



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

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

**NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE  
LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RÍO SERRANO**

**Sección de Recursos Hídricos y Territorio  
División de Fiscalización**

**DFZ-2020-1109-XII-NC**

**Diciembre 2020**

|           | Nombre                        | Firma   |
|-----------|-------------------------------|---|
| Aprobado  | <b>Patricio Walker H.</b>     | <br>Patricio Walker H.<br>Encargado Sección de Recursos Hídricos y Biod... |
| Revisado  | <b>Verónica González D.</b>   | <br>Verónica González D.<br>Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad   |
| Elaborado | <b>Elizabeth Sepúlveda E.</b> | <br>Elizabeth Sepúlveda E.<br>Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad |

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| 1. RESUMEN EJECUTIVO.....   | 3  |
| 2. INTRODUCCIÓN .....   | 5  |
| 3. OBJETIVO.....  | 6  |
| 4. ALCANCE.....   | 6  |
| 5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL .....                        | 7  |
| 5.1. Criterios para la validación de los datos.....                 | 7  |
| 5.2. Estaciones 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 .....     | 10 |
| 5.5. Metodologías de muestreo y análisis.....                       | 11 |
| 6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....         | 19 |
| 6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo..... | 19 |
| 6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo .....   | 21 |
| 7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....                         | 31 |
| 7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación .....               | 31 |
| 7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación.....                | 31 |
| 7.3. Metodologías de muestreo y análisis.....                       | 33 |
| 8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN .....                              | 33 |
| 9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS .....                   | 34 |
| 10. CONCLUSIONES .....  | 36 |
| 11. ANEXOS .....  | 38 |

## 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, Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano, y de su Programa de Vigilancia, fijado mediante la Resolución Exenta N° 3307/2011, de la Dirección General de Aguas, 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 y para todas las estaciones de control incluidas en el programa de vigilancia actualmente vigente, durante el período bienal calendario 2018-2019, 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 la Seremi de Salud de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena para la Red de Observación.

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, Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, RAS, Selenio, Sulfato y Zinc, a partir de lo que se determinó cumplimiento normativo de los parámetros Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Hierro, Manganeso, Oxígeno Disuelto, RAS y Zinc en todas las áreas de vigilancia, con la excepción de DG-10, donde todas las mediciones fueron referenciales. Por el contrario, fue posible establecer **incumplimiento normativo de pH en los ríos Las Chinas en CH-10, Baguales en BA-10, Vizcachas en VI-10 y Chorrillo Tres Pasos en TP-10: y por Sulfato en los ríos Paine en PA-10 y Grey en GR-10.**

Algunos de los parámetros se evaluaron sólo de manera referencial<sup>(1)</sup>. De esta forma se determinó incumplimiento referencial de Sulfato en SE-10 y cumplimiento referencial para Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio en todas las estaciones de la Red de Control, debido a la invalidación de datos generado por: a) falta de información, b) límites de detección por sobre el 80% de lo normado, y/o c) tiempos de preservación por sobre lo recomendado previo a su análisis.

---

<sup>(1)</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.

### **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 2018-2019, en todas las estaciones contempladas en dicho instrumento.

Los parámetros medidos en las estaciones indicadas 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, en tanto que aquellos no cuantificados correspondieron a: Cipermetrina, Diazinón, Fosfato, Nitrato y Macroinvertebrados Bentónicos.

## 2. INTRODUCCIÓN

La Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales de la Cuenca del río Serrano (en adelante, NSCA 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 (en adelante, PV río Serrano), elaborado de acuerdo lo establecido en el artículo 11° 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 7° 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 2018 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2019-1813-XII-NC**, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2019, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 diciembre de 2019, y con ello, el presente informe da cuenta de nueve (9) actividades de fiscalización <sup>(2)</sup>.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la Dirección General de Aguas (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>(2)</sup> Se considera como una actividad de fiscalización a la evaluación del cumplimiento normativo de cada una de las estaciones de la Red de Control (nueve en total), en el período bienal correspondiente al presente expediente.

**Tabla 1. Antecedentes de monitoreos del periodo 2018-2019 en la cuenca del río Serrano.**

| Nº | Documentos  | Fecha de entrega      | Período que reporta                          |
|----|---|-----------------------|--|
| 1  | Oficio ORD. DGA N° 19, de 26 de marzo de 2020. 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 ( <b>Anexo 1</b> ).          | 26 de marzo de 2020   | 1 de enero de 2019 a 31 de diciembre de 2019 |
| 2  | Oficio ORD. DGA N° 18, de 29 de marzo de 2019. 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 ( <b>Anexo 2</b> ).          | 08 de abril de 2019   | 1 de enero de 2018 a 31 de diciembre de 2018 |
| 3  | ORD. SEREMI de Salud Región de Magallanes y Antártica Chilena N° 859, de 08 de octubre de 2019. Remite informes ensayos de muestras de Agua Cuenca Río Serrano, complementado con antecedentes vía correo electrónico ( <b>Anexo 3</b> ). | 14 de octubre de 2019 | 1 de enero de 2018 a 31 de diciembre 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, del Subsecretario 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.

### 3. OBJETIVO

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las NSCA río Serrano para el período bienal calendario 2018-2019, para todas las estaciones 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 (2012-2019).

### 4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada en la Red de Control durante el período bienal calendario 2018-2019, 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 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

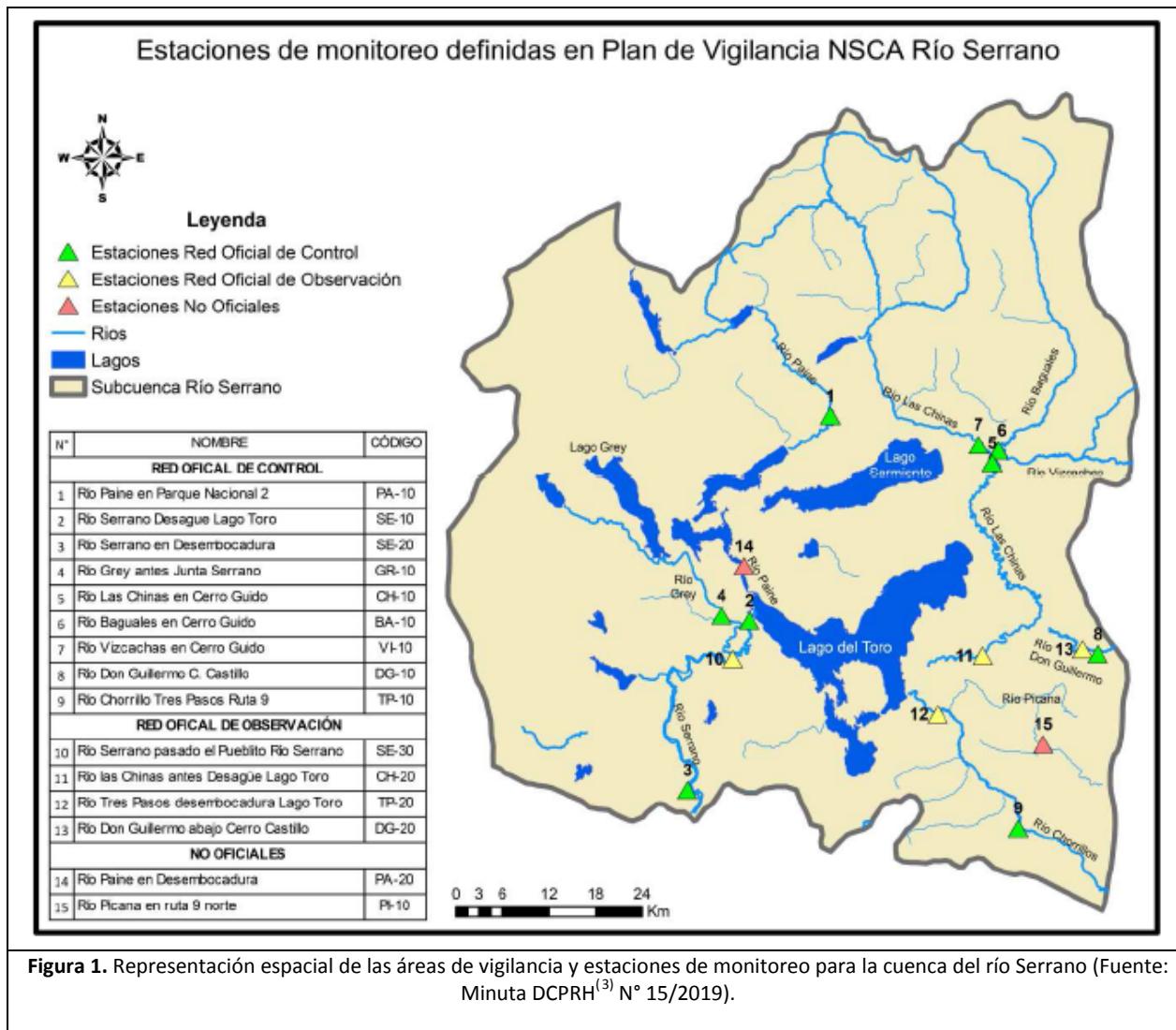
De acuerdo a lo establecido en el PV río Serrano y en las referencias técnicas de la SMA, los datos utilizados en la evaluación de cumplimiento normativo, deben ser previamente validados a través del cumplimiento de los criterios de validación siguientes:

- 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 la norma y su Programa de Vigilancia. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas 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. Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de muestreo, medición y ensayo (análisis) correspondientes.
- c) 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).
- d) 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 2018 -2019, se expone a continuación.

## 5.2. Estaciones de monitoreo Red de Control

A continuación, la **Figura 1** presenta el listado y ubicación de todas las estaciones que componen el programa de vigilancia ambiental de la norma, incluyendo tanto las estaciones 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 2018-2019 fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la DGA, a través de los oficios especificados en la **Tabla 1**.

<sup>(3)</sup> DCPRH, Departamento de Conservación y Protección de Recursos hídricos de la Dirección General de Aguas

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 6º 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 Programa de Vigilancia (PV).

Por tanto, la representatividad estacional será validada habiendo al menos una campaña de monitoreo en cada uno de los mencionados trimestres.

No obstante, de manera adicional, el artículo 11º 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 6º, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear. Teniendo lo anterior como referencia, el PV del 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 4**).

Siendo así, durante el periodo bienal 2018-2019 se constató la realización de las campañas señaladas en la **Tabla 2**.

**Tabla 2. Fecha de realización de las campañas de medición de la Red de Control de la Norma por parte de la DGA**  
 (Fuente elaboración propia a partir de antecedentes entregados por DGA, según Tabla 1).

| Nombre área vigilancia | Nombre estación de monitoreo         | Código estación | Campañas 2018  | Campañas 2019  |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------|--|--|
| Río Paine              | Río Paine en Parque Nacional 2       | PA-10           | 23/01/2018<br>17/04/2018<br>11/07/2018<br>23/10/2018 | 22/01/2019<br>23/04/2019<br>23/07/2019<br>02/10/2019 |
| Río Serrano            | Río Serrano en desagüe lago del Toro | SE-10           | 23/01/2018<br>17/04/2018<br>10/07/2018<br>23/10/2018 | 22/01/2019<br>23/04/2019<br>23/07/2019<br>02/10/2019 |
|                        | Río Serrano en desembocadura         | SE-20           | 23/02/2018<br>24/05/2018<br>04/09/2018<br>20/11/2018 | 27/02/2019<br>14/06/2019<br>12/09/2019<br>13/12/2019 |
| Río Grey               | Río Grey antes junta Serrano         | GR-10           | 23/01/2018<br>18/04/2018<br>11/07/2018<br>25/10/2018 | 23/01/2019<br>25/04/2019<br>23/07/2019<br>03/10/2019 |
| Río Las Chinas         | Río Las Chinas en Cerro Guido        | CH-10           | 23/01/2018<br>17/04/2018<br>10/07/2018               | 22/01/2019<br>23/04/2019<br>23/07/2019               |

| Nombre área vigilancia | Nombre estación de monitoreo          | Código estación | Campañas 2018  | Campañas 2019  |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------|--|--|
|                        |                                       |                 | 23/10/2018   | 02/10/2019   |
| Río Baguales           | Río Baguales en Cerro Guido           | BA-10           | 24/01/2018<br>20/04/2018<br>12/07/2018<br>26/10/2018 | 25/01/2019<br>24/04/2019<br>24/07/2019<br>04/10/2019 |
| Río Vizcachas          | Río Vizcachas en Cerro Guido          | VI-10           | 24/01/2018<br>20/04/2018<br>12/07/2018<br>26/10/2018 | 25/01/2019<br>24/04/2019<br>24/07/2019<br>04/10/2019 |
| Río Don Guillermo      | Río Don Guillermo en Cerro Castillo   | DG-10           | 24/01/2018<br>19/04/2018<br>10/07/2018<br>26/10/2018 | 24/04/2019<br>24/07/2019<br>04/10/2019               |
| Río Tres Pasos         | Río Chorrillo Tres Pasos en Ruta N° 9 | TP-10           | 24/01/2018<br>19/04/2018<br>13/07/2018<br>26/10/2018 | 25/01/2019<br>24/04/2019<br>24/07/2019<br>04/10/2019 |

En vista de lo anterior, es posible indicar que en el periodo 2018-2019 se efectuaron los monitoreos en todas las áreas de vigilancias y estaciones definidas para la Red de Control establecida en las NSCA río Serrano, con la única excepción de DG-10 en verano de 2019, donde no había escurrimiento y por lo tanto no se pudo muestrear en la campaña de verano.

#### 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 rojo 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 2018 - diciembre 2019 (Fuente: elaboración propia).**

| Parámetros       | Frecuencia |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | PA-10      | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |
| Molibdeno        | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/3   | 4/4   |
| Níquel           | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/3   | 4/4   |
| Oxígeno Disuelto | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/3   | 4/4   |
| pH               | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/3   | 4/4   |
| Plomo            | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 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   | -     | 4/4   |
| Selenio          | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/3   | 4/4   |
| Sulfato          | 4/4        | 4/4   | 4/4   | 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 2018/ Número de campañas efectuadas en el año 2019.

Desatacado en rojo los parámetros no medidos o medidos 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 incorpora la medición de Coliformes Fecales en la estación CH-10 como parte de la Red de Control.

Durante el periodo 2018, se midieron todos los parámetros según lo fijado en la NSCA, a diferencia del periodo 2019, cuando todos los parámetros se monitorearon con menor frecuencia en el área de vigilancia DG-10.

Adicionalmente, el parámetro Coliformes Fecales, responsabilidad de la Seremi de Salud de la región de Magallanes y Antártica Chilena, fue informado en todas las campañas de monitoreo para la estación SE-10 donde su análisis es obligatorio según la NSCA, al igual que en la estación CH-10 incorporada en el Programa de Vigilancia.

## 5.5. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 12° 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.                 | Descritas 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, según Res. Ex. N° 3307, de 2011 y Res. Ex. N° 277, de 2012:

**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 Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (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 Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (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 Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (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 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 Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (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    |

| Parámetro        | Metodología  | Referencia  |
|------------------|--|---|
|                  | Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (ICP)                             | 3120 B. Standard Methods                                      |
| Magnesio         | Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Óxido nitroso –Acetileno | 3111 B. Standard Methods                                      |
| Manganeso        | Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno          | 3111 B. Standard Methods                                      |
|                  | Método espectrométrico de Absorción Atómica electrotérmica                               | 3113 B. Standard Methods                                      |
|                  | Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma (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 espectrométrico 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 espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno       | 3111 D. Standard Methods <sup>(5)</sup>                       |
| Níquel           | Método espectrométrico 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 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 espectrométrico 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 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 espectrométrico de Absorción Atómica con generación manual de hidruros            | 3114 B. Standard Methods                                      |
|                  | Método espectrométrico 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                                   |
| 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>(5)</sup> |
| Zinc             | Método de espectroscopía de Absorción Atómica con llama directa Aire –Acetileno          | 3111 B. Standard Methods                                      |

| Parámetro | Metodología   | Referencia               |
|-----------|---|--------------------------|
|           | Método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío                        | 3120 B. Standard Methods |
|           | Método de Espectroscopía de emisión acoplada de plasma/Espectroscopía de masas (ICP/MS) | 3125 B. Standard Methods |

<sup>(5)</sup> Metodología incorporada en Programa de Vigilancia, según Res. Ex. 3307/2011.

En referencia de las metodologías utilizadas por la DGA, sobre las muestras obtenidas en las ocho campañas ejecutadas durante el periodo 2018-2019, 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.01  | Instructivo de muestreo para aguas de superficiales             |
| LADGA-IM-03 v.02  | Instructivo de preservación de muestras y etiquetado de envases |
| LADGA-IM-06 v.02  | Instructivo de envío y traslado de muestras                     |
| LADGA-IM-09 v.01  | 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° 19, de 2020 y ORD. Seremi Salud Magallanes N° 859/2019)**

| Parámetro | Metodología Analítica  | Referencia  |
|-----------|--|---|
| Aluminio  | Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno | 3111 D. Standard Methods  |
| Cadmio    | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| Calcio    | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno   | 3111 B. Standard Methods  |
| Cloruro   | Método de Nitrato mercúrico  | 4500 Cl – C. Standard Methods   |
| Cobre     | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno   | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)                       |

| Parámetro          | Metodología Analítica  | Referencia  |
|--------------------|--|---|
|                    |  | ISO 17294-2 (2016)  |
| Coliformes Fecales | Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes | 9221 E. Standard Methods  |
| Cromo              | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno           | 3111 B. Standard Methods  |
|                    | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| 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  |
|                    | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods  |
| Molibdeno          | Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa Aire Acetileno         | 3111 D. Standard Methods  |
|                    | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| Níquel             | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| Plomo              | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno           | 3111 B. Standard Methods  |
|                    | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| Selenio            | Espectrometría ICP-Masa  | 3125 B. Standard Methods<br>EPA 200.8 (1994)<br>EPA 6020 B (2014)<br>ISO 17294-2 (2016) |
| Sodio              | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno           | 3111 B. Standard Methods  |
| Sulfato            | Método turbidimétrico  | 4500 SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> E. Standard Methods                                   |
| Zinc               | Espectroscopía de absorción atómica con llama directa Aire – Acetileno           | 3111 B. Standard Methods  |

De lo anterior se identificó que durante el periodo 2019, las metodologías usadas para la cuantificación de la mayoría de los parámetros (Aluminio, Calcio, Cloruros, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Sodio, Sulfatos y Zinc) coincidieron con las fijadas en las NSCA y/o PV. En el caso de Cadmio, Cobre, Cromo, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio en

todas las campañas, contemplaron métodos basados en una metodología enunciada en la NSCA, lo que para efectos del análisis se consideró válido, en consideración a que con ello, se alcanzó niveles de sensibilidad más altos, lo que también ocurrió durante el periodo 2018, según da cuenta el expediente **DFZ-2019-1813-XII-NC**.

- Límites de detección: El requisito asociado a los límites de detección de las metodologías utilizadas en el análisis de los parámetros y fracciones de los mismos, cuando su determinación resulte ser el límite de detección, establece que éste debe ser igual o menor al 80% del valor normativo. Al respecto, es posible indicar que los parámetros Molibdeno, Níquel y Plomo en verano de 2018 y Selenio en primavera de 2019 aún reflejan niveles de detección por sobre los valores normados, no pudiéndose identificar el cumplimiento de la normativa en ninguna o la mayoría de las áreas de vigilancia en estudio, lo que ocurre igualmente para Cromo en verano de 2018 en CH-10.
- Tiempos de preservación: se evaluó también 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 las tablas desde la **Tabla 8** a **Tabla 11**.

En este análisis no se consideraron los parámetros Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y pH debido a que sus mediciones son realizadas en terreno.

**Tabla 8. Tiempo de almacenamiento (días) previo análisis muestras de campaña de verano de 2019 (Adaptado de los antecedentes remitidos según oficios Ord. DGA N° 19, de 2020)**

| Parámetro          | Tiempo máximo almacenamiento <sup>(6)</sup> | PA-10    | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |    |
|--------------------|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Al                 | 180 días                                    | 128      | 128   | 47    | 127   | 128   | 125   | 125   | SM    | 125   |    |
| Cd                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Cl <sup>-</sup>    | 30 días                                     | 27       | 27    | 29    | 26    | 27    | 24    | 24    | SM    | 24    |    |
| Cu                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Coliformes Fecales | 1 día                                       | -        | 1     | -     | -     | 1     | -     | -     | -     | -     |    |
| Cr                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Fe                 | 180 días                                    | 59       | 59    | 47    | 58    | 59    | 56    | 56    | SM    | 56    |    |
| Mn                 | 180 días                                    | 59       | 59    | 47    | 58    | 59    | 56    | 56    | SM    | 56    |    |
| Hg                 | 30 días                                     | 17       | 17    | 14    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Mo                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Ni                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| Pb                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |
| RAS                | Ca <sup>+2</sup>                            | 180 días | 98    | 98    | 86    | 97    | 98    | 95    | 95    | SM    | 95 |
|                    | Mg <sup>+2</sup>                            | 180 días | 98    | 98    | 86    | 97    | 98    | 95    | 95    | SM    | 95 |
|                    | Na <sup>+</sup>                             | 180 días | 92    | 92    | 86    | 91    | 92    | 89    | 89    | SM    | 89 |
| Se                 | 180 días                                    | 17       | 17    | 24    | 16    | 17    | 14    | 14    | SM    | 14    |    |

| Parámetro                     | Tiempo<br>máximo<br>almacenami<br>ento <sup>(6)</sup> | PA-10 | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 28 días   | 28    | 28    | 34    | 27    | 28    | 25    | 25    | SM    | 25    |
| Zn                            | 180 días  | 56    | 56    | 47    | 55    | 56    | 53    | 53    | SM    | 53    |

En rojo los parámetros analizados que excedieron el tiempo recomendado de preservación antes del análisis según referencia

<sup>(6)</sup> Tiempos de manejo de muestras y preservación según i) método 1060 SM para Aluminio, Cadmio, Cobre, Coliformes Fecales, Cromo Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Sulfato y Zinc; ii) NCh411/3.Of96 para Cloruro y Mercurio, y iii) y método 3010 SM para Calcio, Magnesio y Sodio.

**Tabla 9. Tiempo de almacenamiento (días) previo análisis muestras de campaña de otoño de 2019 (Adaptado de los antecedentes remitidos según oficios Ord. DGA N° 19, de 2020)**

| Parámetro                     | Tiempo<br>máximo<br>almacenami<br>ento <sup>(6)</sup> | PA-10    | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |
|-------------------------------|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al                            | 180 días  | 51       | 51    | 49    | 49    | 51    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| Cd                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Cl <sup>-</sup>               | 30 días   | 17       | 17    | 20    | 15    | 17    | 16    | 16    | 16    | 16    |
| Cu                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Coliformes Fecales            | 1 día   | -        | 1     | -     | -     | 1     | -     | -     | -     | -     |
| Cr                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Fe                            | 180 días  | 31       | 31    | 18    | 29    | 31    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| Mn                            | 180 días  | 30       | 30    | 18    | 28    | 30    | 29    | 29    | 29    | 29    |
| Hg                            | 30 días   | 14       | 14    | 7     | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Mo                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Ni                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Pb                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| RAS                           | Ca <sup>+2</sup>                                      | 180 días | 66    | 66    | 28    | 64    | 66    | 65    | 65    | 65    |
|                               | Mg <sup>+2</sup>                                      | 180 días | 66    | 66    | 28    | 64    | 66    | 65    | 65    | 65    |
|                               | Na <sup>+</sup>                                       | 180 días | 66    | 66    | 28    | 64    | 66    | 65    | 65    | 64    |
| Se                            | 180 días  | 14       | 14    | 21    | 12    | 14    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 28 días   | 22       | 22    | 19    | 20    | 22    | 21    | 21    | 21    | 21    |
| Zn                            | 180 días  | 31       | 31    | 18    | 29    | 31    | 30    | 30    | 30    | 30    |

<sup>(6)</sup> Tiempos de manejo de muestras y preservación según i) método 1060 SM para Aluminio, Cadmio, Cobre, Coliformes Fecales, Cromo Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Sulfato y Zinc; ii) NCh411/3.Of96 para Cloruro y Mercurio, y iii) y método 3010 SM para Calcio, Magnesio y Sodio.

**Tabla 10. Tiempo de almacenamiento (días) previo análisis muestras de campaña de invierno de 2019 (Adaptado de los antecedentes remitidos según oficios Ord. DGA N° 19, de 2020)**

| Parámetro       | Tiempo<br>máximo<br>almacenami<br>ento <sup>(6)</sup> | PA-10 | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |
|-----------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al              | 180 días  | 31    | 31    | 70    | 31    | 31    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| Cd              | 180 días  | 15    | 15    | 35    | 15    | 15    | 14    | 14    | 14    | 14    |
| Cl <sup>-</sup> | 30 días   | 10    | 10    | 19    | 10    | 10    | 9     | 9     | 9     | 9     |

|                               |                  |          |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|------------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Cu                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Coliformes Fecales            | 1 día            | -        | 1  | -  | -  | 1  | -  | -  | -  | -  |
| Cr                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Fe                            | 180 días         | 31       | 31 | 34 | 31 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Mn                            | 180 días         | 31       | 31 | 70 | 31 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Hg                            | 30 días          | 14       | 14 | 35 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Mo                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Ni                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Pb                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| RAS                           | Ca <sup>+2</sup> | 180 días | 17 | 17 | 32 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 |
|                               | Mg <sup>+2</sup> | 180 días | 17 | 17 | 32 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 |
|                               | Na <sup>+</sup>  | 180 días | 17 | 17 | 32 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 |
| Se                            | 180 días         | 15       | 15 | 35 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 28 días          | 20       | 20 | 22 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| Zn                            | 180 días         | 31       | 31 | 33 | 31 | 31 | 30 | 30 | 30 | 30 |

En rojo los parámetros analizados que excedieron el tiempo recomendado de preservación antes del análisis según referencia

<sup>(6)</sup> Tiempos de manejo de muestras y preservación según i) método 1060 SM para Aluminio, Cadmio, Cobre, Coliformes Fecales, Cromo Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Sulfato y Zinc; ii) NCh411/3.Of96 para Cloruro y Mercurio, y iii) y método 3010 SM para Calcio, Magnesio y Sodio.

**Tabla 11. Tiempo de almacenamiento (días) previo análisis muestras de campaña de primavera de 2019 (Adaptado de los antecedentes remitidos según oficios Ord. DGA N° 19, de 2020)**

| Parámetro                     | Tiempo máximo almacenamiento <sup>(6)</sup> | PA-10    | SE-10 | SE-20 | GR-10 | CH-10 | BA-10 | VI-10 | DG-10 | TP-10 |
|-------------------------------|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Al                            | 180 días                                    | 106      | 106   | 38    | 105   | 106   | 104   | 104   | 104   | 104   |
| Cd                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Cl <sup>-</sup>               | 30 días                                     | 9        | 9     | 21    | 8     | 9     | 7     | 7     | 7     | 7     |
| Cu                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Coliformes Fecales            | 1 día                                       | -        | 1     | -     | -     | 1     | -     | -     | -     | -     |
| Cr                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Fe                            | 180 días                                    | 13       | 13    | 38    | 12    | 13    | 11    | 11    | 11    | 11    |
| Mn                            | 180 días                                    | 13       | 13    | 38    | 12    | 13    | 11    | 11    | 11    | 11    |
| Hg                            | 30 días                                     | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Mo                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Ni                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Pb                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| RAS                           | Ca <sup>+2</sup>                            | 180 días | 12    | 12    | 33    | 11    | 12    | 10    | 10    | 10    |
|                               | Mg <sup>+2</sup>                            | 180 días | 12    | 12    | 33    | 11    | 12    | 10    | 10    | 10    |
|                               | Na <sup>+</sup>                             | 180 días | 12    | 12    | 33    | 11    | 12    | 10    | 10    | 10    |
| Se                            | 180 días                                    | 15       | 15    | 33    | 14    | 15    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 28 días                                     | 8        | 8     | 20    | 7     | 8     | 6     | 6     | 6     | 6     |
| Zn                            | 180 días                                    | 13       | 13    | 38    | 12    | 13    | 11    | 11    | 11    | 11    |

En rojo los parámetros analizados que excedieron el tiempo recomendado de preservación antes del análisis según referencia

<sup>(6)</sup> Tiempos de manejo de muestras y preservación según i) método 1060 SM para Aluminio, Cadmio, Cobre, Coliformes Fecales, Cromo Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Sulfato y Zinc; ii) NCh411/3.Of96 para Cloruro y Mercurio, y iii) y método 3010 SM para Calcio, Magnesio y Sodio.

Según da cuenta el expediente **DFZ-2019-1813-XII-NC**, durante el año 2018, sólo el parámetro Mercurio se analizó fuera del tiempo máximo de almacenamiento durante la campaña de invierno en la mayoría de las estaciones, con la única excepción de la estación Río Serrano en desembocadura (SE-20).

En las tablas anteriores se identifica que, de los parámetros efectivamente analizados durante el periodo 2019, el Mercurio también fue analizado excediendo el tiempo máximo de almacenamiento durante las campañas de invierno y primavera en la estación SE-20, donde ocurrió lo mismo con Sulfato durante la campaña de verano. El resto de los parámetros fueron analizados dentro del tiempo definido en las referencias respectivas.

## 6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

## 6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El Artículo 5º 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 12**.

**Tabla 12. 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 |
| RAS <sup>(7)</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>(7)</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 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,  $n_1 < n_2 < n_k < n_{k-1} < n_n$ , 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 2018-2019, la que será abordada como sigue:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Aluminio, Cadmio, Cloruro, Cobre, Coliformes Fecales, Conductividad Eléctrica, Hierro, Manganeso, Oxígeno, pH, RAS y Zinc en todas las áreas de vigilancia con la única excepción de DG-10 en río don Guillermo, cuya frecuencia de monitoreo no lo permitió; Sulfato en la mayoría de las áreas de vigilancia, con la salvedad de SE-20 y DG-10 en río Don Guillermo; y Cromo en SE-20 en el río Serrano y VI-10 en río Vizcachas.
- Parámetros analizables de forma referencial: Todos los parámetros en DG-10 del río Don Guillermo, y adicionalmente Mercurio, Molibdeno, Níquel y Plomo en todas las áreas de vigilancia; Cromo en todas las áreas de vigilancia a excepción de SE-20 en el río Serrano y VI-10 en río Vizcachas; y Sulfato en SE-20 en río Serrano.

## 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 2018-2019. Toda la información utilizada para la evaluación, junto con los resultados de la aplicación de criterios de cumplimiento, se encuentran expuestos en el **Anexo 5**.

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 13** a la **Tabla 21**:

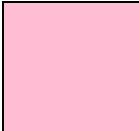
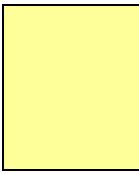
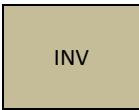
|   |  |
|---|--|
|    | Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento supera los límites máximos permisibles, es decir, el resultado es mayor al 100% respecto del límite establecido en las NSCA río Serrano (o bajo al 100% para el caso de Oxígeno disuelto, en concentración). Esta condición 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 <u>referencial</u> debido a que no se cuenta con el número mínimo de resultados válidos en el período bienal analizado (cuatro por año) según NSCA río Serrano.   |
|  | Corresponden a aquellos parámetros que no disponen de registros en todas o algunas de las campañas de muestreo consideradas en las NSCA río Serrano (SM: Sin Medición).  |
|  | Corresponde a datos inválidos por uso de una metodología distinta a la fijada en las normas o en el PV río Serrano (INV: Invalidado).  |
|  | 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 (INV: Invalidado).   |
|  | Corresponde a datos inválidos por ejecución de análisis de laboratorio fuera del tiempo máximo de almacenamiento de las muestras (INV: Invalidado).  |

Tabla 13. Verificación NSCA en estación PA-10, Río Paine en Parque Nacional 2. Área de Vigilancia Río Paine

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| Al                            | mg/L                | 1,6         | 0,7        | 0,6           | < 0,6          | 0,6         | 2,0        | < 0,6         | 1,2            | 0,7          | 9,0         | 7,8                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0003        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | 0,4         | 0,7        | 0,5           | 1,7            | < 0,4       | < 0,4      | 0,4           | < 0,4          | 0,4          | 8,0         | 5,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cu                            | mg/L                | 0,0015      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0006         | 0,0010      | 0,0011     | 0,0011        | < 0,003        | 0,0011       | 0,05        | 2,2                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| CE                            | µS/cm               | 35          | 38         | 44            | 45             | 38          | 39         | 48            | 44             | 44           | 80          | 55,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cr                            | mg/L                | INV         | < 0,0006   | 0,0074        | 0,0006         | 0,0017      | 0,0007     | 0,0009        | < 0,003        | 0,0017       | 0,06        | 2,8                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Fe                            | mg/L                | 1,59        | 0,99       | 0,83          | 0,37           | 1,22        | 3,18       | 0,77          | 0,98           | 0,99         | 16,0        | 6,2                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Mn                            | mg/L                | 0,05        | 0,04       | 0,03          | < 0,01         | 0,03        | 0,09       | 0,03          | 0,04           | 0,04         | 0,3         | 13,3               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003    | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | 0,0088        | < 0,0003       | 0,0016      | 0,0013     | 0,0013        | < 0,0003       | 0,0013       | 0,01        | 13,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 14,39       | 10,70      | 15,18         | 16,59          | 11,95       | 16,17      | 18,07         | 16,47          | 16,17        | 9,8         | 165,0              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                              |
| pH                            | Unidad              | 7,74        | 7,46       | 7,90          | 6,93           | 7,74        | 7,76       | 7,59          | 7,32           | 7,74         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(8)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | < 0,00025  | 0,01617       | < 0,00025      | 0,00119     | 0,00090    | 0,00077       | < 0,003        | 0,00119      | 0,01        | 11,9               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| RAS                           | -                   | 0,09        | 0,08       | 0,11          | 0,12           | 0,07        | 0,09       | 0,11          | 0,11           | 0,11         | 0,2         | 55,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 7,9         | 7,5        | 6,1           | 7,2            | 4,1         | 6,5        | 5,9           | 5,2            | 6,5          | 5,0         | 130,0              | Percentil 66 por sobre umbral máximo, configura incumplimiento normativo.                              |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | 0,02           | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,04        | < 25,0             | 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 PA-10 el percentil 33 correspondió a 7,46 unidades de pH.

**Tabla 14. Verificación NSCA en estación SE-10, Río Serrano en desagüe Lago del Toro. Área de Vigilancia Río Serrano**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| AI                            | mg/L                | < 0,6       | < 0,6      | < 0,6         | < 0,6          | < 0,6       | < 0,6      | < 0,6         | < 0,6          | < 0,6        | 1,0         | < 60,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0002        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | 1,1         | 1,5        | 1,5           | 1,9            | 1,0         | < 0,4      | 1,4           | 1,1            | 1,4          | 10,0        | 14,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cu                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,003        | < 0,0005     | 0,08        | < 0,6              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Coliformes Fecales            | NMP/10 0mL          | < 1,8       | < 1,8      | < 1,8         | < 1,8          | < 1,8       | < 1,8      | < 1,8         | < 1,8          | < 1,8        | 10          | < 18,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| CE                            | µS/cm               | 69          | 78         | 75            | 69             | 78          | 68         | 80            | 74             | 75           | 180         | 41,7               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Cr                            | mg/L                | INV         | < 0,0006   | < 0,0006      | < 0,0006       | < 0,0006    | < 0,0006   | < 0,0006      | < 0,003        | < 0,0006     | 0,06        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Fe                            | mg/L                | 0,04        | 0,03       | 0,06          | < 0,02         | 0,05        | 0,11       | 0,06          | 0,07           | 0,06         | 1,0         | 6,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Mn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,1         | < 10,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0004      | < 0,0003   | 0,0004        | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003    | 0,0003     | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,15       | 10,02      | 12,80         | 13,65          | 10,28       | 13,04      | 15,26         | 13,24          | 13,04        | 9,5         | 137,3              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                              |
| pH                            | Unidad              | 7,94        | 7,60       | 7,18          | 7,82           | 7,56        | 7,90       | 7,86          | 7,67           | 7,82         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(9)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | < 0,00025  | 0,00397       | < 0,00025      | < 0,00025   | < 0,00025  | < 0,00025     | < 0,003        | < 0,00025    | 0,01        | < 2,5              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| RAS                           | -                   | 0,21        | 0,39       | 0,26          | 0,25           | 0,25        | 0,18       | 0,26          | 0,23           | 0,25         | 0,5         | 49,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                              |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                  |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 8,0         | 10,4       | 7,1           | 8,2            | 6,7         | 8,5        | 8,2           | 6,7            | 8,2          | 13,0        | 63,1               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo                               |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,02        | < 50,0             | 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-10 el percentil 33 correspondió a 7,60 unidades de pH.

**Tabla 15. Verificación NSCA en estación SE-20, Río Serrano en desembocadura. Área de Vigilancia Río Serrano**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones   |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|---|
| AI                            | mg/L                | 2,5         | 1,2        | < 0,6         | 0,7            | 1,2         | 1,2        | 1,9           | 1,8            | 1,2          | 3,0         | 40,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0003        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,003       | < 0,003        | 0,0001       | < 0,01      | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | 5,1         | 1,2        | 4,0           | 2,6            | 0,6         | 0,6        | 1,6           | 0,6            | 1,6          | 8,0         | 20,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cu                            | mg/L                | < 0,0005    | 0,0010     | < 0,0005      | < 0,0005       | 0,0037      | < 0,0005   | < 0,003       | 0,003          | 0,001        | 0,01        | 10,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| CE                            | µS/cm               | 36          | 55         | 59            | 40             | 45          | 60         | 68            | 15             | 55           | 80          | 68,8               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cr                            | mg/L                | 0,05        | 0,0007     | 0,0057        | < 0,0006       | 0,1011      | < 0,0006   | < 0,003       | < 0,003        | < 0,003      | 0,01        | < 30,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Fe                            | mg/L                | 1,90        | 1,20       | 0,97          | 3,06           | 1,89        | 1,00       | 0,99          | 1,78           | 1,78         | 3,0         | 59,3               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Mn                            | mg/L                | 0,13        | 0,07       | 0,04          | 0,09           | 0,08        | 0,08       | 0,07          | 0,09           | 0,08         | 0,2         | 40,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0109      | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| Ni                            | mg/L                | INV         | 0,0046     | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003    | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,80       | 12,09      | 11,85         | 11,14          | 12,53       | 14,63      | 14,27         | 12,62          | 12,62        | 7,9         | 159,7              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                               |
| pH                            | Unidad              | 7,26        | 6,43       | 7,54          | 7,51           | 7,43        | 7,25       | 7,14          | 7,13           | 7,26         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(10)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | 0,00264    | 0,01299       | < 0,00025      | 0,00157     | < 0,00025  | < 0,003       | < 0,003        | < 0,003      | 0,01        | < 30,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| RAS                           | -                   | 0,11        | 0,15       | 0,19          | 0,13           | 0,14        | 0,19       | 0,20          | 0,11           | 0,150        | 0,4         | 37,5               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 14,9        | 14,4       | 5,2           | 9,2            | INV         | 6,8        | 6,9           | 6,3            | 9,2          | 5,0         | 184,0              | Percentil 66 por sobre umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.                   |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | 0,01       | < 0,01        | 0,02           | 0,01        | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,04        | < 25,0             | 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 SE-20 el percentil 33 correspondió a 7,14 unidades de pH.

**Tabla 16. Verificación NSCA en estación GR-10, Río Grey antes junta Serrano. Área de Vigilancia Río Grey**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma  | Observaciones   |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|---|---|
| AI                            | mg/L                | 1,6         | 1,1        | 1,4           | 1,3            | 1,4         | 1,7        | 1,7           | 1,9            | 1,6          | 3,0         | 53,3  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | 0,0003     | 0,0003        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | 0,6         | 0,6        | 0,8           | 1,3            | 0,5         | < 0,4      | 0,8           | 0,4            | 0,6          | 8,5         | 7,1   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cu                            | mg/L                | 0,0012      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0012         | 0,0015      | 0,0009     | 0,0012        | < 0,003        | 0,001        | 0,07        | 1,7   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| CE                            | µS/cm               | 26          | 33         | 49            | 36             | 28          | 31         | 46            | 31             | 33           | 340         | 9,7   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Cr                            | mg/L                | INV         | 0,0101     | 0,0101        | 0,0018         | 0,0029      | 0,0007     | 0,0015        | < 0,003        | < 0,003      | 0,06        | < 5,0   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| Fe                            | mg/L                | 0,99        | 1,72       | 1,30          | 0,87           | 1,84        | 2,30       | 1,55          | 1,34           | 1,55         | 5,0         | 31,0  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Mn                            | mg/L                | 0,04        | 0,06       | 0,05          | < 0,01         | 0,06        | 0,07       | 0,05          | 0,04           | 0,05         | 0,08        | 62,5  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0005      | < 0,0003   | 0,0004        | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0   | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0027      | 0,0013     | 0,0016        | < 0,0003       | 0,0013       | 0,01        | 13,0  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 13,27       | 11,42      | 13,29         | 15,41          | 11,00       | 15,32      | 16,09         | 14,29          | 14,29        | 8,6         | 166,2   | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                               |
| pH                            | Unidad              | 7,91        | 6,65       | 7,14          | 7,30           | 6,70        | 7,23       | 7,63          | 7,26           | 7,26         | 7-8         | -   | Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo <sup>(11)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | 0,01586    | 0,01586       | < 0,00025      | 0,00181     | 0,00090    | 0,00141       | < 0,003        | < 0,003      | 0,01        | < 30,0  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                   |
| RAS                           | -                   | 0,09        | 0,08       | 0,11          | 0,11           | 0,09        | 0,08       | 0,11          | 0,09           | 0,092        | 0,7         | 13,1  | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                               |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | 0,001        | < 50,0      | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial. |   |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 5,4         | 5,4        | 6,6           | 5,7            | 2,4         | 5,0        | 5,0           | 3,3            | 5,4          | 5,0         | 108,0   | Percentil 66 por sobre umbral máximo, configura incumplimiento normativo.                               |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,02        | < 50,0  | 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 GR-10 el percentil 33 correspondió a 7,14 unidades de pH.

**Tabla 17. Verificación NSCA en estación CH-10, Río Las Chinas en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Las Chinas**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| AI                            | mg/L                | 1,3         | < 0,6      | 11,3          | 10,8           | < 0,6       | 9,5        | < 0,6         | 6,7            | 6,7          | 10,0        | 67,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0013        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | < 0,4       | 0,5        | 1,6           | 1,7            | < 0,4       | < 0,4      | < 0,4         | 0,6            | 0,5          | 8,0         | 6,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cu                            | mg/L                | 0,0013      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0112         | 0,0019      | < 0,0005   | 0,0010        | 0,0030         | 0,001        | 0,05        | 2,6                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Coliformes Fecales            | NMP/10 0mL          | 14          | 79         | 130           | 7              | 49          | 33         | 22            | 13             | 33           | -           | -                  | Parámetro no normado para esta estación.   |
| CE                            | µS/cm               | 158         | 122        | 141           | 103            | 153         | 154        | 271           | 133            | 153          | 300         | 51,0               | Parámetro no normado para esta estación.   |
| Cr                            | mg/L                | INV         | 0,0006     | 0,2852        | 0,0105         | 0,0019      | 0,0006     | 0,0006        | 0,003          | 0,003        | 0,05        | 6,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Fe                            | mg/L                | 1,59        | 0,82       | 35,59         | 16,46          | 1,49        | 17,11      | 0,47          | 5,19           | 5,19         | 12,7        | 40,9               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Mn                            | mg/L                | 0,03        | 0,01       | 0,78          | 0,19           | 0,02        | 0,19       | 0,01          | 0,08           | 0,08         | 2,0         | 4,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003    | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | 0,3207        | < 0,0003       | 0,0016      | < 0,0003   | 0,0011        | 0,003          | 0,0016       | 0,01        | 16,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 11,09       | 9,60       | 15,04         | 14,94          | 10,03       | 14,01      | 17,19         | 14,84          | 14,84        | 7,0         | 212,0              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                        |
| pH                            | Unidad              | 8,11        | 8,12       | 7,64          | 8,62           | 8,27        | 7,96       | 8,41          | 7,59           | 8,12         | 7-8         | -                  | Percentil 66 sobre umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(12)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | <0,00025   | 0,21992       | <0,00025       | 0,00154     | <0,00025   | 0,00035       | < 0,003        | 0,00154      | 0,01        | 15,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| RAS                           | -                   | 0,37        | 0,39       | 0,32          | 0,25           | 0,35        | 0,28       | 0,44          | 0,34           | 0,347        | 1,0         | 34,7               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0010         | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 32,4        | 30,7       | 27,6          | 12,9           | 24,2        | 26,0       | 33,4          | 15,3           | 27,6         | 56,0        | 49,3               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | 0,10          | 0,05           | < 0,01      | 0,03       | < 0,01        | 0,01           | 0,01         | 0,09        | 11,1               | 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 CH-10 el percentil 33 correspondió a 7,96 unidades de pH.

Tabla 18. Verificación NSCA en estación BA-10, Río Baguales en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Baguales

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| AI                            | mg/L                | 0,6         | 6,2        | 0,8           | 4,9            | < 0,6       | < 0,6      | < 0,6         | 1,5            | 0,8          | 7,0         | 11,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0001        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,0001       | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | < 0,4       | < 0,4      | < 0,4         | 2,4            | < 0,4       | < 0,4      | 0,5           | < 0,4          | < 0,4        | 10,0        | < 4,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cu                            | mg/L                | 0,0008      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0058         | < 0,0005    | 0,0007     | 0,0006        | < 0,003        | 0,0007       | 0,09        | 0,8                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| CE                            | µS/cm               | 231         | 191        | 219           | 124            | 293         | 210        | 330           | 202            | 219          | 370         | 59,2               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cr                            | mg/L                | INV         | < 0,0006   | 0,0067        | 0,0040         | < 0,0006    | < 0,0006   | < 0,0006      | < 0,003        | < 0,003      | 0,06        | < 5,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Fe                            | mg/L                | 0,37        | 10,08      | 0,97          | 7,83           | 0,16        | 0,95       | 0,43          | 1,39           | 0,97         | 35,0        | 2,8                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Mn                            | mg/L                | < 0,01      | 0,19       | 0,04          | 0,15           | < 0,01      | 0,03       | 0,02          | 0,03           | 0,03         | 0,7         | 4,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,010       | < 5,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0005      | < 0,0003   | 0,0005        | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0006      | 0,0008     | 0,0007        | < 0,0003       | 0,0006       | 0,01        | 6,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,14       | 11,10      | 13,97         | 12,08          | 9,27        | 15,45      | 15,37         | 14,90          | 13,97        | 9,2         | 151,8              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                        |
| pH                            | Unidad              | 8,26        | 7,90       | 8,03          | 7,61           | 9,28        | 7,56       | 7,88          | 8,14           | 8,03         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 sobre umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(13)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | <0,00025   | 0,00800       | <0,00025       | <0,00025    | <0,00025   | <0,00025      | <0,003         | <0,00025     | 0,01        | < 2,5              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| RAS                           | -                   | 0,56        | 0,54       | 0,63          | 0,47           | 0,63        | 0,50       | 0,68          | 0,57           | 0,569        | 0,8         | 71,1               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0005         | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 24,2        | 22,5       | 19,2          | 8,6            | 24,5        | 26,6       | 24,3          | 15,0           | 24,2         | 30,0        | 80,7               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | 0,03       | < 0,01        | 0,02           | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,04        | < 25,0             | 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 BA-10 el percentil 33 correspondió a 7,88 unidades de pH.

Tabla 19. Verificación NSCA en estación VI-10, Río Vizcachas en Cerro Guido. Área de Vigilancia Río Vizcachas

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| AI                            | mg/L                | 0,6         | 4,3        | 0,8           | 6,8            | < 0,6       | 0,7        | < 0,6         | 1,8            | 0,8          | 6,0         | 13,3               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0002        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | < 0,4       | < 0,4      | < 0,4         | 2,6            | < 0,4       | < 0,4      | 0,4           | < 0,4          | < 0,4        | 11,0        | < 3,6              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cu                            | mg/L                | 0,0007      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0069         | 0,0005      | 0,0007     | 0,0007        | < 0,003        | 0,001        | 0,06        | 1,2                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| CE                            | µS/cm               | 194         | 171        | 220           | 121            | 245         | 210        | 325           | 186            | 210          | 360         | 58,3               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cr                            | mg/L                | < 0,05      | < 0,0006   | 0,0062        | 0,0045         | 0,0018      | < 0,0006   | < 0,0006      | < 0,003        | < 0,003      | 0,08        | 3,8                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Fe                            | mg/L                | 0,33        | 8,04       | 0,98          | 3,03           | 0,26        | 1,47       | 0,45          | 1,49           | 1,47         | 28,0        | 5,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Mn                            | mg/L                | < 0,01      | 0,16       | 0,04          | 0,18           | < 0,01      | 0,04       | 0,02          | 0,04           | 0,04         | 0,6         | 6,7                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0006      | < 0,0003   | 0,0005        | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0018      | 0,0009     | 0,0007        | < 0,0003       | 0,0007       | 0,03        | 2,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,72       | 9,06       | 13,98         | 12,01          | 7,44        | 14,34      | 15,17         | 13,97          | 13,97        | 7,3         | 191,4              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                        |
| pH                            | Unidad              | 8,54        | 7,54       | 8,59          | 7,44           | 8,05        | 7,49       | 8,25          | 8,17           | 8,17         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 sobre umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(14)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | <0,00025   | 0,00873       | <0,00025       | <0,00025    | 0,00025    | <0,00025      | < 0,003        | <0,00025     | 0,01        | < 2,5              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| RAS                           | -                   | 0,57        | 0,58       | 0,63          | 0,45           | 0,68        | 0,51       | 0,68          | 0,56           | 0,577        | 0,8         | 72,2               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0006         | 0,0009      | < 0,0005   | 0,0007        | INV            | 0,0006       | 0,001       | 60,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 17,0        | 21,5       | 18,9          | 7,1            | 23,4        | 25,4       | 23,7          | 15,3           | 21,5         | 28,0        | 76,8               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | 0,01       | < 0,01        | 0,02           | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,09        | < 11,1             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |

<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 VI-10 el percentil 33 correspondió a 7,54 unidades de pH.

**Tabla 20. Verificación NSCA en estación DG-10, Río Don Guillermo en Cerro Castillo. Área de Vigilancia Río Don Guillermo**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones   |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|---|
| AI                            | mg/L                | < 0,6       | < 0,6      | 5,7           | < 0,6          | SM          | < 0,6      | < 0,6         | < 0,6          | < 0,6        | 1,0         | < 60,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0004        | < 0,0001       | SM          | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | < 0,4       | < 0,4      | 5,9           | 2,3            | SM          | < 0,4      | 0,5           | < 0,4          | 0,5          | 26,0        | 1,9                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Cu                            | mg/L                | 0,0009      | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0021         | SM          | 0,0014     | 0,0020        | < 0,003        | 0,002        | 0,06        | 3,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| CE                            | µS/cm               | 332         | 394        | 105           | 232            | SM          | 276        | 392           | 262            | 332          | 550         | 60,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Cr                            | mg/L                | < 0,05      | < 0,0006   | 0,0282        | < 0,0006       | SM          | < 0,0006   | 0,0126        | < 0,003        | 0,0126       | 0,07        | 18,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Fe                            | mg/L                | 0,07        | 0,04       | 6,96          | 0,33           | SM          | 0,46       | 0,57          | 0,37           | 0,46         | 5,0         | 9,2                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Mn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | 0,36          | < 0,01         | SM          | 0,04       | 0,04          | < 0,01         | 0,04         | 0,1         | 40,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | SM          | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | SM          | < 0,0003   | 0,0017        | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | 0,0175        | < 0,0003       | SM          | 0,0008     | 0,0061        | < 0,0003       | 0,001        | 0,008       | 8,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,65       | 10,22      | 15,03         | 12,43          | SM          | 13,69      | 14,72         | 13,87          | 13,87        | 9,3         | 149,1              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| pH                            | Unidad              | 8,50        | 7,89       | 7,65          | 7,71           | SM          | 7,56       | 7,81          | 8,22           | 7,89         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo referencial <sup>(15)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | < 0,00025  | 0,02295       | < 0,00025      | SM          | < 0,00025  | < 0,00025     | < 0,003        | < 0,00025    | 0,01        | < 2,5              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| RAS                           | -                   | 0,92        | 0,80       | 0,48          | 0,79           | SM-         | 0,80       | 0,63          | 0,75           | 0,796        | -           | -                  | Parámetro no normado para esta estación.  |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | SM          | < 0,0005   | < 0,0005      | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 31,3        | 39,5       | < 1,1         | 7,3            | SM          | 32,7       | 36,0          | 16,6           | 32,7         | 58,0        | 56,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | 0,02          | 0,02           | SM          | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,05        | < 20,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.                               |

<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 DG-10 el percentil 33 correspondió a 7,65 unidades de pH.

**Tabla 21. Verificación NSCA en estación TP-10, Río Chorrillo Tres Pasos en Ruta N°9. Área de Vigilancia Río Tres Pasos**

| Parámetro                     | Unidad              | Verano 2018 | Otoño 2018 | Invierno 2018 | Primavera 2018 | Verano 2019 | Otoño 2019 | Invierno 2019 | Primavera 2019 | Percentil 66 | Valor Norma | % Respecto a Norma | Observaciones  |
|-------------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--|
| AI                            | mg/L                | < 0,6       | < 0,6      | < 0,6         | < 0,6          | < 0,6       | < 0,6      | < 0,6         | < 0,6          | < 0,6        | 1,0         | < 60,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cd                            | mg/L                | < 0,0001    | < 0,0001   | 0,0002        | < 0,0001       | < 0,0001    | < 0,0001   | < 0,0001      | < 0,003        | < 0,0001     | 0,01        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/L                | < 0,4       | < 0,4      | 6,8           | 1,1            | < 0,4       | < 0,4      | 0,4           | < 0,4          | < 0,4        | 15,0        | < 2,7              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cu                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | 0,0010         | < 0,0005    | 0,0006     | 0,0008        | < 0,003        | 0,0006       | 0,04        | < 1,5              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| CE                            | µS/cm               | 276         | 280        | 145           | 186            | 328         | 226        | 230           | 198            | 230          | 370         | 62,2               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Cr                            | mg/L                | INV         | < 0,0006   | 0,0053        | < 0,0006       | < 0,0006    | < 0,0006   | < 0,0006      | < 0,003        | < 0,0006     | 0,06        | < 1,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Fe                            | mg/L                | 0,09        | 0,18       | 0,95          | 0,37           | 0,14        | 0,34       | 0,62          | < 0,02         | 0,34         | 4,0         | 8,5                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Mn                            | mg/L                | 0,01        | < 0,01     | 0,05          | < 0,01         | 0,02        | 0,03       | 0,04          | 0,05           | 0,03         | 0,05        | 60,0               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Hg                            | mg/L                | < 0,0005    | < 0,0005   | INV           | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Mo                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0005      | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | < 0,0003     | 0,01        | < 3,0              | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| Ni                            | mg/L                | INV         | < 0,0003   | < 0,0003      | < 0,0003       | 0,0015      | 0,0006     | 0,0006        | < 0,0003       | 0,0006       | 0,01        | 6,0                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| OD                            | mg/L O <sub>2</sub> | 12,37       | 10,82      | 14,35         | 13,28          | 9,90        | 14,05      | 14,35         | 14,75          | 14,05        | 9,7         | 144,8              | Percentil 66 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.                        |
| pH                            | Unidad              | 8,26        | 8,07       | 7,40          | 7,83           | 8,47        | 7,54       | 7,41          | 8,25           | 8,07         | 7 - 8       | -                  | Percentil 66 sobre umbral máximo del rango, configura incumplimiento normativo <sup>(16)</sup> . |
| Pb                            | mg/L                | INV         | < 0,00025  | 0,00612       | < 0,00025      | 0,00029     | < 0,00025  | 0,00033       | < 0,003        | 0,00033      | 0,01        | 3,3                | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| RAS                           | -                   | 0,40        | 0,42       | 0,42          | 0,42           | 0,39        | 0,40       | 0,41          | 0,43           | 0,416        | 0,7         | 59,4               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Se                            | mg/L                | < 0,0005    | 0,0005     | < 0,0005      | < 0,0005       | < 0,0005    | < 0,0005   | 0,0006        | INV            | < 0,0005     | 0,001       | < 50,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.            |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | mg/L                | 12,0        | 15,0       | < 1,1         | 2,3            | 10,1        | 20,9       | 10,3          | 8,4            | 10,3         | 29,0        | 35,5               | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |
| Zn                            | mg/L                | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01      | < 0,01     | < 0,01        | < 0,01         | < 0,01       | 0,05        | < 20,0             | Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.                        |

<sup>(16)</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 7,54 unidades de pH.

## 7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

## 7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El Artículo 11º de la norma secundaria 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, 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 22**.

**Tabla 22. 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>(17)</sup> | PA-20, Río Paine en desembocadura lago Toro       |
| Río Picana <sup>(18)</sup>                           | PI-10, Río Picana en ruta 9 Norte                 |

<sup>(17)</sup> Área de vigilancia de observación que abarca entre Naciente río Tres Pasos hasta desembocadura en lago Toro.

<sup>(18)</sup> Área de vigilancia de observación que abarca entre Naciente río Picana hasta Antes de junta río Tres Pasos.

## 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 23**.

**Tabla 23. 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 |
| De Afectación          | Cipermetrina                  | -                                    | -     | -     | -     | 3     | 3     | 3     | -     | -     | -     | 3     | -     | 3     | -     | 3     |
|                        | Coliformes Fecales            | -                                    | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 3     | -     | 3     | -     | 3     | -     |
|                        | Diazinón                      | -                                    | -     | -     | -     | 3     | 3     | 3     | -     | -     | -     | 3     | -     | 3     | -     | 3     |
|                        | Fosfato                       | -                                    | -     | -     | -     | 3     | 3     | 3     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
|                        | Nitrato                       | -                                    | -     | -     | -     | 3     | 3     | 3     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 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 2018 y diciembre de 2019, respecto a la Red de Observación se ejecutaron los monitoreos indicados en la **Tabla 24**.

**Tabla 24. Resumen muestreos realizados en periodo 2018-2019 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 |
| Fundamentales  | Conductividad Eléctrica | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   |
|                | Oxígeno Disuelto        | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   |
|                | pH                      | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   | 4/4   |
|                | Temperatura             | 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   |
| De Afectación  | Cipermetrina            | -          | -     | -     | -     | 0/0   | 0/0   | 0/0   | -     | -     | -     | 0/0   | -     | 0/0   | -     | 0/0   |
|                | Coliformes Fecales      | -          | -     | -     | -     | 4/4   | -     | -     | -     | -     | 4/4   | -     | 4/4   | -     | 4/4   | -     |
|                | 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   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Naturales      | RAS                           | -          | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 4/3   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 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   |

X/Y: Número de campañas efectuadas en el año 2018/ Número de campañas efectuadas en el año 2019.

En morado los parámetros que no se informaron con la frecuencia fijada(-): No Aplica medición.

### 7.3. Metodologías de muestreo y análisis

De acuerdo a lo señalado en el artículo 13º del D.S. MINSEGPRES N° 75/2009, se consideró igual metodología a la fijada para la red de control en lo referido a pH, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto, todos cuyos análisis se realizaron de manera *in situ*, según metodología informada por la DGA, por lo que los datos medidos durante el año 2018 se consideraron como válidos.

Para el resto de los parámetros considerados en el Programa de Vigilancia no se cuenta con referencias de análisis por lo que no se puede evaluar su validez en cuanto a metodología se refiere.

Respecto al tiempo de preservación, éste fue evaluado únicamente para Coliformes Fecales, el cual se cumplió a cabalidad en todas las campañas y muestras evaluadas. Para el resto de los parámetros, el tiempo de preservación no fue analizado debido a que los parámetros considerados en la red de observación se realizan al momento del muestreo, y por tanto no requieren preservación (CE, Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura), o porque no fueron analizados en las estaciones correspondientes (Cipermetrina, Diazinón, Nitratos y Fosfatos).

## 8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

En el **Anexo 6** se presentan los resultados de los monitoreos realizados en la Red de Observación para el período 2018-2019, 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 7**).

## 9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS

En el **Anexo 8** se encuentran disponibles los datos históricos medidos desde el año 2011 al 2019 para la Red de Control definida en la norma, junto con una representación gráfica para las concentraciones de cada parámetro en cada estación.

Los resultados de tales monitoreos reflejan ciertos fenómenos recurrentes en el análisis de los datos. Así, ha sido posible identificar que parámetros como Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo y Selenio han sido medidos bajo el límite de detección en todas las áreas de vigilancia, para todas o la mayoría de las campañas efectuadas, identificándose en algunos casos, sensibilidades analíticas por debajo de las necesarias para la evaluación de la norma.

Por otra parte, y en consideración a los parámetros efectivamente cuantificados, se puede señalar que en general no se aprecian tendencias claras respecto a temporalidad, no identificándose períodos específicos de mayor o menor concentración de metales, sales disueltas (Cloruros y Sulfatos), Oxígeno Disuelto o niveles de pH. En cambio, sí fue posible identificar que especialmente el río Las Chinas en CH-10 concentra los niveles más altos de metales en la cuenca, específicamente Hierro y Aluminio, seguido de los ríos Baguales en BA-10 y Vizcachas en VI-10, en contraste con los niveles más bajos de la cuenca, registrados en el río Serrano en SE-10, en todo el periodo evaluado.

De manera similar, se determinó que en el caso de las sales disueltas, fue el río Don Guillermo en DG-10, seguido por los ríos Las Chinas en CH-10, Baguales en BA-10 y Vizcachas en VI-10 los que han registrado históricamente las concentraciones más altas, destacando los niveles de Sulfato en todos ellos.

Por otra parte, RAS se ha registrado en mayores concentraciones en los ríos Baguales en BA-10 y Vizcachas en VI-10 durante todo el periodo analizado, en contraste con los ríos Grey en GR-10 y Paine en PA-10.

Por su parte, el parámetro pH, si bien no registra tendencias temporales claras en la mayoría de las estaciones, en SE-20 del río Serrano ha evidenciado una tendencia a la baja en el periodo histórico evaluado.

Ahora, en cuanto a la evaluación de la norma, se aprecia que en todo el periodo de evaluación analizado por esta Superintendencia (2013 - 2019), independiente que algunos periodos han sido evaluados sólo **referencialmente**, la estación PA-10 en el río Paine, y en gran parte del periodo en el caso de SE-20 en el río Serrano y GR-10 en el río Grey, han presentado un percentil 66 bienal por sobre lo normado en lo que respecta a las concentraciones de Sulfato.

A continuación, en la **Tabla 25**, se presenta un resumen del cumplimiento normativo existente, respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano de 2013 hasta la primavera de 2019.

**Tabla 25. Resumen de valores percentil 66 de cada periodo analizado entre 2013-2019 en niveles cercanos o por sobre lo normado en cada área de vigilancia.**

| Período   | Área de Vigilancia | Aluminio | Cadmio | Cloruro | Cobre | Coliformes Fecales | Conductividad | Cromo | Hierro | Manganoso | Mercurio | Molibdeno | Níquel | Oxígeno Disuelto | pH | Plomo | RAS | Selenio | Sulfato | Zinc |
|-----------|--------------------|----------|--------|---------|-------|--------------------|---------------|-------|--------|-----------|----------|-----------|--------|------------------|----|-------|-----|---------|---------|------|
| 2018-2019 | BA-10              |          |        |         |       | X                  |               |       |        |           |          |           |        |                  |    |       |     |         |         |      |
|           | 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         |          |           |        |                  |    |       |     |         |         |      |
|           | DG-10              |          |        |         |       |                    |               |       |        | X         |          |           |        |                  |    |       |     |         |         | X    |
|           | TP-10              |          |        |         |       |                    |               |       |        | X         |          |           |        |                  |    |       |     |         |         |      |

Resultado con cumplimiento normativo., o sin Exigencia normativa (X)

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

La representación gráfica de la evolución normativa de cada área de vigilancia, estación y parámetro están disponibles en el **Anexo 8**.

## 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 2018 y 2019, 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.

A partir de la información recopilada en las campañas realizadas en el periodo bienal 2018-2019, en las nueve estaciones definidas como **Red de Control**, se determina la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- Aluminio:** 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.

- b) Cadmio: 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.
- c) Cloruro: 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.
- d) Coliformes Fecales: se verificó **cumplimiento normativo** en SE-10.
- e) 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.
- f) Cromo: se verificó **cumplimiento normativo** en SE-20 y en VI-10, y **cumplimiento normativo referencial** en PA-10, SE-10, GR-10, CH-10, BA-10, DG-10 y TP-10.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Mercurio: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- j) Molibdeno: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- k) Níquel: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- l) Oxígeno Disuelto: 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
- m) pH: se verificó **cumplimiento normativo** en PA-10, SE-10, SE-20 y GR-10, **cumplimiento normativo referencial** en DG-10 e **incumplimiento normativo** en CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10.
- n) Plomo: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- o) RAS: 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.
- p) Selenio: se verificó **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia.
- q) Sulfato: se verificó **cumplimiento normativo** en SE-10, CH-10, BA-10, VI-10 y TP-10, **cumplimiento normativo referencial** en DG-10, **incumplimiento normativo** en PA-10 y GR-10, e **incumplimiento normativo referencial** en SE-20.
- r) Zinc: se verificó **cumplimiento normativo** en 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 2018-2019 por pH en los ríos Las Chinas en CH-10, Baguales en BA-10, Vizcachas en VI-10 y Chorrillo Tres Pasos en TP-10; y por Sulfato en los ríos Paine en PA-10 y Grey en GR-10.

## 11. ANEXOS

| Nº Anexo | Nombre Anexo  |
|----------|---|
| 1        | Oficio ORD.DGA N° 18, de 29 de marzo de 2019  |
| 2        | Oficio ORD. DGA N° 18, de 29 de marzo de 2019   |
| 3        | Oficio ORD. SEREMI Salud Magallanes N° 859, de 08 de octubre de 2019                    |
| 4        | Oficio ORD. DGA N° 256, de 30 de abril de 2015  |
| 5        | Resumen de datos medidos en periodo 2018-2019 Red de Control cuenca del Río Serrano     |
| 6        | Resumen de datos medidos en periodo 2018-2019 Red de Observación cuenca del Río Serrano |
| 7        | Oficio ORD. SAG Magallanes N° 301, de 04 de junio de 2018                               |
| 8        | Datos históricos 2011-2019 cuenca del Río Serrano                                       |