



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO DE  
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA**

**NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE  
LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO SERRANO**

**Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad  
División de Fiscalización y Conformidad Ambiental**

**DFZ-2022-1910-XII-NC**

**Diciembre 2022**

	Nombre	Firma
Aprobado	<b>Verónica González D.</b>	
Elaborado	<b>María José Iglesias O.</b>	



## CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2.	INTRODUCCIÓN .....	5
3.	OBJETIVO .....	7
4.	ALCANCE.....	7
5.	VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL .....	7
5.1.	Criterios para la validación de los datos.....	7
5.2.	Áreas de vigilancia de monitoreo Red de Control.....	8
5.3.	Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control .....	9
5.4.	Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control .....	11
5.5.	Metodologías de muestreo y análisis.....	12
6.	RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....	17
6.1.	Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo .....	17
6.2.	Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo .....	19
7.	VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....	30
7.1.	Áreas de vigilancia de monitoreo Red de Observación.....	30
7.2.	Frecuencia de monitoreo Red de Observación .....	30
7.3.	Metodologías de muestreo y análisis.....	32
8.	RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN .....	32
9.	ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS .....	32
10.	CONCLUSIONES .....	38
11.	ANEXOS .....	40



## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del agua establecida en el D.S. N° 75/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano (en adelante, NSCA río Serrano), y de la Res. Ex. N° 3307/2011, que Aprueba el Programa de Vigilancia de las NSCA río Serrano, del Ministerio del Medio Ambiente en conjunto con la Dirección General de Aguas (en adelante, PV río Serrano), de acuerdo a lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que indica que corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente establecer los programas de fiscalización de las normas de calidad y normas de emisión para cada región, incluida la Metropolitana.

Se evaluó el cumplimiento de las normas de calidad para todas las áreas de vigilancia establecidas en las normas y para todas las áreas de vigilancia de la red de control incluidas en el programa de vigilancia actualmente vigente, durante el período bienal calendario 2020-2021, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA) respecto de las campañas de medición realizadas para la Red de Control, así como también se hizo una revisión de los datos entregados por dicho Organismo y la Seremi de Salud de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena para la Red de Observación.

El análisis de datos incluido en el presente informe se realizó con las mediciones del período 2021, en consideración a que los datos correspondientes al período 2020 ya fueron validados y utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo en el período bienal anterior, según se puede apreciar en el informe técnico de cumplimiento de expediente **DFZ-2021-3109-XII-NC**.

Para la revisión de los datos se consideraron los criterios administrativos y metodológicos establecidos en la norma de calidad y en el respectivo programa de vigilancia.

### Red de Control

Se realizó el análisis de validez de los datos obtenidos y una evaluación del cumplimiento normativo para todos los parámetros normados, es decir, Conductividad, pH, Oxígeno disuelto, Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, RAS, Selenio, Sulfato, Zinc y Coliformes Fecales, con el fin de establecer si cumplen con los requerimientos establecidos tanto en la NSCA río Serrano, y en el respectivo Programa de Vigilancia.

A partir de la evaluación realizada, se identificó el **cumplimiento normativo** para los siguientes parámetros: Aluminio en SE-20; Cadmio, Cobre, Cromo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio en PA-10, SE-10, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10; Conductividad eléctrica, Hierro, Manganeso y Zinc en PA-10, SE-10, SE-20, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10; pH en PA-10, SE-10, SE-20, GR-10, CH-10; y RAS en GR-10.



Por el contrario, fue posible establecer **incumplimiento normativo** en los parámetros pH en BA-10, VI-10 y en TP-10; y en RAS en PA-10, SE-10, SE-20, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10.

Se informa también la invalidación de datos e inexistencia de los mismos, generando la evaluación de tipo referencial en todas las áreas de vigilancia en los parámetros: Cloruro, Mercurio, Oxígeno disuelto y Sulfato. Adicionalmente, se observa también evaluación de tipo referencial en los parámetros Aluminio (en las áreas de vigilancia: PA-10, SE-10, DG-10, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y en TP-10); Cadmio, Cobre, Cromo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio (en las áreas de vigilancia SE-20 y DG-10); Coliformes Fecales (en el área de vigilancia SE-10); Conductividad eléctrica, Hierro, Manganese, pH y Zinc (en el área de vigilancia DG-10).

Respecto de las evaluaciones referenciales observadas, éstas se debieron a: a) falta de información, b) límites de detección por sobre el 80% de lo normado, o c) tiempos de preservación por sobre lo recomendado previo a su análisis.

#### **Red de Observación**

Se constató la realización del monitoreo de la mayoría de los parámetros considerados en el Programa de Vigilancia, durante todo el período bienal 2020-2021, en todas las áreas de vigilancia contempladas en el PV río Serrano.

Los parámetros medidos fueron: Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Cromo, Hierro, Manganese, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Oxígeno disuelto, pH, Plomo, RAS, Selenio, Sulfato, Temperatura y Zinc.



## 2. INTRODUCCIÓN

La Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales de la Cuenca del río Serrano, formalizada mediante el D.S. MINSEGPRES N° 75, de 2010, consiste en un instrumento de gestión ambiental para diagnosticar la calidad de los cuerpos de agua superficial que componen la cuenca del río Serrano en forma sistemática y permanente. Su objetivo es mantener la calidad de las aguas de dicha cuenca hidrográfica, prevenir su deterioro ambiental y recuperar, proteger y conservar su biodiversidad acuática.

La NSCA río Serrano estableció un total de nueve (9) áreas de vigilancia, definiendo niveles de calidad específicos para cada una de ellas respecto a los parámetros Conductividad, pH, Oxígeno disuelto, Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Cromo, Hierro, Manganese, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, RAS, Selenio, Sulfato, Zinc y Coliformes Fecales, según el caso.

Por su parte, la Dirección General de Aguas (DGA), mediante Resolución Exenta N° 3307, de 28 de octubre de 2011, estableció el Programa de Vigilancia, elaborado de acuerdo lo establecido en el artículo 11º del D.S. MINSEGPRES N° 75/2010 el que fue complementado respecto de los métodos analíticos y límites de detección con la Resolución Exenta N° 277, de 14 de febrero de 2012, también de la Dirección General de Aguas. En este documento se definen las estaciones de monitoreo que conforman la Red de Control que son utilizadas para verificar la calidad de las aguas en cada una de las áreas de vigilancia establecidas en la norma, además de incorporar áreas, estaciones y parámetros adicionales como parte de una Red de Observación que permita recabar información integral relativa a la situación ambiental de los cursos de agua normados y generar información para las revisiones futuras de las normas para su perfeccionamiento.

De acuerdo al artículo 7º de la NSCA río Serrano, la evaluación de los niveles de calidad requiere la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos.

Cabe mencionar que el análisis de los datos del 2020 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2021-3109-XII-NC**, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2021, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2020 y el 31 diciembre de 2021, y con ello, el presente informe da cuenta de nueve (9) actividades de fiscalización<sup>1</sup>.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la DGA y por parte de la SEREMI de Salud, región de Magallanes y Antártica Chilena a través de los oficios expuestos a continuación en **Tabla 1:**

---

<sup>1</sup> Se considera como Actividad de Fiscalización a la evaluación del cumplimiento normativo de cada una de las estaciones de la Red de Control (9 en total), en el período bienal correspondiente al presente expediente.



**Tabla 1. Antecedentes de monitoreos del periodo 2020-2021 en la cuenca del río Serrano.**

Nº Anexo	Documentos	Fecha de entrega	Período asociado
1	Oficio ORD. DGA N° 17, de 25 de marzo de 2021. Envía Informe de Calidad de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano.	25 de marzo de 2021	1 de enero de 2020 a 31 de diciembre de 2020
2	Oficio ORD. DGA N° 14, de 28 de marzo de 2022. Envía Informe de Calidad de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano. Se adjunta Minuta DCPRH N° 11/2022.	5 de abril de 2022	1 de enero a 31 de diciembre de 2021
3	Envío SEREMI Salud Magallanes 18 de noviembre de 2021. Datos Coliformes Fecales 2020-2021.	18 de noviembre	1 de enero de 2020 a 09 de agosto de 2021
4	Oficio ORD. SMA N° 1926, de 31 de mayo de 2021. Solicita aclaración por metodologías de análisis de los parámetros totales Molibdeno, Níquel y Plomo, para la evaluación de cumplimiento de las NSCA Río Serrano.	31 de mayo de 2021	-
5	Oficio ORD. DGA N° 35, de 04 de junio de 2021. Envía respuesta a ORD. SMA N° 1926 que solicita aclaración por metodologías de análisis de los parámetros que se mencionan.	5 de abril de 2022	1 de enero a 31 de diciembre de 2021
6	Oficio ORD. SMA N° 1926, de 29 de julio de 2022. Solicita aclarar y complementar lo que indica, en referencia a los datos entregados por la Dirección General de Aguas a través de Ord. DGA N° 14/2022.	29 de julio de 2022	-
7	Oficio ORD. DGA N° 92, de 04 de octubre de 2022. DGA Valida metodologías alternativas para cumplimiento de NSCA periodo 2021.	4 de octubre de 2022	-
8	Oficio ORD. DGA N° 93, de 04 de octubre de 2022. Responde a ORD N°1926: Solicita aclarar y complementar lo que indica, en referencia a los datos entregados por la Dirección General de Aguas a través de Ord. DGA N°14/2022 respecto a la NSCA de la cuenca del río Serrano.	4 de octubre de 2022	-
9	Oficio Ord. DGA N° 256, de 30 de abril de 2015. Responde a solicitud.	6 de abril 2015	-
10	Oficio ORD. SAG Magallanes N° 301, de 04 de junio de 2018.	-	-

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permitirá al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, y en caso de ser necesario, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 302, de 2011, de la Subsecretaría del Medio Ambiente, que instruye sobre modificaciones al procedimiento de declaración de zona saturada y latente, a partir de la entrada en vigencia de la nueva Institucionalidad Ambiental, modificada por la Resolución Exenta N° 422, de 2012. Lo antes mencionado, según lo establece la Resolución Exenta N° 503, de 2021 del MMA, que complementa la Circular N° 0001, de 2005, de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la cual Instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de las zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Aplicable a medio hídrico



### 3. OBJETIVO

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las NSCA río Serrano para el período bienal calendario 2020-2021, para todas las áreas de vigilancia de la Red de Control incluidas en la norma y en el programa de vigilancia actualmente vigente, además de un análisis histórico con respecto a la evolución de la calidad de las aguas durante el periodo controlado en que se cuenta con información (2012- 2021).

### 4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada en la Red de Control durante el período bienal calendario 2020-2021, para lo que se verifica si se generó en estricta concordancia a los criterios técnicos establecidos en las NSCA río Serrano, en el PV río Serrano y en las demás referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) aplicables al caso. En función de lo anterior, se determina el escenario bajo el cual corresponde realizar la evaluación del cumplimiento normativo para cada parámetro y en cada estación.

Luego, para cada parámetro y estación de la Red de Control se presentan los resultados y se realiza la evaluación del cumplimiento normativo, teniendo como referencia los criterios establecidos en las NSCA río Serrano. Los resultados permiten calificar cada caso como cumplimiento o incumplimiento normativo, o su símil referencial<sup>3</sup> según corresponda, e identificar los casos en que no es posible realizar el análisis.

Por último, se describen las condiciones bajo las cuales se ha ejecutado el monitoreo de la Red de Observación, se analiza la validez de los resultados según los compromisos establecidos en las NSCA río Serrano y en el PV río Serrano, y se provee de un análisis de los resultados.

### 5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

#### 5.1. Criterios para la validación de los datos

De acuerdo a lo establecido en el PV río Serrano y en las referencias técnicas de la SMA, los datos utilizados en la evaluación de cumplimiento normativo, deben ser previamente validados a través del cumplimiento de los criterios de validación siguientes:

- a) Validación de los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y ubicación de las áreas de Vigilancia definidas en las normas y su Programa de Vigilancia. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas

---

<sup>3</sup> La evaluación “referencial”, tiene un carácter informativo dado que no se cuenta con la cantidad mínima de datos para realizar la evaluación de cumplimiento normativo, ya sea por (1) inexistencia del reporte o (2) invalidación del mismo.



han sido calificadas fundamentalmente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8º de las NSCA río Serrano.

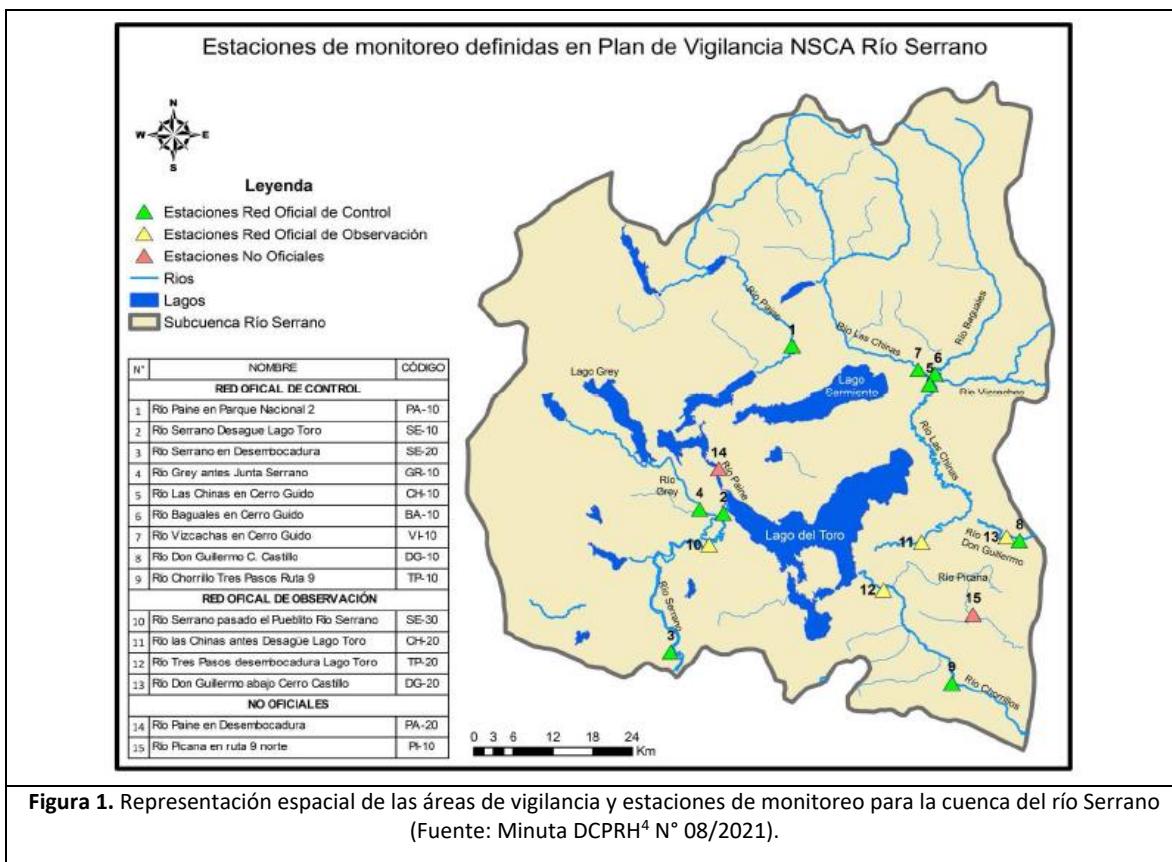
- b) Para validar la estacionalidad, se entenderá que las estaciones del año coinciden con el trimestre calendario, esto es: verano es el período comprendido por los meses de enero, febrero y marzo; otoño es el período comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el período comprendido por los meses de julio, agosto y septiembre; y primavera es el período comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre.
- c) Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de muestreo, medición y ensayo (análisis) correspondientes.
- d) Un resultado se considerará válido si los tiempos de preservación de las muestras concuerdan con lo establecido en las referencias técnicas sobre la materia (NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater).
- e) Validación de resultados de parámetros cuando su determinación es menor al límite de detección (LD), en base a lo siguiente:
  - i) Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará no válido.
  - ii) Si LD < al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido y que el resultado a considerar es igual al LD.

Los resultados obtenidos en el análisis por cada criterio de validación analizado, durante el periodo bienal 2020 -2021, se expone a continuación.

## 5.2. Áreas de vigilancia de monitoreo Red de Control

A continuación, la **Figura 1** presenta el listado y ubicación de todas las áreas que componen el programa de vigilancia ambiental de la norma, incluyendo tanto las áreas incluidas en la Red de Control, como las correspondientes a la Red de Observación.





Las actividades de muestreo ejecutadas en las estaciones señaladas durante el período bienal calendario 2020-2021, fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la DGA y la Seremi de Salud de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, a través de los antecedentes especificados en la **Tabla 1**.

Por medio de los mismos ordinarios, la DGA informó que los puntos de control muestreados son concordantes con los definidos en la norma y programa de vigilancia respectivos.

### 5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control

El artículo 6° de la norma establece que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental deberá realizarse anualmente para cada parámetro, en cada una de las áreas de vigilancia, con una frecuencia mínima de **cuatro veces al año** con distribución estacional y de acuerdo al PV río Serrano.

No obstante, de manera adicional, el artículo 11° de la norma secundaria de calidad indica que el Programa de Vigilancia deberá señalar al menos, y sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 6°, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias

<sup>4</sup> DCPRH, Departamento de Conservación y Protección de Recursos hídricos de la Dirección General de Aguas.



mínimas de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear. Teniendo lo anterior como referencia, el PV río Serrano establece que los muestreos se realizarán preferentemente durante los meses de febrero, junio y octubre, fijando así una frecuencia de tres muestreos anuales, constituyendo una contradicción que finalmente se resuelve en base a lo indicado en la norma, según se señala en oficio Ord. DGA N° 256, de 2015 (**Anexo 9**).

Siendo así, durante el periodo bienal 2020-2021 se constató anexo la realización de las campañas de señaladas en la **Tabla 2**.

**Tabla 2. Fecha de realización de las campañas de medición de la Red de Control (Fuente: elaboración propia).**

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Código estación	Campañas 2020	Campañas 2021
Río Paine	Río Paine en Parque Nacional 2	PA-10	14-01-2020 02-06-2020 11-08-2020 03-11-2020	26-01-2021 22-06-2021 07-09-2021 24-11-2021
Río Serrano	Río Serrano en desagüe lago del Toro	SE-10	14-01-2020 03-06-2020 11-08-2020 03-11-2020	26-01-2021 22-06-2021 07-09-2021 24-11-2021
	Río Serrano en desembocadura	SE-20	02-03-2020 02-06-2020 10-09-2020 02-12-2020	17-02-2021 08-04-2021 17-08-2021 11-12-2021
Río Grey	Río Grey antes junta Serrano	GR-10	14-01-2020 03-06-2020 12-08-2020 05-11-2020	26-01-2021 22-06-2021 07-09-2021 24-11-2021
Río Las Chinas	Río Las Chinas en Cerro Guido	CH-10	14-01-2020 03-06-2020 11-08-2020 03-11-2020	26-01-2021 22-06-2021 07-09-2021 24-11-2021
Río Baguales	Río Baguales en Cerro Guido	BA-10	15-01-2020 31-05-2020 12-08-2020 04-11-2020	27-01-2021 23-06-2021 08-09-2021 25-11-2021
Río Vizcachas	Río Vizcachas en Cerro Guido	VI-10	15-01-2020 31-05-2020 12-08-2020 04-11-2020	27-01-2021 23-06-2021 08-09-2021 25-11-2021
Río Don Guillermo	Río Don Guillermo en Cerro Castillo	DG-10	15-01-2020 03-06-2020 12-08-2020 04-11-2020	23-06-2021 08-09-2021 25-11-2021
Río Tres Pasos	Río Chorrillo Tres Pasos en Ruta N° 9	TP-10	15-01-2020 04-06-2020 12-08-2020 04-11-2020	27-01-2021 23-06-2021 08-09-2021 25-11-2021

En vista de lo anterior, es posible indicar que en el periodo 2020-2021 se efectuaron 8 campañas de muestreo durante el periodo de evaluación bienal, en 8 de las 9 estaciones de la Red de Control,



estableciéndose como excepción la estación DG-10 (Río Don Guillermo en Cerro Castillo). En esta última estación, se logró realizar sólo 7 campañas muestreo en el período bienal (4 durante el año 2020 y 3 durante el año 2021), dada la inexistencia de reportes durante la campaña de verano 2021 a causa de inexistencia de efluente donde realizar el monitoreo (según lo establecido en el original de muestreo de laboratorio ambiental DGA D.C.P.R.H. campaña verano 2021).

#### 5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control

En cuanto a los parámetros analizados, en la **Tabla 3** se resume la frecuencia de análisis de cada uno, destacándose en celeste los parámetros no analizados o analizados en menor frecuencia a la establecida en las normas.

**Tabla 3. Frecuencia de monitoreo en aguas superficiales de cuenca del río Serrano durante período enero 2020 - diciembre 2021 (Fuente: elaboración propia).**

Parámetros	Frecuencia								
	PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10
Aluminio	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Cadmio	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Cloruro	4/4	4/4	3/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Cobre	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Coliformes Fecales <sup>(4)</sup>	-/-	4/3	4/-	-/-	4/3	-/-	-/-	4/3	-/-
Conductividad eléctrica	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Cromo	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Hierro	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Manganoso	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Mercurio	4/4	4/4	3/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Molibdeno	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Níquel	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Oxígeno disuelto	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/3	3/4
pH	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Plomo	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
RAS	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Selenio	4/4	4/4	3/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Sulfato	4/4	4/4	3/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4
Zinc	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4

X/Y: Número de campañas efectuadas en el año 2020/ Número de campañas efectuadas en el año 2021.

Desatacado en celeste los parámetros no medidas o medidas con una frecuencia menor a la establecida en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009.

<sup>(4)</sup> Mediante el Programa de Vigilancia del río Serrano se establece la medición de Coliformes Fecales en la estación CH-10 como parte de la Red de Control.



De acuerdo a lo expuesto en **Tabla 3**, donde se considera el periodo bienal 2020-2021, es posible definir menor frecuencia de monitoreo en los siguientes casos:

- En el área de vigilancia DG-10, durante la campaña verano 2021, respecto de todos los parámetros considerados en la NSCA río Serrano con excepción de Coliformes fecales.
- Oxígeno disuelto en primavera 2020, en todas las áreas de vigilancia.
- Coliformes Fecales en primavera 2021, en el área de vigilancia SE-10.
- En el área de vigilancia SE-20 respecto de los parámetros:  
Cloruro y Sulfato en primavera 2020.  
Mercurio y Selenio durante campaña verano 2020.  
Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio, durante campaña otoño 2021.

Considerando lo antes mencionado, se observa cumplimiento respecto de la frecuencia de muestreo en los parámetros: Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Cromo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, pH, Plomo, RAS, Sulfato y Zinc, en las estaciones PA-10, SE-10, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10 durante el periodo bienal 2020-2021.

Cabe mencionar que el parámetro “Coliformes Fecales”, es de responsabilidad de la SEREMI de salud, Región de Magallanes, según el convenio descrito en el punto 3.1 del PV río Serrano.

## 5.5. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 12º del D.S. N° 75/2009, indica que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las NSCA río Serrano se efectuará de acuerdo a los **métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo** que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Métodos de Muestreo (Adaptado de D.S. N°75/2009).**

Identificación	Título de la norma
NCh 411/1 Of.96. DS. N°501, de 1996, de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programa de muestreo.
NCh 411/2 Of.96. DS. N°501, de 1996, de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh 411/3 Of.96. DS. N°501, de 1996, de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
NCh 411/6 Of.98. DS. N°84, de 1998, de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de aguas.
Collection and Preservation of Samples.	Describas en el número 1060 del “Standard Methods” for Examination of Water and Wastewater” 21th edition 2005.APHA-AWWA-WPCF.

El Artículo 13º del mismo cuerpo normativo señala que la determinación de los parámetros podrá efectuarse de acuerdo a los métodos analíticos que se indican en la **Tabla 5**, los que han sido complementados por la metodología establecida en el PV río Serrano:



**Tabla 5. Métodos Analíticos (Adaptados de las NSCA río Serrano y PV río Serrano)**

Parámetro	Metodología	Referencia
Aluminio	Método de Cianina Eriocromo R	3500-AI B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Óxido nitroso Acetileno	3111 D. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
Cadmio	Método de voltametría de stripping atómica	3130 B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno	3111 B. Standard Methods
	Método espectrométrico de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
Calcio	Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
Cloruro	Método Argentométrico	4500-Cl B. Standard Methods
	Método de Nitrato mercúrico	4500-Cl C. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Cobre	Método de Neocuproina	3500-Cu B. Standard Methods
	Método espectrométrico de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
	Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
Coliformes Fecales	Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes	9221 E Standard Methods
Conductividad Eléctrica	Método de laboratorio usado por laboratorio Nacional de la DGA	2510 B Standard Methods
Cromo	Método espectrométrico de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
Hierro	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
	Método de fenantrolina	3500 Fe-B. Standard Methods
	Método espectrométrico de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
Magnesio	Método de Espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Óxido nitroso –Acetileno	3111 B. Standard Methods



Parámetro	Metodología	Referencia
Manganeso	Método de Espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
	Método espectralmético de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP)	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
Mercurio	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío	3112 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
Molibdeno	Método espectralmético de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP) <sup>(6)</sup>	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno	3111 D. Standard Methods <sup>(5)</sup>
Níquel	Método espectralmético de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP) <sup>(6)</sup>	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno	3111 B. Standard Methods <sup>(5)</sup>
Oxígeno disuelto	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
	Método para oxígeno disuelto en agua	D888-05. ASTM International 2006
pH	Electrodo específico	4500-H <sup>+</sup> G. Standard Methods
Plomo	Método espectralmético de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
	Método de Inducción de plasma acoplado (ICP) <sup>(7)</sup>	3120 B. Standard Methods
	Método de voltametría de stripping atómica	3130 B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno	3111 B. Standard Methods <sup>(5)</sup>
Selenio	Método espectralmético de Absorción Atómica con generación manual de hidruros	3114 B. Standard Methods
	Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. <sup>5</sup>	3114 C. Standard Methods
	Método espectralmético de Absorción Atómica electrotérmica	3113 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods
Sodio	Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
	Método de fotométrico de emisión por llama	3500 Na-B. Standard Methods



Parámetro	Metodología	Referencia
Sulfato	Método turbidimétrico	4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía iónica	4110. Standard Methods
	Turbidimetría	Método Hach 8051, USEPA. Método aprobado 375.4 <sup>(6)</sup>
Zinc	Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno	3111 B. Standard Methods
	Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío	3120 B. Standard Methods
	Método de Espectroscopia de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS)	3125 B. Standard Methods

<sup>(5)</sup> Metodología incorporada en Programa de Vigilancia

<sup>(6)</sup> Metodología incorporada en Programa de Vigilancia, según Res. Ex. 3307/2011.

<sup>(7)</sup> Informado mediante Oficio Ordinario DGA N°35, de 04 de junio de 2021.

En referencia de las metodologías utilizadas por la DGA, sobre las muestras obtenidas en las ocho campañas ejecutadas durante el periodo 2020-2021, respecto de las definidas en las NSCA río Serrano y complementados por el PV río Serrano, es posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas para el desarrollo de las cuatro campañas de muestreo, consideran las establecidas en los instructivos emitidos por la DGA, descritas a continuación en **Tabla 6**:

**Tabla 6. Instructivos de metodologías de muestreo**

Instructivo	Metodología
LADGA-IM-01 v.02	Instructivo de muestreo para aguas de superficiales
LADGA-IM-03 v.03	Instructivo de preservación de muestras y etiquetado de envases
LADGA-IM-06 v.02	Instructivo de envío y traslado de muestras
LADGA-IM-09	Instructivo uso de sondas multiparámetros
LADGA-ITA-03 v.05	Instructivo para control de preservación
LADGA-5.9-01 v.11	Procedimiento control de calidad interno
LADGA-MG v.14	Manual de Gestión de Laboratorio Ambiental

- Metodologías de análisis: los métodos analíticos empleados para la obtención de resultados a ser evaluados son expuestos en la **Tabla 7**.

**Tabla 7. Metodología de Análisis (Adaptado de los antecedentes remitidos según oficios ORD. DGA N° 17, de 2021 y ORD. DGA N° 14, de 2022).**

Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
Aluminio	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno.	3111 D. Standard Methods
Cadmio	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods



Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Calcio	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno.	3111 B. Standard Methods
Cloruro	Método de Nitrato de mercurio.	4500 Cl - C. Standard Methods
Cobre	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Coliformes Fecales	Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo de Coliformes.	9221 E. Standard Methods
Cromo	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Hierro	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire-Acetileno.	3111 B. Standard Methods
Magnesio	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire-Acetileno.	3111 B. Standard Methods
Manganeso	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire-Acetileno.	3111 B. Standard Methods
Mercurio	Espectroscopía de absorción atómica con vapor frío.	3112 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Molibdeno	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Níquel	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Plomo	Método de Plasma acoplado por inducción (ICP).	3120 B. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Selenio	B. Manual Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry (1997).	3114 B. Standard Methods
	Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method.	3114 C. Standard Methods
	Método de Plasma-masa acoplado por inducción (ICP-MS).	3125 B. Standard Methods
Sodio	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire-Acetileno.	3111 B. Standard Methods
Sulfato	Método Turbimétrico.	4500 SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> E. Standard Methods
Zinc	Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno.	3111 B. Standard Methods

A partir de la información entregada, es posible establecer que durante el periodo 2021, las metodologías utilizadas para la cuantificación de todos los parámetros, es decir: Aluminio, Cadmio, Calcio; Coliformes Fecales, Cobre, Cloruro, Cromo, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Selenio, Sodio, Sulfato y Zinc, coincidieron con las fijadas en la NSCA río Serrano y/o PV río Serrano. Se informa que, si bien, el parámetro Selenio presentó una metodología de análisis no coincidente



con la definida en la NSCA río Serrano (3114 C. Standard Methods), la DGA entregó antecedentes a través del Oficio Ord. N° 92 del 4 de octubre de 2022, que justifican su uso en el análisis del parámetro (Ver **Anexo 7**).

- Límites de detección: El requisito asociado a los límites de detección (LD) de las metodologías utilizadas en el análisis de los parámetros y fracciones de los mismos, establece que el cumplimiento del requisito y por tanto la validación de un dato, requiere que éste sea igual o menor al 80% del valor normativo. Respecto de los LD informados para cada metodología de análisis utilizada es posible determinar que 18 de los 19 parámetros utilizaron metodologías con límites de detección con porcentaje bajo el 80% del valor normativo, estableciéndose como única excepción lo ocurrido con el parámetro Selenio durante primavera 2021 en SE-20, el cual presenta niveles de detección por sobre los valores requeridos.
- Tiempos de preservación: se evaluó la validez de las muestras en base al tiempo de almacenamiento previo a su análisis, considerando lo establecido al respecto en la NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, cuyo contraste se detalla en **Anexo 11**. En este análisis no se consideraron los parámetros Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto y pH debido a que sus mediciones son realizadas en terreno. Respecto de los resultados obtenidos se observa que los parámetros que presentan incumplimiento en los tiempos de preservación máximos son:

- **Cloruro y Sulfato:** en SE-20 durante primavera 2020, donde los resultados fueron invalidados directamente por DGA y se presenta en sus correspondientes informes de laboratorio; y en PA-10, SE-10, GR-10, BA-10, VI-10, CH-10, DG-10 y TP-10, durante otoño 2021.
- **Aluminio:** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10; DG-10 y TP-10, durante el periodo verano 2020.
- **Mercurio:** en PA-10, SE-10, SE-20, GR-10, BA-10, VI-10, CH-10, DG-10 y TP-10, durante otoño 2021.

El resto de los parámetros habrían sido analizados dentro del tiempo definido según las referencias antes mencionadas.

## 6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

### 6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El Artículo 5° de la norma de calidad indica que para la protección de la calidad de las aguas, es necesario mantener los niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia, que se muestran en la **Tabla 8**.

**Tabla 8. Niveles de Calidad por Área de Vigilancia en la cuenca del río Serrano (Adaptado de D.S. N° 75, de 2009)**



Parámetros	Unidad	Norma								
		PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10
Aluminio	mg/L	9,0	1,0	3,0	3,0	10,0	7,0	6,0	1,0	1,0
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cloruro	mg/L	8,0	10,0	8,0	8,5	8,0	10,0	11,0	26,0	15,0
Cobre	mg/L	0,05	0,08	0,01	0,07	0,05	0,09	0,06	0,06	0,04
Coliformes Fecales	NMP/100mL	-	10	-	-	-	-	-	-	-
Conductividad Eléctrica	µS/cm	80	180	80	340	300	370	360	550	370
Cromo	mg/L	0,06	0,06	0,01	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06
Hierro	mg/L	16,0	1,0	3,0	5,0	12,7	35,0	28,0	5,0	4,0
Manganoso	mg/L	0,3	0,1	0,2	0,08	2,0	0,7	0,6	0,1	0,05
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Níquel	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Oxígeno disuelto	mg/L	9,8	9,5	7,9	8,6	7,0	9,2	7,3	9,3	9,7
pH	Unidad	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
Plomo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RAS <sup>(6)</sup>	-	0,2	0,5	0,4	0,7	1,0	0,8	0,8	-	0,7
Selenio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Sulfato	mg/L	5,0	13,0	5,0	5,0	56,0	30,0	28,0	58,0	29,0
Zinc	mg/L	0,04	0,02	0,04	0,02	0,09	0,04	0,09	0,05	0,05

<sup>(6)</sup>RAS, razón de adsorción de sodio, calculada en base a las concentraciones de los iones Calcio, Magnesio y Sodio, según relación:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}, \text{ donde Na; Ca y Mg son las concentraciones en milieq por litro, de iones Sodio, Calcio y Magnesio respectivamente.}$$

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7º del D.S. N° 75/2009, se entenderá que las aguas cumplen con las NSCA río Serrano establecidas cuando el percentil 66 móvil para dos años consecutivos de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia, sea igual o menor a los límites establecidos en la norma. Para el caso del Oxígeno disuelto, la concentración deberá ser mayor o igual a los límites establecidos en la citada norma, y para el caso del pH, el valor medido deberá fluctuar entre el rango establecido de la norma, ambos en términos de percentil 66 móvil de los dos años consecutivos señalados.

De acuerdo a la norma, se entiende como percentil el valor del dato que ocupa el “k-ésimo” lugar cuando éstos son ordenados de manera creciente;  $n_1 < n_2 < n_k < n_{n-1} < n_n$ , siendo  $k=q*n$ , considerando que “q” = 0,66 (en el caso de percentil 66) y “n” equivale al número de datos.



A partir de las conclusiones de la revisión de validez para los datos según la sección 5 del presente informe, para cada estación de monitoreo se realizó la respectiva evaluación de cumplimiento normativo del período bienal calendario 2020-2021, la que será abordada como sigue:

- **Parámetros analizables respecto a cumplimiento:**
  - Aluminio: solo en SE-20;
  - Cadmio, Cobre, Cromo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio: en PA-10, SE-10, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10;
  - Conductividad eléctrica, Hierro, Manganese, pH y Zinc en PA-10, SE-10, SE-20, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10
  - RAS: en todas las áreas de vigilancia.
- **Parámetros analizables de forma referencial:**
  - Cloruro, Mercurio, Oxígeno disuelto y Sulfato: en todas las áreas de vigilancia.
  - Aluminio: en PA-10, SE-10, GR-10, CH-10, BA-10, VI-10, DG-10 y TP-10;
  - Cadmio, Cobre, Cromo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio: solo en SE-20 y DG-10;
  - Conductividad eléctrica, Hierro, Manganese, pH y Zinc: solo en DG-10;
  - Coliformes fecales: en SE-10.

## 6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos asociados a la evaluación de cumplimiento normativo de los datos obtenidos en el análisis del período bienal calendario 2020-2021. Toda la información utilizada para la evaluación, junto con los resultados de la aplicación de criterios de cumplimiento, se encuentran expuestos en el **Anexo 11**.

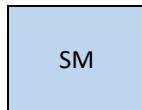
Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, a continuación, se detalla la nomenclatura de colores de las celdas utilizada en las **Tabla 9** a la **Tabla 17**:

	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento supera los límites máximos permisibles, es decir, el resultado es mayor al 100% respecto del límite establecido en las NSCA río Serrano (o bajo al 100% para el caso de Oxígeno disuelto, en concentración). Esta condición configura <u>Incumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento está bajo los límites máximos permisibles, pero en un “nivel de advertencia” debido a que el valor obtenido está próximo a los límites permisibles, es decir: el valor medido está entre el 80% y 100% respecto del límite establecido en las NSCA río Serrano (o entre el 100% y 120% para el caso de Oxígeno disuelto). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento está bajo los límites máximos permisibles y bajo los niveles de advertencia, es decir, el resultado es menor al 80% respecto del límite establecido en las NSCA río Serrano (o sobre el 120% para el caso de Oxígeno disuelto). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .





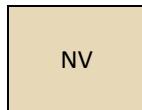
Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento es referencial debido a que no se cuenta con el número mínimo de resultados válidos en el período bienal analizado (cuatro por año) según las NSCA río Serrano.



Corresponden a aquellos parámetros que no disponen de registros en todas o algunas de las campañas de muestreo consideradas en el PV río Serrano (SM: Sin Registro).



Corresponde a datos inválidos por ejecución de análisis de laboratorio fuera el tiempo máximo de almacenamiento (NV: No válido).



Corresponde a datos inválidos por determinación de concentración bajo del límite de detección (LD), cuyo valor es menor al 80% de la concentración fijada en las NSCA río Serrano (NV: No válido).



**Tabla 9. Verificación NSCA río Serrano en estación PA-10, Río Paine en Parque Nacional 2. Área de Vigilancia Río Paine**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
Al	mg/L	NV	1,1	1,0	1,3	0,6	0,8	<0,6	1,0	1,0	9,0	11,1%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5,0%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	< 0,4	< 0,4	0,6	0,4	0,6	NV	0,5	0,5	0,5	8,0	6,3%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0025	<0,0005	<0,00050	<0,001	0,0808	0,0005	0,05	1,0%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	26,0	10,0	46,0	33,0	58,0	47,0	98,0	32,0	46,0	80	57,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,06	1,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	1,35	0,95	0,63	0,85	1,04	0,84	0,43	0,50	0,85	16,0	5,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,04	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,3	6,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	14,11	13,55	15,38	SM	12,31	16,11	14,29	17,69	15,38	9,8	156,9%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	7,27	7,14	7,62	7,28	7,47	7,61	7,59	8,00	7,59	7 - 8	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(7)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	0,44	0,51	0,65	0,51	0,45	0,69	0,76	0,52	0,52	0,2	259,8%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	0,001	0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	5,7	6,0	4,4	4,3	3,7	NV	5,8	4,9	5,7	5,0	114%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,04	25%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(7)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación PA-10 el percentil 33 correspondió a 7,28 unidades de pH.



**Tabla 10. Verificación NSCA en estación SE-10, Río Serrano en desagüe Lago del Toro. Área de Vigilancia Río Serrano**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,6	1,0	60%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0045	<0,00050	0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	1,2	1,4	1,7	1,1	1,4	NV	1,2	1,2	1,4	10,0	14%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	<0,0005	0,007	<0,0005	0,0005	0,08	0,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	< 1,8	SM	1,8	10	18%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
CE	µS/cm	64,0	57,0	77,0	32,0	100,0	98,0	150,0	61,0	77,0	180	42,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,06	1,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	0,07	0,07	0,03	0,14	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05	1,0	6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,01	0,1	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	12,11	12,07	13,57	SM	11,58	13,29	11,90	13,53	13,29	9,5	139,9%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	7,40	6,69	7,74	7,26	7,13	7,53	7,29	7,60	7,40	7 - 8	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(8)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	1,55	1,51	1,60	0,57	1,29	1,65	1,61	1,30	1,55	0,5	310,3%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,0010	<0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	9,7	8,6	5,7	5,1	6,5	NV	6,8	6,9	6,9	13,0	53,1%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(8)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación SE-10 el percentil 33 correspondió a 7,26 unidades de pH.



**Tabla 11. Verificación NSCA río Serrano en estación SE-20, Río Serrano en desembocadura. Área de Vigilancia Río Serrano**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	1,9	3,1	1,1	1,3	19,2	<0,6	<0,6	2,0	1,9	3,0	63,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SM	<0,00050	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	0,6	0,8	1,3	NV	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	8,0	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	0,0179	<0,0005	0,0020	<0,0005	<0,0005	SM	<0,00050	0,1426	0,0020	0,01	20%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
CE	µS/cm	37,0	15,0	55,0	39,0	37,0	58,0	40,0	33,0	39,0	80	48,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	<0,00020	0,0134	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fe	mg/L	3,88	1,87	1,03	1,56	1,72	1,28	0,97	3,42	1,72	3,0	57,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,19	0,10	0,06	0,06	0,12	0,08	0,05	0,07	0,08	0,2	40%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	SM	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SM	NV	<0,001	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	<0,001	0,0035	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Ni	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	0,001	0,0060	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	10,75	14,16	12,23	SM	9,52	11,7	11,4	19,03	12,23	7,9	154,8%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	7,05	7,14	7,36	7,60	6,74	6,36	6,94	7,66	7,14	7 - 8	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(9)</sup> .
Pb	mg/L	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	<0,00050	<0,0005	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
RAS	-	0,60	0,75	0,99	0,90	0,68	0,70	0,76	0,67	0,75	0,4	186,8%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	SM	<0,0005	0,0011	<0,0005	<0,0005	SM	0,0006	NV	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	5,5	6,1	5,7	NV	4,9	4,2	6,0	4,7	5,7	5,0	114%	Evaluación referencial. Percentil 66 se encontró por sobre umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,03	0,01	0,04	25%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(9)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación SE-20 el percentil 33 correspondió a 6,94 unidades de pH.



**Tabla 12. Verificación NSCA río Serrano en estación GR-10, Río Grey antes junta Serrano. Área de Vigilancia Río Grey**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	2,8	1,7	2,2	1,1	<0,6	0,7	1,6	1,7	3	56,7%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,0100	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	NV	0,5	0,6	0,6	8,5	7,1%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	0,001	0,0646	0,0005	0,07	0,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	22,0	1,0	43,0	24,0	17,0	50,0	79,0	25,0	25,0	340	7,4%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,06	1,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	1,63	2,34	1,22	1,41	1,20	1,17	1,03	0,98	1,22	5	24,4%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,08	0,08	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	37,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	13,75	12,91	13,40	SM	13,29	15,46	13,36	14,16	13,75	8,6	159,9%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	7,29	7,05	6,69	7,12	7,07	7,55	7,42	7,72	7,29	7-8	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(10)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	0,46	0,60	0,51	0,49	0,36	0,62	0,57	0,48	0,51	0,7	72,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	5,3	4,1	3,6	2,6	1,9	NV	4,3	2,6	4,1	5	82%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(10)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación GR-10 el percentil 33 correspondió a 7,07 unidades de pH.



**Tabla 13. Verificación NSCA río Serrano en estación CH-10, Río Las Chinas en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Las Chinas**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	1,5	<0,6	14,4	1,7	1,3	<0,6	1,4	1,5	10	15%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0009	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0100	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	0,4	0,5	<0,4	0,5	0,8	NV	1,3	0,7	0,7	8	8,8%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0154	0,0012	<0,00050	0,0660	0,0706	0,0012	0,05	2,4%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	106,0	109,0	219,0	62,0	215,0	236,0	320,0	109,0	215,0	300	71,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Coliformes Fecales	NMP/10 0mL	240	33	13	7,8	240	23	2	SM	33	-	-	Parámetro no normado en esta estación.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,002	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,05	2%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	2,67	1,55	1,14	20,03	1,88	1,99	1,79	1,17	1,88	12,7	14,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,06	0,02	<0,01	0,25	0,04	0,04	0,03	<0,01	0,04	2	2%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,001	<0,0005	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	0,003	0,002	0,002	0,003	<0,001	<0,0005	0,002	0,01	20%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	10,44	14,14	14,84	SM	11,24	15,08	13,20	15,68	14,84	7	212%	Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	7,76	7,76	8,17	7,54	7,59	7,69	7,86	8,04	7,76	7-8	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(11)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,007	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	1,49	1,65	1,89	1,06	1,54	2,48	2,42	1,66	1,66	1	165,9%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	24,2	26,9	33,0	8,3	29,7	NV	24,5	23,2	26,9	56	48%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,09	11,1%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(11)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación CH-10 el percentil 33 correspondió a 7,69 unidades de pH.



**Tabla 14. Verificación NSCA río Serrano en estación BA-10, Río Baguales en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Baguales**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	<0,6	0,8	15,7	<0,6	<0,6	<0,6	1,0	0,8	7,0	11,4%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0014	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<0,4	<0,4	<0,4	0,6	<0,4	NV	2,5	1,0	0,6	10,0	6%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0197	0,0020	<0,00050	0,010	0,0588	0,0020	0,09	2,2%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	203,0	155,0	320,0	79,0	335,0	350,0	376,0	154,0	320,0	370	86,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,014	<0,001	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,06	1,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	0,63	0,62	1,63	21,21	0,22	0,21	0,64	0,70	0,64	35,0	1,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,03	<0,01	0,05	0,43	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,7	1,4%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,010	5%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	12,54	14,41	13,62	SM	10,04	16,98	11,41	16,34	14,41	9,2	156,6%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	8,17	7,92	8,11	7,59	8,23	8,19	8,08	8,23	8,17	7 - 8	-	Percentil 66 fuera de umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(12)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	2,98	2,93	3,55	2,21	3,29	3,86	4,05	2,72	3,29	0,8	411,0%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	25,8	23,2	17,2	8,6	23,8	NV	20,8	21,3	23,2	30,0	77,3%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,04	25%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(12)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación BA-10 el percentil 33 correspondió a 8,08 unidades de pH.



Tabla 15. Verificación NSCA río Serrano en estación VI-10, Río Vizcachas en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Vizcachas

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	<0,6	0,9	12,2	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,9	6,0	15%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<0,4	<0,4	<0,4	0,7	<0,4	NV	2,5	1,0	0,7	11,0	6,4%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0235	<0,0005	<0,00050	0,001	0,0374	0,0005	0,06	0,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	194,0	145,0	318,0	79,0	385,0	365,0	414,0	152,0	318,0	360	88,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,013	<0,001	<0,0002	<0,001	<0,0005	0,001	0,08	1,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	0,70	0,56	1,28	19,44	0,20	0,24	0,63	1,91	0,70	28,0	2,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,02	<0,01	0,05	0,39	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,6	3,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,03	3,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	12,59	14,94	13,71	SM	10,21	17,36	11,19	15,93	14,94	7,3	204,7%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	8,36	7,96	8,07	7,61	8,44	8,11	8,15	8,26	8,15	7 - 8	-	Percentil 66 fuera de umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(13)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	2,91	3,10	3,99	1,91	3,53	4,46	3,96	2,85	3,53	0,8	440,8%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	21,4	23,2	18,6	8,4	22,4	NV	21,1	21,6	21,6	28,0	77,1%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,09	11,1%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(13)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación VI-10 el percentil 33 correspondió a 8,07 unidades de pH.



**Tabla 16. Verificación NSCA río Serrano en estación DG-10, Río Don Guillermo en Cerro Castillo. Área de Vigilancia Río Don Guillermo**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	<0,6	2,0	<0,6	SM	<0,6	<0,6	0,7	0,6	1,0	60%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SM	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<0,4	0,7	6,4	<0,4	SM	NV	11,7	14,5	6,4	26,0	24,6	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0048	SM	<0,00050	0,004	0,1139	0,004	0,06	6,7%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
CE	µS/cm	269,0	131,0	159,0	179,0	SM	399,0	394,0	245,0	269,0	550	48,9%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1600	920	4,5	1600	180	240	540	SM	920	-	-	Parámetro no normado en esta estación.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,001	0,07	1,4%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fe	mg/L	0,08	0,37	2,96	0,53	SM	0,18	0,40	0,25	0,40	5,0	8%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mn	mg/L	0,02	<0,01	0,15	0,05	SM	0,2	0,01	0,06	0,05	0,1	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SM	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	0,013	<0,001	SM	0,002	<0,001	<0,0005	0,001	0,008	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	12,48	13,91	13,39	SM	SM	16,65	11,37	15,49	13,91	9,3	149,6%	Evaluación referencial. Percentil 66 superior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	8,22	7,83	7,82	7,69	SM	8,06	7,84	8,26	8,06	7 - 8	-	Percentil 66 fuera del umbral mínimo y máximo del rango, configura incumplimiento normativo referencial <sup>(14)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	SM	0,001	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
RAS	-	4,19	3,58	2,18	3,83	SM	5,18	4,49	4,82	4,49	-	-	Parámetro no normado en esta estación.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	SM	<0,00050	<0,001	<0,0010	0,0010	0,001	100%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	20,8	8,2	<1,1	<1,1	SM	NV	29,6	30,5	20,8	58,0	35,9%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	SM	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,05	20%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.

<sup>(14)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación DG-10 el percentil 33 correspondió a 7,82 unidades de pH.



**Tabla 17. Verificación NSCA río Serrano en estación TP-10, Río Chorrillo Tres Pasos en Ruta N°9. Área de Vigilancia Río Tres Pasos**

Parámetro	Unidad	Verano 2020	Otoño 2020	Invierno 2020	Primavera 2020	Verano 2021	Otoño 2021	Invierno 2021	Primavera 2021	Percentil 66	Valor Norma	% Respecto a Norma	Observaciones
AI	mg/L	NV	1,9	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,6	0,6	1,0	60%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cd	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01	5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cl <sup>-</sup>	mg/L	<0,4	<0,4	7,8	<0,4	<0,4	NV	7,8	7,5	7,5	15,0	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Cu	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	0,006	0,0707	0,0005	0,04	1,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
CE	µS/cm	235,0	172,0	217,0	67,0	462,0	220,0	338,0	204,0	220,0	370	59,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Cr	mg/L	<0,001	<0,001	0,004	0,002	<0,001	<0,00020	<0,001	<0,0005	0,0010	0,06	1,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fe	mg/L	0,14	1,78	0,95	0,94	0,22	0,025	0,44	0,18	0,44	4,0	11%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Mn	mg/L	0,04	0,17	0,13	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	80%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Hg	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	NV	<0,001	<0,0005	0,0005	0,001	50%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Mo	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0010	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Ni	mg/L	<0,001	<0,001	0,006	0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,001	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
OD	mg/L O <sub>2</sub>	11,39	12,25	13,42	SM	11,75	16,78	11,62	15,59	13,42	9,7	138,4%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
pH	Unidad	8,11	7,54	7,92	7,18	8,59	8,03	7,84	8,41	8,03	7 - 8	-	Percentil 66 fuera del umbral mínimo y máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(15)</sup> .
Pb	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,00050	<0,001	<0,0005	0,0010	0,01	10%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
RAS	-	2,47	2,36	1,97	2,43	2,03	2,64	2,76	2,37	2,43	0,7	347,9%	Percentil 66 superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo.
Se	mg/L	<0,5	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,00050	<0,001	<0,0010	0,0005	0,001	50%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	9,7	21,2	8,1	<1,1	9,9	NV	14,2	13,2	13,2	29,0	45,5%	Evaluación referencial. Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Zn	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,05	20%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

<sup>(15)</sup> Adicionalmente, se determinó percentil 33 para evaluación de Norma, en vista que valor establecido en D.S. MINSEGPRES N° 75/2009 corresponde a un rango. Así, para las mediciones en la estación TP-10 el percentil 33 correspondió a 7,84 unidades de pH.



## 7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

### 7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El Artículo 11° de las normas secundarias de calidad de la cuenca del río Serrano indica que el Programa de Vigilancia podrá incorporar el monitoreo de parámetros adicionales a los establecidos en la norma, así como también nuevas estaciones de monitoreo de calidad de aguas, con la finalidad de generar información para revisiones futuras de la misma. El monitoreo de dichos parámetros o estaciones no sería obligatorio, quedando supeditado a las capacidades técnicas y económicas de los servicios mandatados a realizarlo.

En la Res. Ex. N° 3307, de 28 de octubre de 2011, PV río Serrano, se incluyen seis estaciones de monitoreo para conformar la red de observación, cuatro de ellas dentro de áreas de control, y dos en áreas adicionales, señalándose todas ellas en la **Tabla 18**.

**Tabla 18. Estaciones de Observación (Adaptado de Res. Ex. N° 3307/2011)**

Nombre áreas Vigilancia	Identificación estación de Monitoreo
Río Serrano	SE-30, Río Serrano pasado el pueblito Río Serrano
Río Las Chinas	CH-20, Río Las Chinas antes desagüe del Toro
Río Don Guillermo	DG-20, Río Don Guillermo abajo Cerro Castillo
Río Tres Pasos	TP-20, Río Tres Pasos desagüe lago Toro
Río Paine en Desembocadura Lago Toro <sup>(16)</sup>	PA-20, Río Paine en desembocadura lago Toro
Río Picana <sup>(17)</sup>	PI-10, Río Picana en ruta 9 Norte

<sup>(16)</sup> Área de vigilancia de observación que abarca entre Naciente río Tres Pasos hasta desembocadura en lago Toro

<sup>(17)</sup> Área de vigilancia de observación que abarca entre Naciente río Picana hasta Antes de junta río Tres Pasos

En la Figura 1 se presenta la representación espacial de las áreas de vigilancia y estaciones de monitoreo que componen la Red de Observación definidas en el PV río Serrano.

### 7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación

La Red de Observación, incorpora además la medición de Temperatura e Indicadores Biológicos en todas las estaciones, junto con parámetros específicos, según se detalla en **Tabla 19**.

**Tabla 19. Estaciones y parámetros a monitorear en la Red de Observación (Adaptado de PV río Serrano).**

Tipo Parámetro	Parámetros	Frecuencia mínima Anual de Monitoreo														
		PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10	SE-30	CH-20	DG-20	TP-20	PA-20	PI-10
Parámetros Fundamentales	Conductividad Eléctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3
	Oxígeno disuelto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3
	pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3



Tipo Parámetro	Parámetros	Frecuencia mínima Anual de Monitoreo														
		PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10	SE-30	CH-20	DG-20	TP-20	PA-20	PI-10
	Temperatura	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Parámetros de Afectación	Cipermetrina	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	3	-	3	-	3
	Coliformes Fecales	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-
	Diazinón	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	3	-	3	-	3
	Fosfato	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitrato	-	-	-	-	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Parámetros Naturales	RAS	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Indicadores Biológicos	Macroinvertebrados Bentónicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

De los parámetros anteriores, según indica el Programa de Vigilancia Río Serrano, es la Dirección General de Aguas el organismo responsable de la información de los parámetros Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto, pH, Temperatura, RAS y Macroinvertebrados Bentónicos. El Servicio Agrícola y Ganadero es responsable de los parámetros Cipermetrina, Diazinón, Fosfato y Nitrato; mientras que la SEREMI de Salud es responsable del parámetro Coliformes Fecales.

Para la elaboración del presente análisis, se cuenta con la información reportada en los documentos señalados en la **Tabla 1**. De acuerdo a estos, fue posible constatar que durante el período comprendido entre enero de 2020 y diciembre de 2021, respecto a la Red de Observación se ejecutaron los monitoreos indicados en la **Tabla 20**.

**Tabla 20. Resumen muestreos realizados en periodo 2020-2021 en Red de Observación.**

Tipo Parámetro	Parámetros	Frecuencia														
		PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10	SE-30	CH-20	DG-20	TP-20	PA-20	PI-10
Parámetros Fundamentales	Conductividad Eléctrica	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
	Oxígeno disuelto	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	4/4	3/3	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
	pH	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
	Temperatura	4/4	4/4	4/3	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	3/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Parámetros de Afectación	Cipermetrina	-	-	-	-	0/0	0/0	0/0	-	-	-	0/0	-	0/0	-	0/0
	Coliformes Fecales	-	4/3	-	-	4/3	-	-	-	-	4/3	-	0/0	-	4/3	-
	Diazinón	-	-	-	-	0/0	0/0	0/0	-	-	-	0/0	-	0/0	-	0/0



Tipo Parámetro	Parámetros	Frecuencia														
		PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10	SE-30	CH-20	DG-20	TP-20	PA-20	PI-10
	Fosfato	-	-	-	-	0/0	0/0	0/0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nitrato	-	-	-	-	0/0	0/0	0/0	-	-	-	-	-	-	-	-
Parámetros Naturales	RAS	-	-	-	-	-	-	-	4/4	-	-	-	-	-	-	-
Indicadores Biológicos	Macroinvertebrados Bentónicos	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Destacado en celeste los parámetros no medidos o medidos con una frecuencia menor a la establecida en el PV río Serrano por campaña.

X/Y: Número de campañas efectuadas en el año 2020/ Número de campañas efectuadas en el año 2021.

(-): No Aplica medición.

### 7.3. Metodologías de muestreo y análisis

De acuerdo a la información reportada, las metodologías utilizadas para la Red de Observación son coincidentes con las utilizadas en la Red de Control respecto de los parámetros pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto y Coliformes Fecales, todos (a excepción del parámetro Coliformes Fecales), cuyos análisis se realizaron de manera *in situ*, según metodología informada por la DGA.

Para el resto de los parámetros considerados en el Programa de Vigilancia, no se cuenta con información tanto de datos como de metodologías de análisis, por lo que, no es posible evaluar su validez.

Respecto de los tiempos de preservación, este criterio no fue aplicado a los datos informados debido a que los parámetros informados para la red de observación (CE; Oxígeno disuelto; pH y Temperatura), son medidos *in situ* según metodología DGA, lo cual no considera preservación.

## 8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

En el **Anexo 12** se presentan los resultados de los monitoreos realizados en la Red de Observación para el período 2020-2021, sin considerar los parámetros que no se monitorearon durante todo el período evaluado, además de los datos remitidos por el Servicio Agrícola y Ganadero medidos en el período 2011 -2015 (**Anexo 10**).

## 9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS

En el **Anexo 13** se encuentran disponibles los datos históricos medidos desde el año 2011 al 2021 para la Red de Control definida en la norma, junto con una representación gráfica para las concentraciones de cada parámetro en cada estación.



Al respecto, no se observan parámetros que cuenten con la totalidad de los datos correspondiente a 4 muestreos por estación de vigilancia durante el periodo 2011-2021 (es decir, un total de 360 datos). Sin embargo, se observa presencia de datos igual o sobre el 75% del total teórico, en el caso de los parámetros: Cadmio, Cloruro, Cobre, Conductividad Eléctrica, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Oxígeno disuelto, pH, Plomo, RAS, Selenio, Sulfato y Zinc. Mientras que los que presentan menor porcentaje de datos reportados son los parámetros: Aluminio, Cromo, Molibdeno y Sulfato.

Respecto de los parámetros con mayor cantidad de datos informados con valores bajo el límite de detección, se presentan: Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio y Zinc. Mientras que los parámetros que presentan mayor porcentaje de valores por sobre el límite de detección son: Hierro y Sulfato. Se exime de este análisis los parámetros pH y Oxígeno disuelto ya que no existen valores de éstos parámetros bajo el límite de detección.

Respecto del comportamiento observado por parámetro, es posible definir lo siguiente:

- Coliformes Fecales: Se constata frecuencia establecida en la NSCA río Serrano desde el año 2016 en adelante. Respecto del análisis de tendencia, ésta se mantiene constante con valor alto específicamente durante otoño 2016, mientras que el resto del periodo histórico se mantiene bajo 5 NMP/100ml.
- Oxígeno disuelto: En general mantiene valores por sobre el mínimo normativo durante la mayor parte del periodo histórico, aun cuando se presenta cumplimiento formal y referencial.
- Conductividad Eléctrica: Se observa que los mayores valores reportados, respecto de este parámetro, se mantienen en el área de vigilancia DG-10.
- Sulfato: Se observa que los mayores valores reportados respecto de este parámetro son encontrados en las áreas de vigilancia DG-10 y CH-10, donde se han detectado los mayores niveles históricamente.
- Hierro: Se observa que los mayores valores reportados respecto de este parámetro son encontrados en el área de vigilancia CH-10 (con los mayores valores reportados durante primavera 2012 e invierno 2018). También son observados valores altos en las áreas BA-10 y VI-10.
- RAS: se ha registrado en mayores concentraciones en las áreas de vigilancia BA-10, VI-10 y DG-10.

Respecto de la evaluación normativa, históricamente se aprecia que en todo el periodo de evaluación analizado por esta Superintendencia (2013-2021), existe un alto porcentaje de



evaluación de tipo referencial, debido a falta de datos o por invalidación de los mismos según los criterios requeridos.

A continuación, en la **Tabla 21**, se presenta un resumen del cumplimiento normativo existente, respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano de 2013 hasta primavera de 2021.



**Tabla 21. Resumen de valores percentil 66 de cada periodo analizado entre 2013-2021 en niveles cercanos o por sobre lo normado en cada área de vigilancia.**

Periodo	Área de Vigilancia	Aluminio	Cadmio	Cloruro	Cobre	Coliformes Fecales	Conductividad	Cromo	Hierro	Manganoso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Oxígeno disuelto	pH	Pb	RAS	Selenio	Sulfato	Zinc
2013-2014	PA-10					X														
	SE-10																			
	SE-20					X														
	GR-10					X														
	CH-10					X														
	BA-10					X														
	VI-10					X														
	DG-10					X														X
	TP-10					X														
2014-2015	PA-10					X														
	SE-10																			
	SE-20					X														
	GR-10					X														
	CH-10					X														
	BA-10					X														
	VI-10					X														
	DG-10					X														X
	TP-10					X														
2015-2016	PA-10					X														
	SE-10																			
	SE-20					X														
	GR-10					X														
	CH-10					X														
	BA-10					X														
	VI-10					X														



Periodo	Área de Vigilancia	Aluminio	Cadmio	Cloruro	Cobre	Coliformes Fecales	Conductividad	Cromo	Hierro	Manganoso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Oxígeno disuelto	pH	Pbomo	RAS	Selenio	Sulfato	Zinc
2016-2017	DG-10				X											X				
	TP-10				X															
	PA-10				X															
	SE-10																			
	SE-20				X															
	GR-10				X															
	CH-10				X															
	BA-10				X															
	VI-10				X															
	DG-10				X												X			
2017-2018	TP-10				X															
	PA-10				X															
	SE-10																			
	SE-20				X															
	GR-10				X															
	CH-10				X															
	BA-10				X															
	VI-10				X															
	DG-10				X												X			
2018-2019	TP-10				X															
	PA-10				X															
	SE-10																			
	SE-20				X															
	GR-10				X															
	CH-10				X															
	BA-10				X															



Periodo	Área de Vigilancia	Aluminio	Cadmio	Cloruro	Cobre	Coliformes Fecales	Conductividad	Cromo	Hierro	Manganoso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Oxígeno disuelto	pH	Pbomo	RAS	Selenio	Sulfato	Zinc
2019-2020	VI-10				X															
	DG-10				X												X			
	TP-10				X															
	PA-10					X														
	SE-10																			
	SE-20					X														
	GR-10					X														
	CH-10					X														
	BA-10					X														
	VI-10					X														
2020-2021	DG-10				X												X			
	TP-10				X															
	PA-10																			
	SE-10																			
	SE-20																			
	GR-10																			
	CH-10																			
	BA-10																			
	VI-10																			
	DG-10																	X		
	TP-10																			

Resultado con cumplimiento normativo.

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

X  
(No requiere ser medido)

Análisis referencial.



## 10. CONCLUSIONES

La actividad de análisis y evaluación de la información que ha sido expuesta en el presente informe, consideró las campañas de monitoreo realizadas por la DGA y la Seremi de Salud de la región de Magallanes y Antártica Chilena, durante los años 2020 y 2021, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en las NSCA río Serrano y su respectivo PV río Serrano, y de las campañas realizadas por ambos organismos, en igual período para la Red de Observación.

En relación a la calidad de las aguas muestreadas y por tanto al cumplimiento de las NSCA río Serrano, es posible señalar:

A partir de la información recopilada en las campañas realizadas en el periodo bienal 2020-2021, en las nueve áreas de vigilancia que componen la **Red de Control**, se determina la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- a) Aluminio: se verificó **cumplimiento normativo** en SE-20 y **cumplimiento normativo referencial** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10; DG-10 y TP-10.
- b) Cadmio: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- c) Cloruro: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- d) Cobre: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- e) Coliformes Fecales: se verificó **cumplimiento normativo** en SE-10.
- f) Conductividad Eléctrica: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; SE-20; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en DG-10.
- g) Cromo: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- h) Hierro: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; SE-20; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en DG-10.
- i) Manganoso: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; SE-20; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en DG-10.
- j) Mercurio: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- k) Molibdeno: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- l) Níquel: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- m) Oxígeno disuelto: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- n) pH: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; SE-20; GR-10 y CH-10; **incumplimiento normativo** en BA-10; VI-10 y TP-10; e **incumplimiento normativo referencial** en DG-10.



- o) Plomo: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- p) RAS: se verificó **cumplimiento normativo** en GR-10, e **incumplimiento normativo** PA-10; SE-10; SE-20; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10.
- q) Selenio: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en SE-20 y DG-10.
- r) Sulfato: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en SE-10; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10; DG-10 y TP-10, **incumplimiento normativo referencial** en PA-10 y SE-20.
- s) Zinc: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10; SE-10; SE-20; GR-10; CH-10; BA-10; VI-10 y TP-10, y **cumplimiento normativo referencial** en DG-10.

En conclusión, se estableció el incumplimiento de las NSCA río Serrano en el periodo bienal 2020-2021 para los siguientes parámetros: pH en río Baguales en BA-10, en río Vizcachas en VI-10 y en río Chorrillo Tres Pasos en TP-10; y RAS en río Paine PA-10, en río Serrano SE-10 y SE-20, río Las Chinas CH-10, río Baguales en BA-10, en río Vizcachas en VI-10 y en río Chorrillo Tres Pasos en TP-10.



## 11. ANEXOS

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Oficio ORD. DGA N° 17, de 25 de marzo de 2021.
2	Oficio ORD. DGA N° 14, de 28 de marzo de 2022.
3	Envío SEREMI Salud Magallanes 18 de noviembre de 2021.
4	Oficio ORD. SMA N° 1926, de 31 de mayo de 2021.
5	Oficio ORD. DGA N° 35, de 04 de junio de 2021.
6	Oficio ORD. SMA N° 1926, de 29 de julio de 2022.
7	Oficio ORD. DGA N° 92, de 04 de octubre de 2022.
8	Oficio ORD. DGA N° 93, de 04 de octubre de 2022.
9	Oficio ORD. DGA N° 256, de 30 de abril de 2015.
10	Oficio ORD. SAG Magallanes N° 301, de 04 de junio de 2018.
11	Resumen de datos periodo 2020-2021 Red de Control cuenca del Río Serrano.
12	Resumen de datos periodo 2020-2021 Red de Observación cuenca del Río Serrano.
13	Datos históricos 2011-2021 cuenca del Río Serrano.

