de densificar la red. Respecto a esto, se propone e implementa una metodología para cuantificar el déficit teórico de pozos de monitoreo a escala regional y por acuífero. Con los resultados obtenidos para las 7 regiones con acuíferos delimitados se estimó un déficit teórico de 1140 pozos (17 veces el tamaño de la red en el año 2015), el cual derivó en la propuesta de metas y líneas de acción al año 2018 asociadas a 3 objetivos estratégicos, a saber: I. Mejorar la cobertura espacial de la Red en 600 pozos adicionales; II Optimizar la operatividad de la Red; y III. Sustentar técnicamente la interpretación de los datos generados por la Red.

Con nuevos lineamientos que orientan el desarrollo de la actual red de calidad de aguas subterráneas, particularmente el de densificar la red, se realizan diagnósticos de la calidad en distintas regiones utilizando los pozos de agua potable rural (APR). Se decide estudiar la calidad de agua en estos pozos porque: 1) Cuentan con infraestructura para extraer agua fácilmente (todos poseen bomba); 2) se encuentran en constante funcionamiento y por tanto el agua estudiada es representativa del acuífero del cual se extrae; 3) por su facilidad de acceso (no se encuentran usualmente en áreas de uso privado), y 4) los resultados obtenidos son reportados a los comités de APR dando un valor social a los resultados.

Las regiones donde se realizaron los diagnósticos de calidad de agua fueron en Libertador Bernardo O'Higgins, Valparaíso, Metropolitana, Coquimbo, Maule, Ñuble y Biobío, Los Ríos y Los Lagos resultando las siguientes publicaciones que pueden ser consultadas en el catálogo bibliográfico de la DGA.

**Tabla 1.** Estudios de Diagnóstico de calidad de agua subterránea realizados al año 2020.

Diagnóstico de la Calidad de Aguas subterráneas			
N°	Región	Año Desarrollo	N° Pub./Año
1	O'Higgins	2014	368/2015
2	Valparaíso	2015	382/2016
3	O'Higgins	2015	383/2016
4	Metropolitana	2015	390/2016
5	Coquimbo	2016	397/2017
6	Maule	2017	409/2018
7	Ñuble y Biobío	2018	418/2019
8	Los Ríos	2019	424/2020
9	Los Lagos	2020	435/2021

Estos diagnósticos no sólo permitieron levantar información de línea de base de calidad de agua y difundirla, sino que además contribuyeron con la densificación de la red pues a estos pozos se les asignó un código BNA (a la fecha se han codificado 856 pozos APR), el cual permite almacenar la información de calidad de los seguimientos que se realicen, y también se permite identificar sectores acuíferos cuya calidad del agua se había visto mermada, ya sea en su potencial uso potable y/o de riego, entregándose como recomendación el realizar un seguimiento. El resumen de los seguimientos realizados se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Año de los datos de seguimiento analizados, año de la publicación de las Minutas de seguimiento de los APR y su número 1.

Año Seguim./ Publicación	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020
Región	N° Minuta DCPRH			
Coquimbo		19		22
Valparaíso	37	22	26	22
Metropolitana			22	22
O'Higgins	20	24		22
Maule			30	22
Ñuble-Biobío				22

## Laboratorio Ambiental de la DGA (LADGA)

El LADGA existe desde el año 1970 siendo su campo de desempeño el análisis de aguas naturales.

Este laboratorio trabaja bajo un sistema de gestión de la calidad desde el año 2007, logrando su acreditación el año 2012. Desde este año a la fecha los parámetros bajo acreditación son 23<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> El listado de los parámetros acreditados se encuentra en el Anexo Digital.

El LADGA realiza sobre 30352<sup>2</sup> análisis químicos anuales los cuales se enfocan principalmente en el espectro inorgánico de compuestos y elementos, destacándose entre estos los macroelementos principales, microelementos, nutrientes y otros parámetros relacionados con contaminación orgánica e indicadores de trofía. Para conocer el detalle la competencia analítica del LADGA consultar la Tabla 1 del Memo DCPRH N°80/2020 en el Anexo de este documento.

## Propósito y enfoque

Este documento entrega una visión general de la calidad del agua actual de los APR en seguimiento y su evolución a través de las campañas.

## Metodología

### Toma de muestra

La metodología de muestreo para los seguimientos del año 2020 corresponde a la misma empleada en el estudio de Diagnóstico del año 2020 y aquellos desarrollados en años anteriores (Tabla 1).

Además de recoger información de terreno y muestras para análisis se completa una ficha de terreno del pozo de APR solicitando información sobre el pozo (niveles, tratamiento de agua) y contacto de los operadores. Estas fichas forman parte de los anexos de cada estudio de Diagnóstico (Tabla 1).

### Parámetros de terreno y análisis de laboratorio

Los parámetros de terreno y los parámetros químicos analizados en laboratorio en el programa de seguimiento 2020 se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Parámetros analizados en el programa de seguimiento de la calidad del agua de los pozos APR.

Tipo	Parámetro
<b>Terreno</b>	Temperatura, Conductividad específica, pH, Potencial Redox, Nivel del agua
<b>Nutrientes</b>	Nitrato, Amonio, Ortofosfato
<b>Microelementos</b>	Aluminio total (Al) Arsénico total (As) Cadmio total (Cd) Cobalto total (Co) Cobre total (Cu)

<sup>2</sup> Se corrige la cantidad de análisis indicado en la Minuta DCPRH N° 22/2019 indicado como 3408 cuando correspondía a 30352.



Tipo	Parámetro
	Cromo total (Cr)
	Hierro total (Fe)
	Manganeso total (Mn)
	Mercurio total (Hg)
	Molibdeno total (Mo)
	Níquel total (Ni)
	Plata total (Ag)
	Plomo total (Pb)
	Selenio total (Se)
	Zinc total (Zn)
<b>Macroelementos</b>	Bicarbonato
	Calcio (Ca) disuelto
	Cloruro (Cl) disuelto
	Magnesio (Mg) disuelto
	Potasio (K) disuelto
	Sodio (Na) disuelto
	Sulfato (SO4) disuelto
<b>Otros</b>	Alcalinidad
	Sólidos disueltos Totales (SDT)

Los parámetros químicos son analizados tanto en el laboratorio ambiental de la DGA y en un laboratorio externo, este último cuenta con el mismo estándar de calidad que el laboratorio DGA. La metodología de medición de los parámetros de terreno y en laboratorio de cada campaña se puede consultar en la planilla Excel del Anexo Digital de este documento.

### Procesamiento de datos

Se seleccionan sólo los APR a los cuales se les realizó el seguimiento durante el año 2020, correspondiendo estos a las regiones Metropolitana y Maule. Estos APR tienen un máximo de 3 campañas en el Maule abarcando el periodo 2017 al 2020, y un máximo de 8 campañas en la Metropolitana abarcando datos entre el año 2015 y 2020.

Se seleccionan aquellos parámetros donde se identifica fácilmente un cambio en la calidad del agua, a mencionar conductividad eléctrica<sup>3</sup>, cloruro y sulfato, los nutrientes y microelementos. La selección de nutrientes y microelementos a caracterizar dependerá de la cantidad de valores que estos registren sobre el límite de detección en el periodo analizado. Como criterio de corte sólo se analizarán los parámetros con una cantidad de valores sobre el límite de detección mayor al 60% del periodo analizado. En la Tabla 4 se muestra la proporción de datos sobre el límite de detección por cada región destacándose en color anaranjado los parámetros que se analizarán bajo el criterio

<sup>3</sup> Si bien también se analizan los SDT en las muestras de agua se decide describir la conductividad específica por ser un parámetro que refleja condiciones de terreno y por tener una relación directa con los SDT.

expuesto. Se decide incluir el arsénico total en todas las regiones por su potencial impacto en la salud de las personas.

Respecto a los valores bajo el límite de detección de los parámetros seleccionados para análisis, estos serán considerados igual al límite de detección de la técnica analítica y pueden ser consultados en la planilla Excel del Anexo Digital que acompaña este reporte.

**Tabla 4.** Porcentaje de datos sobre el límite de detección por región en cada parámetro de los nutrientes y microelementos. Los parámetros coloreados indican aquellos que cumplen con el criterio del 60% para el análisis (ME: Metropolitana, MA: Maule).

Parámetro	% Valores sobre LD	
	ME	MA
Aluminio total (Al)	0	77
Arsénico total (As)	67	74
Cadmio total (Cd)	0	19
Cobalto total (Co)	0	4
Cobre total (Cu)	14	39
Cromo total (Cr)	1	0
Hierro total (Fe)	78	65
Manganeso total (Mn)	6	46
Mercurio total (Hg)	0	0
Molibdeno total (Mo)	0	23
Níquel total (Ni)	0	37
Plata total (Ag)	0	0
Plomo total (Pb)	1	56
Selenio total (Se)	0	13
Zinc total (Zn)	38	72
Amonio (NH4)	0	90
Nitrato (NO3)	99	100
Ortofosfato (PO4)	56	0

### Control de calidad de los datos

En terreno los equipos son calibrados la mañana del trabajo de campo para pH, temperatura y conductividad eléctrica.

En el laboratorio se realizan controles de temperatura (muestra testigo), pH y test rápido de sulfato y nitrato a la muestra ingresada, los cuales permiten verificar el correcto traslado, preservación y almacenamiento. Esto se suma a la verificación del llenado de las cadenas de custodia de cada muestra, preservación y al control estricto del tiempo crítico de análisis.

En las planillas los datos ingresados pasan por inspecciones para detectar valores imposibles

(negativos o valores cero en el caso de las concentraciones), además de someterse a mecanismos de revisión del formato de cada entrada para evitar incongruencias en las fechas, nombres de las estaciones de monitoreo, códigos BNA, entre otros aspectos, que impidan una agrupación errónea de los datos al procesarlos. De forma adicional las concentraciones obtenidas son cotejadas con el límite de detección y sus cifras después de la coma para asegurar la fidelidad de la información.

Se decidió no realizar la eliminación de valores extremos pues en caso de detectarse alguna desviación de los procedimientos de muestreo (control de ingreso de muestras) la muestra no se analiza (no obteniéndose ningún resultado). Este criterio puede cambiar a medida que la cantidad de datos aumente.

### Comparación con normativa de referencia

Los resultados obtenidos en los pozos en seguimiento son comparados con dos normativas de uso Chilenas; la NCh 1333/78 para uso en riego y la NCh 409/05 para uso potable del agua. La comparación tiene por objetivo el identificar el agua con una posibilidad de uso, ejercicio de carácter referencial pues la NCh 1333/78 para uso en riego es una guía que otorga recomendaciones (su fiscalización no es obligatoria), mientras que el cumplimiento de los límites establecidos por la NCh 409/05 le corresponde al Servicio de Salud. El uso identificado para cada APR se limita a los parámetros analizados por este programa de seguimiento, lo cuales se resumen en la Tabla 5.

Del total de parámetros analizados el mercurio total (2014 y 2016) y molibdeno total (2014, 2017 y 2018) no son comparables con la normativa durante ciertos periodos por tener límites de detección más altos que las recomendaciones otorgadas.

**Tabla 5 .** Parámetros analizados en el programa de seguimiento y coincidencia con los parámetros requeridos por la NCh 1333/78 para uso en riego y NCh 409/05 para uso potable.

Parámetros fisicoquímicos	Coincidencia con Normativa	
	NCh 1333	NCh409
Alcalinidad*		
Aluminio total (Al)	1	
Amonio (NH4)*		1
Arsénico total (As)	1	1
Bicarbonato*		
Cadmio total (Cd)	1	1

Parámetros fisicoquímicos	Coincidencia con Normativa	
	NCh 1333	NCh409
Calcio (Ca) total		
Cloruro (Cl)	1	1
Cobalto total (Co)*	1	
Cobre total (Cu)	1	1
Conductividad*	1	
Cromo total (Cr)	1	1
Hierro total (Fe)	1	1
Magnesio (Mg) total		1
Manganeso total (Mn)	1	1
Mercurio total (Hg)	1	1
Molibdeno total (Mo)*	1	
Níquel total (Ni)*	1	
Nitrato (NO3)		1
Ortofosfato (PO4)*		
pH	1	1
Plata total (Ag)*	1	
Plomo total (Pb)	1	1
Potasio (K) total		
Selenio total (Se)	1	1
Sodio (Na) total		
Sólidos disueltos totales*	1	1
Sulfato (SO4) disuelto	1	1
Temperatura		
Zinc total (Zn)	1	1
<b>Total Parámetros comparables con normas</b>	<b>20</b>	<b>15</b>
<b>Total Parámetros en normativa</b>	<b>52</b>	<b>37</b>

\*Parámetros que no se analizan en la red de la región Metropolitana.

### Índice de calidad de agua subterránea

El cálculo del índice de calidad de agua subterránea (ICA) se realiza sobre los datos de cada APR en seguimiento, permitiendo así la actualización de la información en el tiempo.

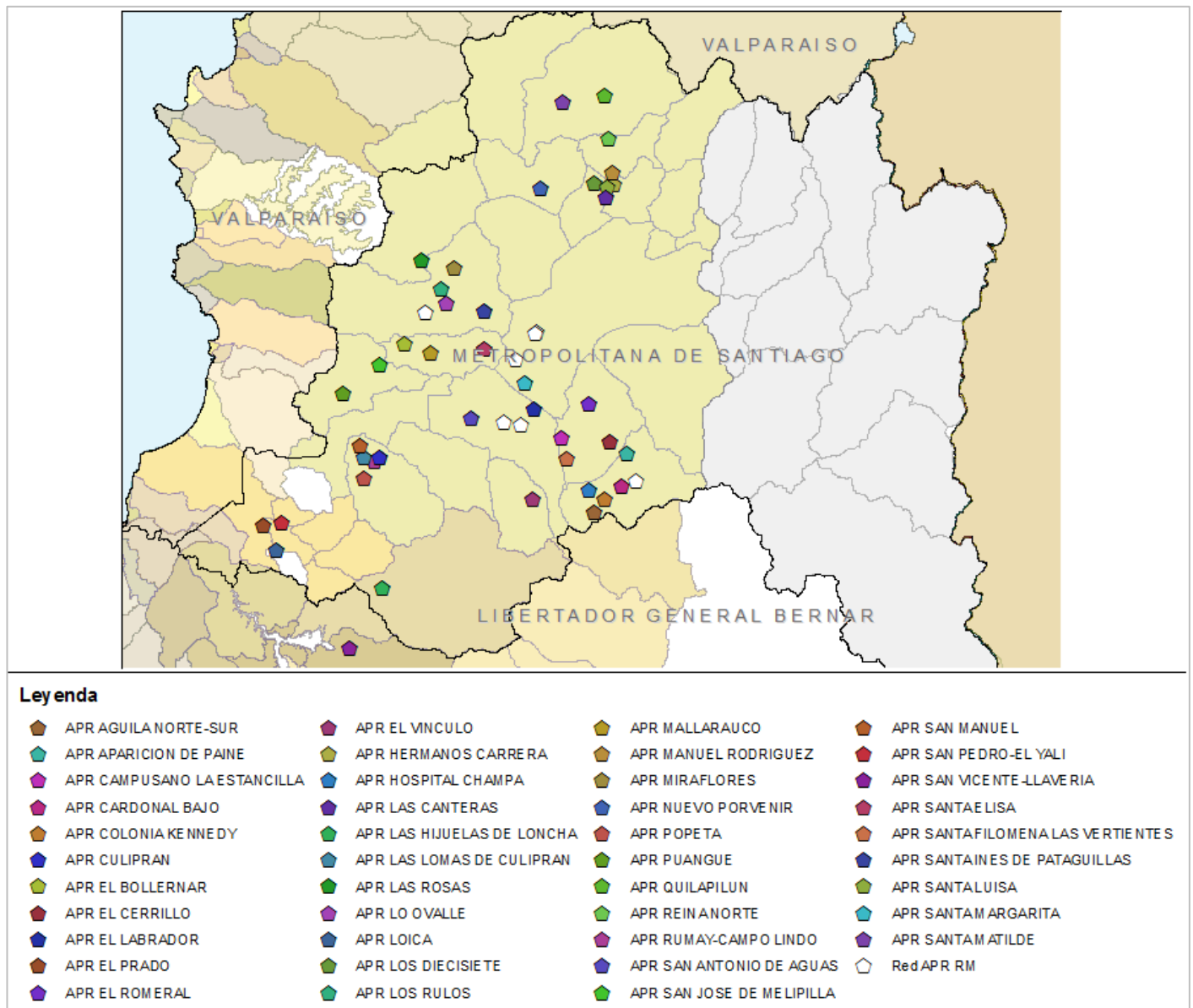
Este índice se ha calculado desde el año 2014 a la fecha, teniendo distintos puntos de inicio en cada región como muestra la Tabla 2 de la sección Introducción.

El ICA reúne un conjunto de parámetros seleccionados como relevantes para diferentes usos del agua (agua potable y riego) como también parámetros que reflejen las condiciones geológicas y antrópicas del sector estudiado. Esto quiere decir que en el cálculo del ICA en cada región tiene un grupo de parámetros en común, y otro que refleja su identidad.

Para conocer el detalle del cálculo del índice y los criterios de corte de cada categoría o clase de

calidad referirse a las publicaciones señaladas en la Tabla 1 o Tabla 2 de la sección Introducción.

## Seguimiento APR en Región Metropolitana



**Figura 1.** Red de APR en la región Metropolitana destacándose aquellos pozos APR que presentan seguimiento el año 2020 (hexágonos coloreados).

El año 2016 se realizó el Diagnóstico de calidad de agua subterránea sobre la región Metropolitana (Tabla 1), levantándose información sobre 102 pozos que actualmente forman la red de APR de la región. En el año 2020 se han monitoreado 42 pozos los que se destacan con hexágonos coloreados en la Figura 1.

### Evolución de la calidad

Los SHAC de la región Metropolitana se separaron arbitrariamente en dos grupo para mejorar su visualización; zona central oriente (Figura 2 a) y occidente (Figura 2 b). En estas figuras se muestra la evolución del cloruro, sulfato, conductividad específica, nitrato, arsénico total y hierro total y su comparación con la NCh 409/05 para uso potable del agua. Los valores presentados corresponden a los máximos por cada SHAC (Sistema

Hidrogeológico de Aprovechamiento Común). Para consultar el detalle de cada parámetro en cada pozo APR referirse al Anexo Digital - Metropolitana.

En el caso del cloruro se observa que el SHAC Santiago Central (APR la Esperanza) es aquel que

tiene la mayor concentración de este elemento con un valor máximo de 668 mg/L, diferenciándose del resto de los APR que poseen valores menores a los 300 mg/L (Figura 2 b) (Anexo Digital - Metropolitana).

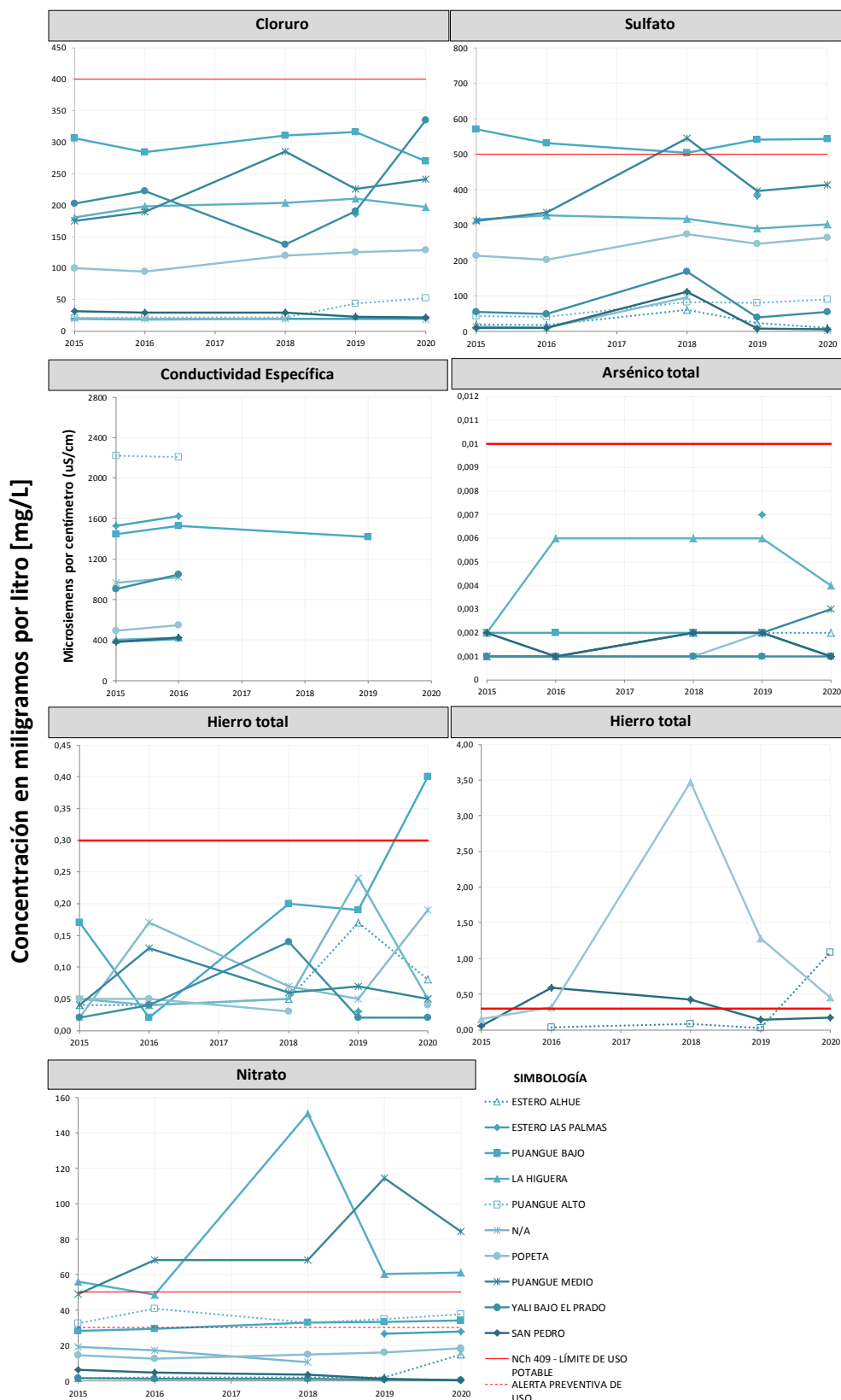


Figura 2. a) Datos máximos de cloruro, sulfato, nitrato, arsénico total, hierro total y conductividad específica entre los años 2015 y 2020 para los SHAC de la zona central occidente de la región Metropolitana.



En el caso del sulfato las mayores concentraciones corresponden al SHAC Puangue Bajo (APR Rumay - Campo Lindo 543,3 mg/L) y Puangue Medio (APR Miraflores 543,7 mg/L) (Figura 2 a), la mayoría de los APR están bajo los 500 mg/L y se destaca un aumento de las concentración en el SHAC Laguna Aculeo pasando de 2 a 235 mg/L (Figura 2 b) (Anexo Digital - Metropolitana).

coincidente con la concentración de sulfato (Figura 2 a) (Anexo Digital - Metropolitana). No se cuentan con valores recientes (2018 - 2020) de este parámetro por no contar con un equipo de terreno para facilitar a los operadores de APR, sin embargo el año 2021 se decide tomar este dato en el laboratorio para no aumentar el vacío temporal de este parámetro.

La conductividad fluctúa entre 125 y 2222 uS/cm entre 2015 y 2016, los mayores valores corresponden al SHAC Puangue Bajo lo que es

Respecto al nitrato las mayores concentraciones se registraron en los SHAC de La Higuera, Puangue Medio (Figura 2 a), Buin, Colina Inferior, Colina Sur y

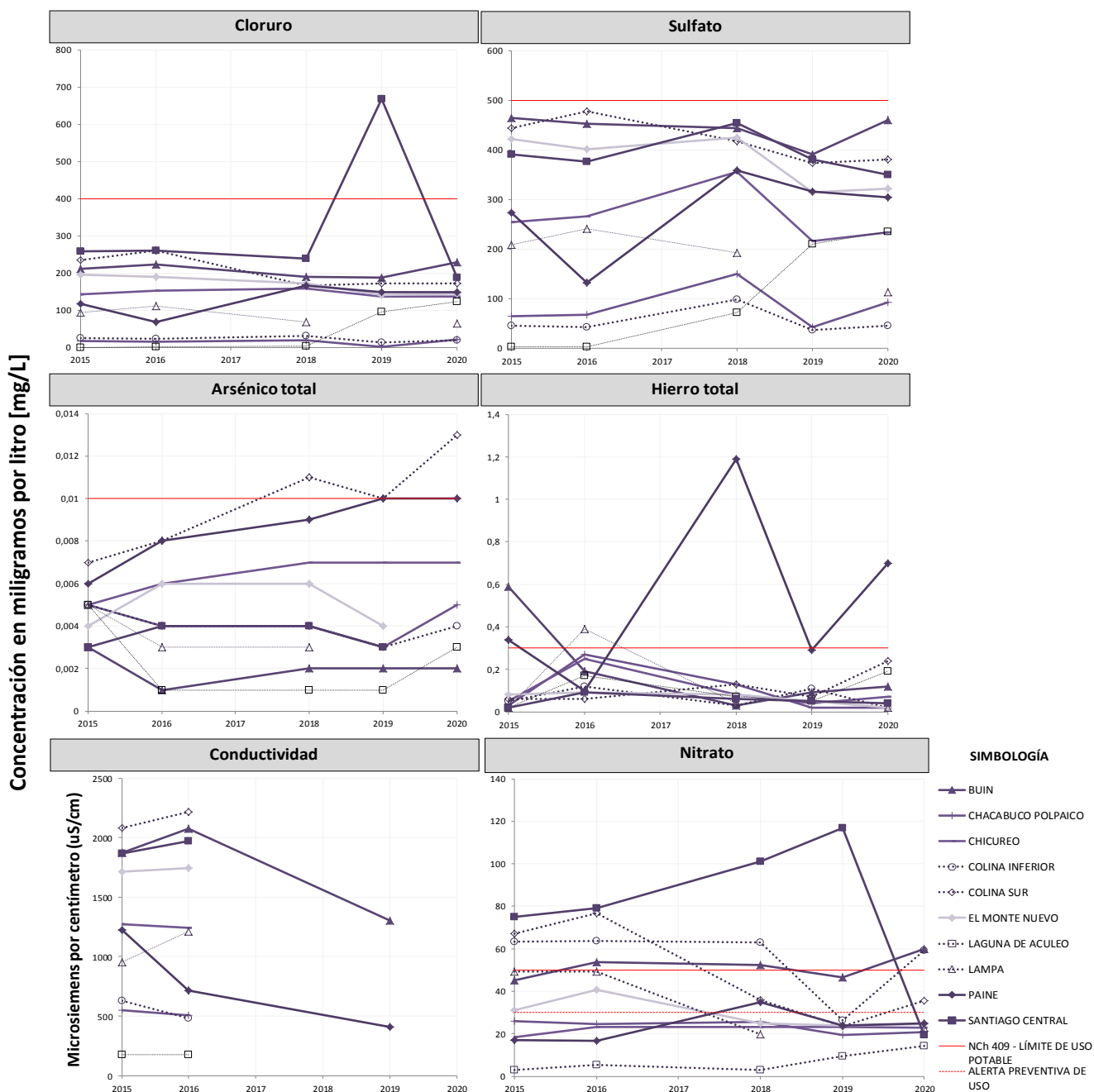


Figura 2. b) Datos máximos de cloruro, sulfato, nitrato, arsénico total, hierro total y conductividad específica entre los años 2015 y 2020 para los SHAC de la zona central oriente región Metropolitana.

Santiago Central (Figura 2 b) con concentraciones mayores a 50 mg/L (límite máximo para uso potable del agua según NCh 409/05). Se destaca los elevados resultados del SHAC La Higuera (en APR Mallarauco) (Figura 2 a), y Santiago Central (Figura 2 b) (en APR La Esperanza Santa Mónica), observándose en este último un alza de las concentraciones entre el 2015 y 2019, que disminuyen bajo el nivel de alerta (30 mg/L) el año 2020. Una situación similar ocurre en el SHAC Puangue Medio donde las concentraciones máximas aumentan entre 2015 y 2019 alcanzando 114,3 mg/L, para luego disminuir a 80,33 mg/L en 2020 (Figura 2 a) (Anexo Digital - Metropolitana).

En cuanto al arsénico total se observa que los valores registrados no superan en su mayoría los 0,010 mg/L, las mayores concentraciones se registran en el SHAC Colina Sur (en APR Santa Luisa con 0,011 mg/L en 2018 y 0,013 mg/L el 2020) (Figura 2 b) (Anexo Digital - Metropolitana).

Las concentraciones de hierro total indican que el SHAC la Higuera (Figura 2 a) posee una máxima concentración de 3,47 mg/L el año 2018 (en el APR Santa Elisa). No se observa un aumento de la concentración de este parámetro el año 2019 ni 2020, la disminución que se percibe es debido al cambio en el límite de detección a uno menor respecto a años anteriores. El SHAC Yali Bajo el prado (Figura 2 a) presentó un aumento de sus concentraciones el año 2019 y 2020 (1,09 mg/L en el APR El Prado en ambas oportunidades) superando la recomendación de la NCh 409/05 (Anexo Digital - Metropolitana).

## Comparación con Normativas de uso

### NCh 409 – Uso Potable

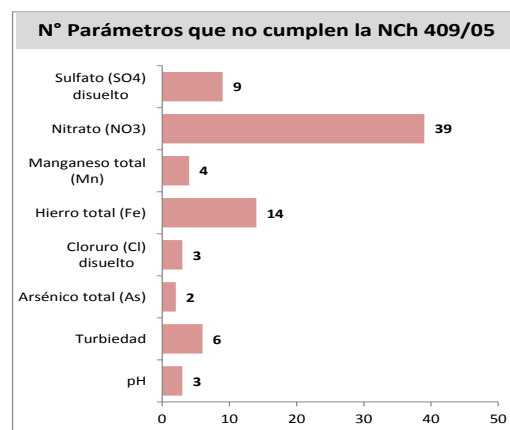
Se observa a nivel general que existe un alto cumplimiento de los parámetros de la NCh 409/05 en todos los SHAC de la región Metropolitana. En el año 2015 de un total 915 mediciones sólo 15 resultaron sobre la norma de referencia equivale al 2%, mientras que para los siguientes años el porcentaje de superación de la norma es el siguiente: 2016 (12 = 1%), 2018 (22 = 2%) y 2019 (15 = 1%) y 2020 (18 =2%) (Tabla 1) (Anexo Digital - Metropolitana).

**Tabla 1.** Número de parámetros que cumplen normativa para uso potable del agua (NCh409/05), Región Metropolitana (2015-2020).

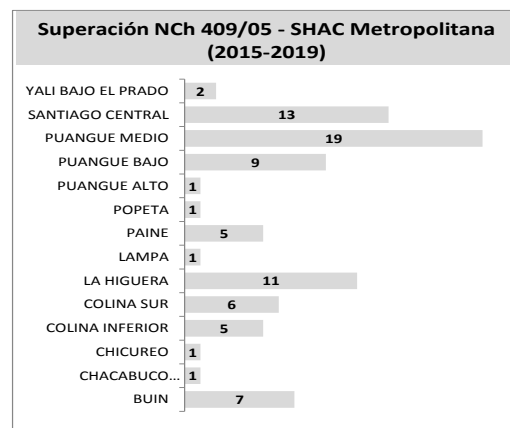
Criterio/Año	2015	2016	2018	2019	2020
Cumple	900	855	1374	1091	876
No Cumple	15	12	22	15	18

Respecto de los parámetros que de forma más frecuente han superado la NCh 409/05 en el periodo 2015-2020 estos son: nitrato, hierro, sulfato y turbiedad (Figura 3) (Anexo Digital - Metropolitana).

En la dimensión espacial se observa que los SHAC Puangue Medio y Santiago Central son aquellos que han agrupado la mayor cantidad de superaciones a la NCh 409/05 para uso potable del agua (Figura 4) (Anexo Digital - Metropolitana).



**Figura 3.** Parámetros que no cumplen la NCh 409/05 periodo 2015-2020 en la Región Metropolitana.



**Figura 4** SHAC de la región Metropolitana y las superaciones a la NCh 409/05 en el periodo 2015-2020.

Al desglosar el cumplimiento en el tiempo de los SHAC Puangue Medio y Santiago Central se observa en el primero superaciones en nitrato en los años 2016, 2017, 2018 y 2019, el parámetro hierro se repite en 2016 y 2018, y los parámetros restantes observados (pH, sulfato, cloruro, zinc y turbiedad) superan los valores de referencia en una

oportunidad pero en distintas campañas (Figura 5). En el SHAC Santiago Central se no se observan superaciones más que en dos parámetros; nitrato y cloruro. En el caso de nitrato se supera la concentración máxima recomendada en todas las campañas (destacándose APR Pelvin y Esperanza Santa Mónica), mientras que en cloruro se observa una superación en el año 2019 solamente. El año 2020 no presenta superaciones (Anexo Digital - Metropolitana).

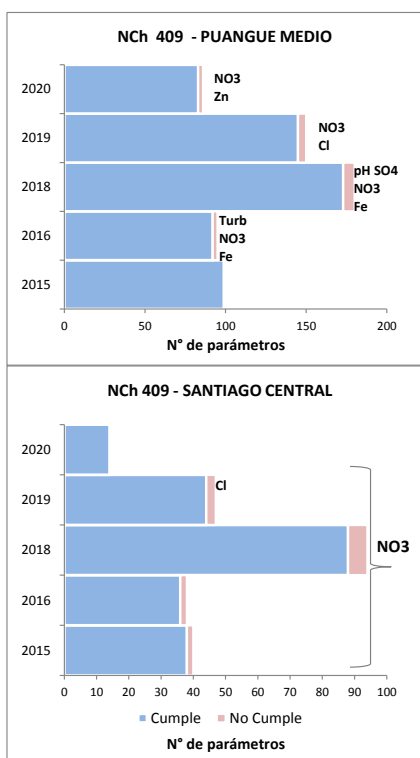


Figura 5. Cumplimiento y no cumplimiento de la NCh 409/05 en los SHAC Puangue Medio y Santiago Central de la Región Metropolitana.

### NCh 1333 - Uso en Riego

Se observa a nivel general en la Tabla 2 que existe un alto cumplimiento de los parámetros de la NCh 1333/78 en los SHAC de la región Metropolitana. En el año 2015 sólo 79/826 (10%) parámetros medidos resultaron sobre la norma de referencia, mientras que para los siguientes años el porcentaje de superación de la norma es el siguiente: 2016 (78 = 10%), 2018 (57 = 5%), 2019 (49 = 5%) y 2020 (37 = 5%) (Tabla 2).

Tabla 2. Cumplimiento y no cumplimiento de la NCh 1333/78 para uso en riego en el total de SHAC de la Región Metropolitana.

Criterio/Año	2015	2016	2018	2019	2020
Cumple	743	696	1152	922	733
No Cumple	79	78	57	49	37

Respecto a los parámetros que superan la NCh 1333/78 corresponden principalmente sulfatos,

sólidos disueltos totales, conductividad y cloruro (Figura 6). Entre los SHAC que presentaron la mayor cantidad de superaciones se observan a Buin<sup>4</sup>, Puangue Medio, Puangue Bajo, El Monte Nuevo, y Santiago Central (Figura 7).

En los SHAC antes mencionados se destaca el sulfato, cloruro y sólidos disueltos totales como parámetros recurrentemente sobre los máximos recomendados por la NCh 1333/78 en las diferentes campañas de monitoreo (Figura 7).

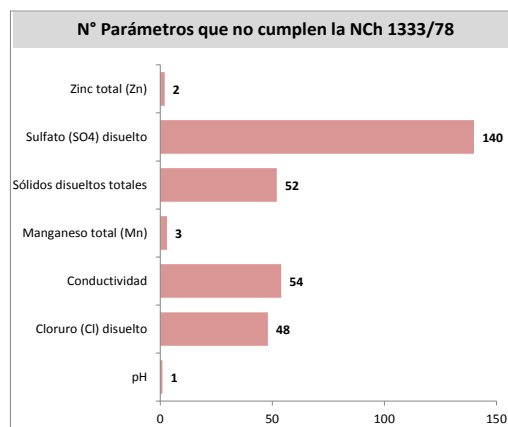


Figura 6<sup>5</sup>. Parámetros que no cumplen la NCh 1333/78 periodo 2015-2020 en la Región Metropolitana..

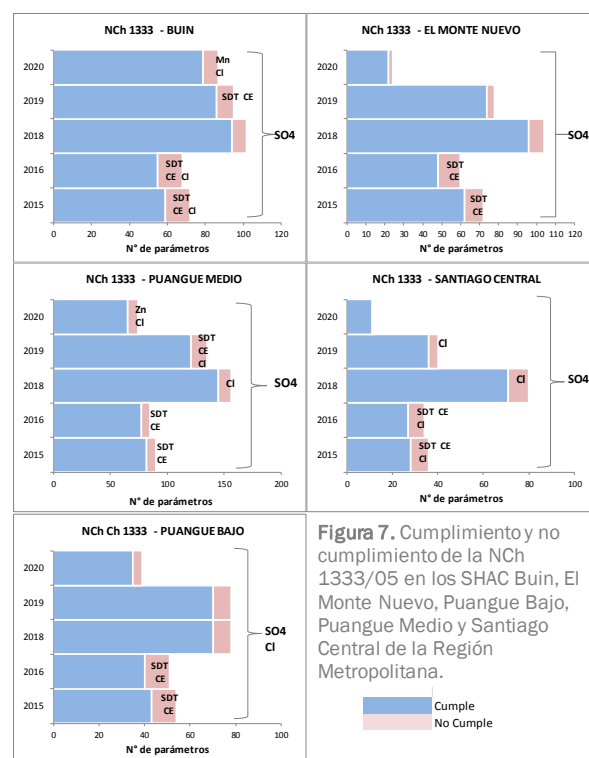


Figura 7. Cumplimiento y no cumplimiento de la NCh 1333/05 en los SHAC Buin, El Monte Nuevo, Puangue Medio, Puangue Bajo, Puangue Medio y Santiago Central de la Región Metropolitana.

<sup>4</sup> En la Minuta DCPRH 22/2019 se identificó en el SHAC Buin una superación de cloruro y sulfato 2015, pero esto se corrige en esta versión extendiéndose a cloruro, sulfato, conductividad y sólidos disueltos totales. En Puangue Medio se corrige que el año 2015 y 2016 se había encontrado una superación de cloruro no siendo esta efectiva al corroborar los datos.

<sup>5</sup> En la Minuta DCPRH 22/2019 se identificó en Figura 8 la superación de hierro total, en esta versión se corrige dicha superación descartándola.

### Índice de calidad de agua subterránea (ICA)

La actualización del ICA el año 2020 no fue realizada por no contar con el parámetro sólidos disueltos totales necesario para ejecutar el cálculo, por tanto se describirá el resultado obtenido el año 2019.

El cálculo de los indicadores de calidad de agua (Tabla 1) para los SHAC incluye un análisis por cada APR cuyo detalle se puede consultar en el documento de diagnóstico de la región y las minutas de seguimiento (Tabla 1. Introducción). Se destacan aquellos SHAC que han mantenido una calidad Excepcional como SHAC Estero Alhue, Laguna Aculeo, San Pedro y Yali Bajo el Prado (Tabla 3). También se destaca aquellos SHAC que han mantenido una calidad Regular en el periodo 2015 - 2019 como el caso de SHAC Puangue Bajo (por calcio y sulfato), SHAC Buin (por nitrato y calcio), por último se destaca el SHAC Paine que tiene una condición de Insuficiente para el año 2015 debido a la concentración de manganeso total, sin embargo esta calidad mejoró a Buena los años siguientes.

**Tabla 3.** ICA de calidad de agua subterránea para los SHAC de la región Metropolitana incluye seguimiento años 2018 y 2019. Los parámetros destacados son aquellos por los cuales la calidad Regular o Insuficiente es atribuida.

SHAC	2015	2016	2018	2019
BUIN	Ca	NO3 - Ca	NO3	Ca
CHACABUCO POLPAICO				
CHICUREO			Mn	
COLINA INFERIOR		NO3		
COLINA SUR	NO3 - Ca	NO3 - Ca		Ca
EL MONTE NUEVO	NO3 - Ca	Ca		
ESTERO ALHUE				
ESTERO LAS PALMAS				Ca
LA HIGUERA	NO3			NO3
LAGUNA DE ACULEO				
PAINE	Mn			
POPETA				
PUANGUE ALTO				
PUANGUE BAJO	Ca	Ca-SO4	SO4	Ca
PUANGUE MEDIO		NO3	NO3-SO4	
SAN PEDRO				
SANTIAGO CENTRAL	NO3 Ca		NO3	NO3 Ca
YALI BAJO EL PRADO				

#### SIMBOLOGÍA

	Excepcional
	Regular
	Buena
	Insuficiente

### Referencias

- DGA 2020, Minuta DCPRH N°22: Seguimiento de Calidad de Agua Subterránea en pozos APR-Periodo 2020.
- DGA 2019, Minuta N°22:\_ Seguimiento de la calidad del agua subterránea año 2018 - Pozos APR región Metropolitana.
- DGA 2017, Diagnóstico y desafíos de la red de calidad de aguas subterráneas, SDT N°396.
- DGA-SGA S.A 2016, Diagnostico de la calidad del agua subterránea - Fuente pozos APR región Metropolitana, SIT 390.

## Seguimiento APR Región del Maule

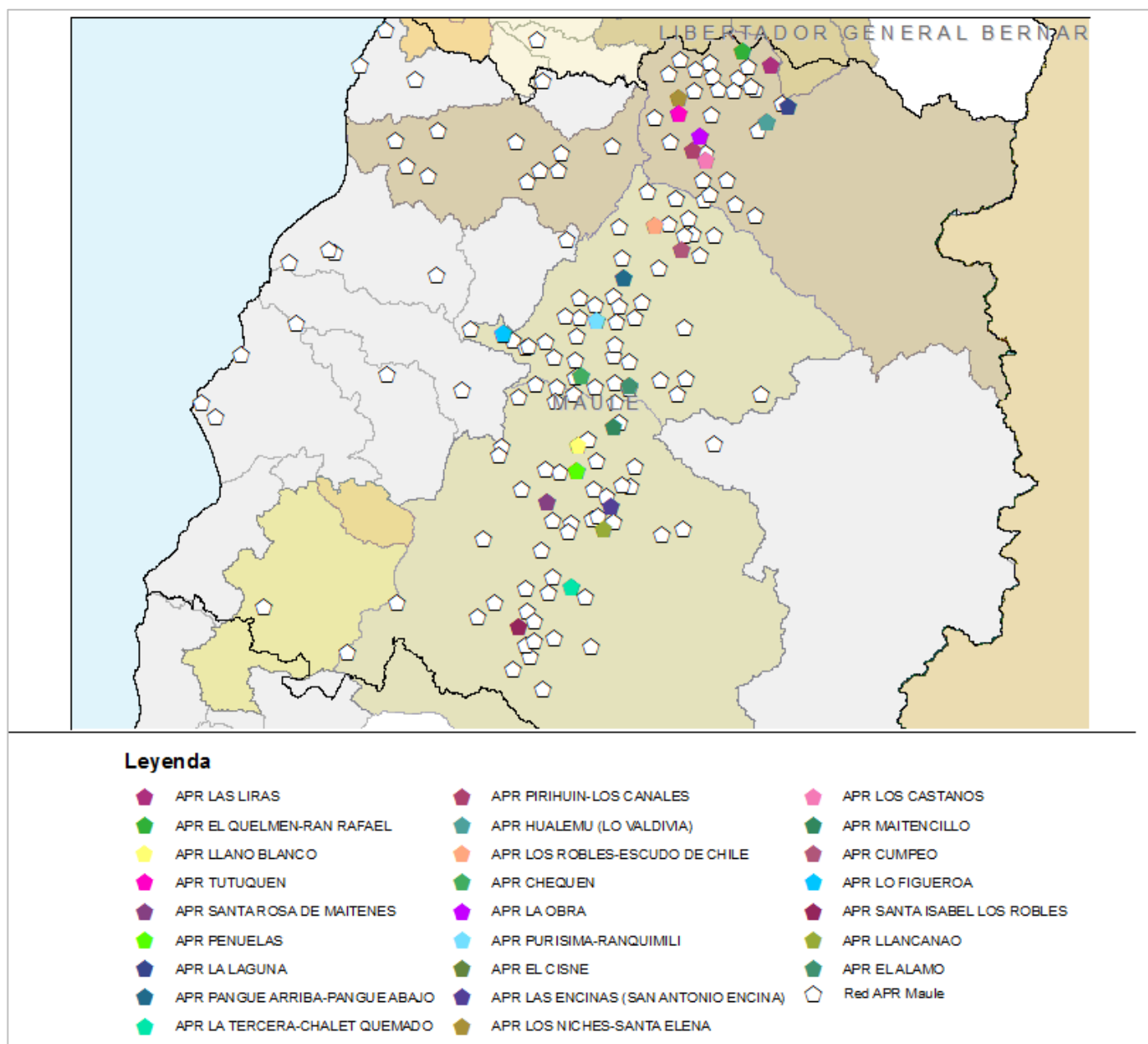


Figura 1. Red APR de la región de Maule y los APR en seguimiento el año 2020 (Hexágonos coloreados).

El año 2017 se realizó el Diagnóstico de calidad de agua subterránea de la región del Maule levantándose información sobre 150 pozos. El año 2020 se monitorearon 25 pozos como parte del programa de seguimiento, pozos que actualmente forman la red de APR de la región. En la Figura 1 se muestra la red completa de pozos APR.

### Evolución de la calidad

Se observa en las siguientes figuras la evolución de la conductividad, nitrato, cloruro, sulfato, arsénico, aluminio, zinc y hierro y su comparación con la NCh 409/05 para uso potable del agua. Los valores

presentados corresponden a los obtenidos históricamente para cada pozo APR en seguimiento durante el año 2020.

Para consultar el detalle de cada parámetro en cada pozo APR referirse al Anexo Digital – Maule.

En el caso del cloruro en la Figura 2 se observa que ningún pozo superó la NCh 409/05 (400 mg/L). De manera general se observa que los valores se encuentran bajo los 60 mg/L en todos los pozos destacándose algunos aumentos en 2020 en los siguientes APR: APR El Quelmén-San Rafael, La Laguna, Tutuquén, Hualemu (Lo Valdivia), Cumpeo, Los Castaños, Los Niches-Santa Helena, Chequén,



Purísima-Ranquil, Llano Blanco, Maitencillo, Peñuelas (Anexo Digital - Maule).

En el caso del sulfato, de igual forma que el cloruro, todos los APR en seguimiento se encontraron bajo las recomendaciones de la NCh 409/05 (500 mg/L) (Figura 2). Se destacan las concentraciones del SHAC Teno-Lontue en el cual se alcanzaron las mayores concentraciones, en particular en el APR El Quelmén-San Rafael, en el SHAC Maule Medio Sur se identificaron en el APR Peñuelas durante el año 2020 (79,73 mg/L) y en el SHAC Maule Medio Norte se identificaron en el APR El Álamo durante 2019 y 2020 (con 40,34 mg/L en ambas oportunidades) (Anexo Digital - Maule). El resto de los APR se ubica bajo los 34 mg/L aproximadamente.

La conductividad, cuenta con un valor promedio de seguimiento de 294,16 uS/cm en 2020. Se observa que los APR Maitencillo, Llano Blanco, Las Encinas del SHAC Maule Medio Sur, Los Castaños, La Obra, El Cisne y Tutuquén del SHAC Teno-Lontué,

presentan un alza para el año 2020. Los valores más altos medidos fueron 580, 514 y 508 us/cm para el año 2020 en los APR La Laguna, El Quelmén-San Rafael y Tutuquén, respectivamente (Figura 2) (Anexo Digital - Maule).

Respecto al nitrato, se observa que ningún APR supera lo recomendado por la NCh 409/05 (50 mg/L) (Figura 2). En el SHAC Maule Medio Norte se observa que las concentraciones del año 2020 fluctúan entre los 13,74 mg/L (en APR Los Robles-Escudo de Chile y 48,54 mg/L (en APR Lo Figueroa). En el SHAC Maule Medio Sur las concentraciones son menores respecto al SHAC anterior pues fluctúan entre 8,31 mg/L (en APR Las Encinas (San Antonio Encina)) y 22,92 mg/L (en el APR Maitencillo) para el año 2020. En el SHAC Teno-Lontué las concentraciones son similares a las del SHAC Maule Medio Sur encontrándose en un rango de 10,84 mg/L (en el APR Los Castaños) y 23,05 mg/L (en el APR El Quelmén-San Rafael) para el año

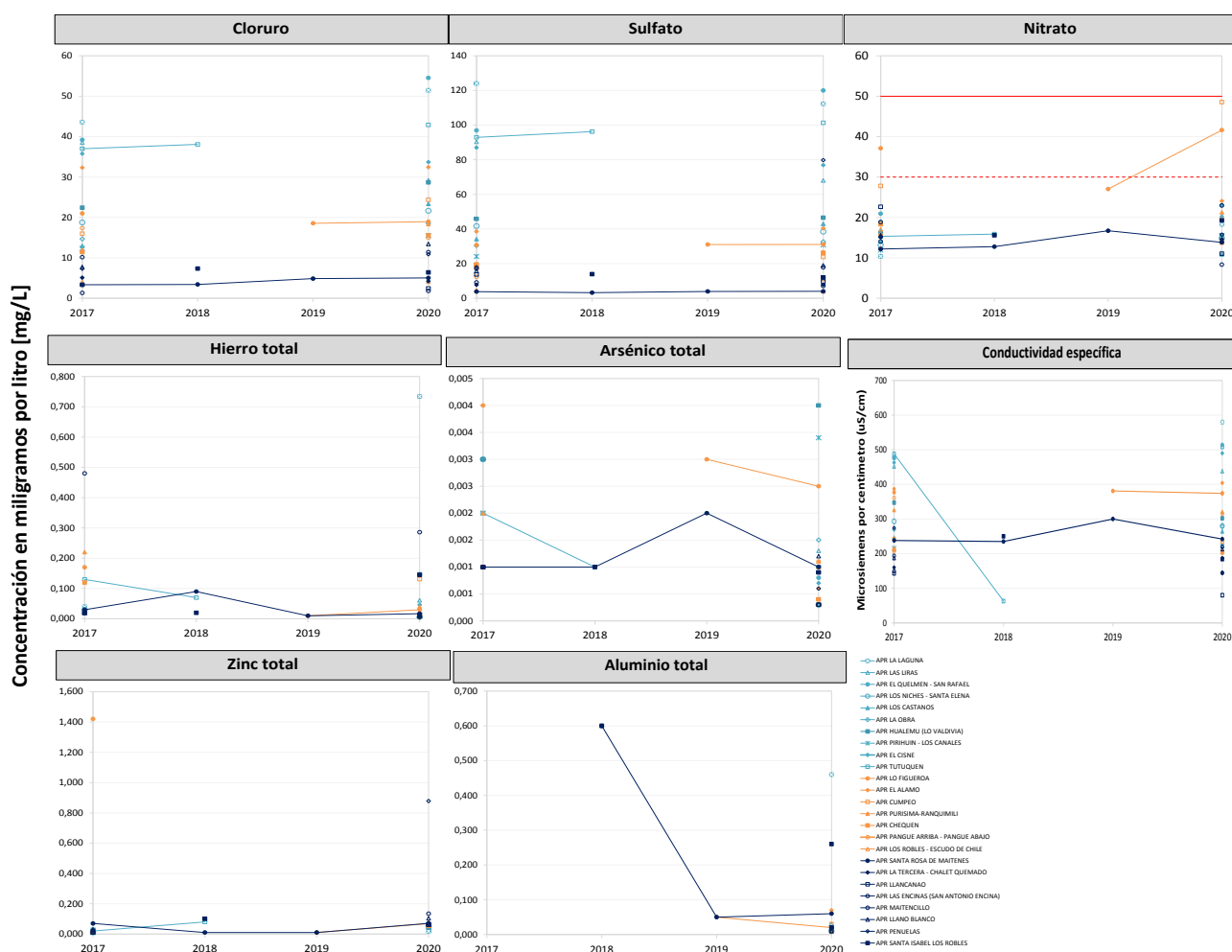


Figura 2. Datos de cloruro, sulfato, nitrato, arsénico total, hierro total, zinc total, aluminio total y conductividad específica entre los años 2017 y 2020 para los APR en seguimiento de la región del Maule. Se agregaron los límites de calidad de agua potable de la NCh 409/05 en nitrato (50 mg/L) y hierro (0,3 mg/L). Los de cloruro (400 mg/L), sulfato (500 mg/L) y arsénico (0,010 mg/L) no fueron agregados por encontrarse todos los APR en seguimiento bajo estos límites.

2020 (Figura 2) (Anexo Digital – Maule).

En cuanto al arsénico, se observa que las concentraciones de todos los APR en seguimiento se encuentran bajo el límite recomendado por la NCh 409/05 (0,010 mg/L). La base de datos actual no permite identificar aumentos o disminuciones marcadas en el tiempo, sin embargo es posible observar pozos APR que presentaron un valor mayor el año 2020 respecto a los monitoreos anteriores, a mencionar los APR Las Liras, La Obra, Hualemu (Lo Valdivia), Pirihuin-Los Canales (del SHAC Teno-Lontue), Pangué Arriba (del SHAC Maule Medio Norte), Llano Blanco y Santa Isabel-Los Robles (del SHAC Maule Medio Sur), siendo el APR con el valor más alto Hualemu (Lo Valdivia) con 0,004 mg/L (Figura 2) (Anexo Digital – Maule).

En el hierro por su parte, se puede observar que ninguno de los APR en seguimiento superan la recomendación de la NCh 409/05 (0,3 mg/L) durante el periodo estudiado incluyendo el año 2020, en que se encontró la concentración más alta en el APR Las Encinas (San Antonio Encina) alcanzando 0,286 mg/L (Figura 2) (Anexo Digital – Maule). Se identificó una mayor concentración el año 2020 respecto los valores anteriores en los APR La Laguna, Las Liras, El Cisne, Hualemu (Lo Valdivia) (del SHAC Teno-Lontué), Cumpeo (del SHAC Maule Medio Norte), Las Encinas (San Antonio Encina) y Santa Isabel-Los Robles (del SHAC Maule Medio Sur), no obstante la mayoría de los valores analizados se encuentran bajo 0,150 mg/L (Figura 2) (Anexo Digital – Maule).

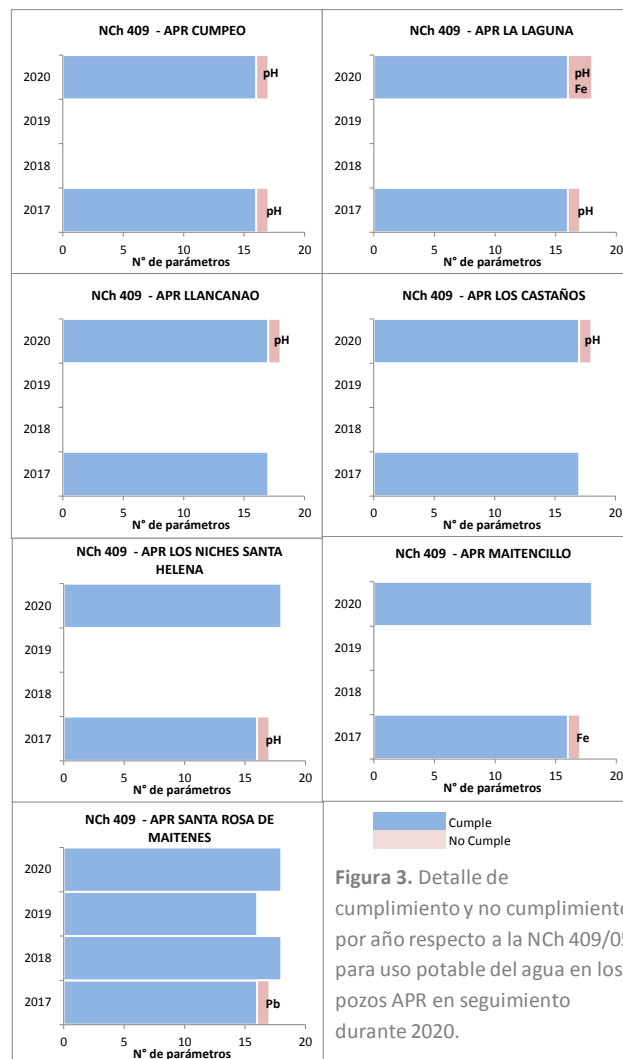
El zinc se encuentra presente en las muestras de los APR en seguimiento pero en todos los casos bajo lo recomendado por la NCh 409/05 (3 mg/L). En la mayoría de los APR las concentraciones registradas el año 2020 son 3 a 88 veces (en APR Peñuelas) más altas respecto al dato reciente anterior.

## Comparación con Normativas de uso

### NCh 409 – Uso Potable

De manera general y considerando los datos del seguimiento 2020 se identifica un alto cumplimiento de los parámetros nutrientes, macroelementos y microelementos respecto a la NCh 409/05 (Figura 3) calculándose en un 99% (Anexo Digital – Maule). Complementariamente los pozos que presentan mayor superación son La Laguna y Cumpeo. Finalmente dentro de los

parámetros que no cumplen con la normativa el año 2020 se destacan el pH, hierro y plomo total.



### NCh 1333 – Uso en Riego

Los resultados (Anexo Digital – Maule) indican que las superaciones se concentraron en un solo año, siendo este el 2017. Los APR en seguimiento que presentaron superaciones el año 2017 fueron Lo Figueroa con cobre total (0,56 mg/L) y Santa Rosa de Maitenes con plomo (5,58 mg/L).

En los años 2018, 2019 y 2020 no se identificaron superaciones de lo recomendado por la NCh 1333/78 para uso en riego en ninguno de los APR en seguimiento (Anexo Digital – Maule).

### Índice de calidad de agua subterránea (ICA)

De la determinación de los indicadores de calidad de agua para los APR en seguimiento se observa que en general estos presentan una calidad Buena desde el 2017. El 2020 la situación se mantiene con pozos en una calidad Buena y un pozo en

calidad Excepcional, siendo este último Lo Figueroa (Tabla 1).

No se presentan calidades Insuficientes como tampoco Intratables en el periodo analizado.

**Tabla 1.** ICA de calidad de agua subterránea para los pozos en seguimiento año 2020 de la región del Maule. Las celdas sin color indican que no se calculó el indicador ese año.

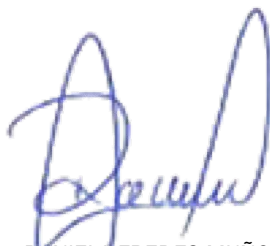
Nombre BNA	2017	2018	2019	2020
APR CHEQUEN				
APR CUMPEO				
APR EL ALAMO				
APR EL CISNE				
APR EL QUELMEN - SAN RAFAEL				
APR HUALEMU (LO VALDIVIA)				
APR LA LAGUNA				
APR LA OBRA				
APR LA TERCERA - CHALET QUEMADO				
APR LAS ENCINAS (SAN ANTONIO ENCINA)				
APR LAS LIRAS				
APR LLANCANAO				
APR LLANO BLANCO				
APR LO FIGUEROA				
APR LOS CASTANOS				
APR LOS NICHES - SANTA ELENA				
APR LOS ROBLES - ESCUDO DE CHILE				
APR MAITENCILLO				

Nombre BNA	2017	2018	2019	2020
APR PANGUE ARRIBA - PANGUE ABAJO				
APR PENUELAS				
APR PIRIHUIN - LOS CANALES				
APR PURISIMA-RANQUIMILI				
APR SANTA ISABEL LOS ROBLES				
APR SANTA ROSA DE MAITENES				
APR TUTUQUEN				

## Referencias

- DGA 2020, Minuta DCPRH N°22: Seguimiento de Calidad de Agua Subterránea en pozos APR-Periodo 2020.
- DGA 2019, Minuta DCPRH N° 30: Seguimiento de la calidad del agua subterránea - pozos APR región de Maule.
- DGA 2018, Diagnóstico de la Calidad de Aguas subterráneas Región del Maule, SIT 409/2018.
- DGA 2017, Diagnóstico y desafíos de la red de calidad de aguas subterráneas, SDT N° 396.

AGOSTO 2021



DANIELA FREDES MUÑOZ  
ANALISTA DE DESARROLLO AMBIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



DIEGO SAN MIGUEL CORNEJO,  
JEFE (S) DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS