



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 CONTINENTALES SUPERFICIALES DEL LAGO VILLARRICA

Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad
División de Fiscalización
DFZ-2020-3129-IX-NC

Diciembre 2020

	Nombre	Firma
Aprobado	Patricio Walker H.	X _____ Patricio Walker Huyghe Jefe Sección de Recursos Hídricos y Biodiver...
Revisado	Verónica González D.	X _____ Verónica González Delfín Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad
Elaborado	María José Iglesias O.	X _____ María José Iglesias Ossorio Sección de Recursos Hídricos y Biodiversidad

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. OBJETIVO	6
4. ALCANCE.....	7
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.....	12
6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	16
6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo.....	16
6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo	19
7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....	26
7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación	26
7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación	27
7.3. Metodologías de muestreo y análisis.....	32
8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN	33
9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS	34
10. CONCLUSIONES	36
11. ANEXOS	39

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación de cumplimiento de la norma secundaria de calidad del agua para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, D.S. N°19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente y del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para el Lago Villarrica, Resolución Exenta N° 671/2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente, de acuerdo a lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, el cual indica que corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, establecer los programas de fiscalización de las normas de calidad y normas de emisión para cada región, incluida la Metropolitana.

Se evaluó el cumplimiento de las normas de calidad para todas las áreas de vigilancia establecidas en las normas y para todas las estaciones incluidas en el programa de medición y control de calidad del lago actualmente vigente, durante el período enero 2018 a diciembre de 2019, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas respecto de las campañas de medición realizadas para la Red de Control, y se verificó también los datos correspondientes a la Red de Observación levantados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y por la Dirección General de Aguas (DGA).

Para la revisión de los datos se consideraron los criterios administrativos y metodológicos establecidos en las normas de calidad, en conjunto con los definidos en el PMCCA Lago Villarrica.

Red de Control

Se realizó el análisis de la validez de los datos obtenidos y la evaluación del cumplimiento normativo para todos los parámetros normados, es decir, para Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, esto con el fin de establecer si cumplen con los requerimientos definidos, tanto en el D.S. 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, como en el respectivo Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Lago Villarrica. A partir de la evaluación realizada, fue posible establecer cumplimiento normativo en todas las estaciones de la Red de Control para los parámetros Saturación de Oxígeno y Clorofila “a”, mientras que el parámetro Transparencia y Fósforo Total presentan cumplimiento normativo en cinco de las seis estaciones de la Red de Control (ambos presentan incumplimiento en la estación PEL-CE). Situación distinta es la que se observó en el parámetro Fósforo Disuelto, en el cual se observan estaciones con cumplimiento normativo formal (LIT Norte, LIT Sur y LIT Villarrica) y otras con cumplimiento de tipo referencial (LIT Pucón, LIT La Poza y PEL CE).

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, éstos fueron evaluados de forma referencial⁽¹⁾ en todas las estaciones de la Red de Control, debido a la invalidación de datos generado por: a) excedencia en los tiempos de preservación de muestras, b) por falta de información

⁽¹⁾ 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 inexistencia del reporte o invalidación del mismo.

de especies nitrogenadas conformantes del parámetro definido y/o c) por el uso metodologías con límites de detección incompatibles con las requeridas. En consecuencia, para el parámetro Nitrógeno Disuelto se estableció cumplimiento normativo referencial en todas las estaciones de la Red de Control, mientras que para el Nitrógeno Total se observa cumplimiento referencial normativo en todas las estaciones salvo en LIT-Pucón.

Red de Observación

Se constató la realización de monitoreos de todos los parámetros considerados en el respectivo Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Lago Villarrica en al menos una oportunidad durante el periodo bienal 2018-2019, en las 9 estaciones definidas dentro de la Red de Observación. Los parámetros medidos son: Hidrocarburos Totales, Sílice Reactiva, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto, en la columna de agua.

Respecto del componente sedimentos, se informa la medición de los parámetros Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica Total, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total en, al menos, una oportunidad durante el periodo bienal 2018-2019, en 5 estaciones de la Red de Control (LIT Norte, LIT Sur, LIT Pucón, LIT La Poza y LIT Villarrica).

2. INTRODUCCIÓN

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica (en adelante, NSCA Lago Villarrica), formalizada mediante el D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, consiste en un instrumento de gestión ambiental para diagnosticar la calidad de los cuerpos de agua superficial que componen la cuenca del lago Villarrica en forma sistemática y permanente. Su objetivo es mantener la calidad de las aguas del lago Villarrica y prevenir la eutrofización antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición trófica.

La NSCA Lago Villarrica estableció un total de seis áreas de vigilancia, definiendo niveles de calidad específicos para cada una de ellas respecto a los parámetros Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total, y el indicador de “Trofia deseada”, el que se obtiene a partir de algunos de los parámetros antes mencionados.

Por su parte, la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante Resolución Exenta N° 671, de 21 de julio de 2016, estableció el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del agua para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica (en adelante, PMCCA Lago Villarrica), elaborado de acuerdo a lo establecido en el artículo 12° de la NSCA Lago Villarrica, del Ministerio del Medio Ambiente. 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 las normas, 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 Lago Villarrica, 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 2018 ha sido adoptado desde el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2019-2035-IX-NC**, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2019, conformando 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. De esta forma, el presente informe da cuenta de seis (6) actividades de fiscalización⁽²⁾, sumado a una actividad de acompañamiento de esta Superintendencia, en apoyo a la Dirección General de Aguas, durante la campaña de verano de 2019.

⁽²⁾ Se considera como Actividad de Fiscalización a la evaluación del cumplimiento normativo de cada una de las estaciones de la Red de Control (6 en total), en el período bienal correspondiente al presente expediente.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la Dirección General de Aguas (en adelante DGA) y por parte de la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (en adelante DIRECTEMAR), a través de los oficios expuestos a continuación en **Tabla 1**:

Tabla 1. Antecedentes remitidos por DGA y DIRECTEMAR.

N° Anexo	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGA N° 77, del 30 de noviembre de 2018. Envía antecedentes para la evaluación de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica. Se adjunta minuta técnica DCPRH N° 31/2018.	14 de diciembre de 2018	enero 2018 a diciembre 2018
2	Oficio Ord. DGA N° 83, del 30 de diciembre de 2019. Envía antecedentes para la evaluación de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica. Se adjunta minuta técnica DCPRH N° 42/2019.	16 de enero de 2020	enero 2019 a diciembre 2019
3	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/910/S.M.A. del 09 de julio 2019. Remite de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Lago Villarrica.	15 de julio 2019	febrero 2018 a febrero 2019
4	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/625/S.M.A. del 30 de abril 2020. Remite de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Lago Villarrica.	08 de mayo 2020	Agosto 2019 a marzo 2020
5	Oficio Ord. DGA N° 31, del 22 de junio de 2020. Informa sobre metodología de análisis de parámetro.	25 de junio 2020	-

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permite al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, 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. Es así como el Ministerio del Medio Ambiente, a través del Decreto N° 43 promulgado con fecha 19 de octubre de 2017, declaró zona saturada por Clorofila “a”, Transparencia y Fósforo Disuelto a la cuenca del Lago Villarrica.

3. OBJETIVO

Se establece como objetivo general el evaluar el cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica y del PMCCA Lago Villarrica, para el período bienal calendario 2018-2019, para todas las estaciones de la Red de Control definidas en dichos instrumentos, además de mostrar un análisis histórico con respecto a la evolución de la calidad de las aguas durante el periodo controlado en que se cuenta con información (2014-2019).

4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada a través de las seis estaciones de la Red de Control, del período bienal calendario 2018-2019, lo cual es realizado a partir de las condiciones establecidas en la NSCA Lago Villarrica, en el PMCCA Lago Villarrica, y en las demás referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente aplicables al caso. En base a lo antes mencionado, se establecen dos etapas dentro de este proceso:

- Establecimiento del escenario bajo el cual corresponde realizar la evaluación del cumplimiento normativo para cada parámetro.
- Presentación del análisis de los datos, resultados y realización de la evaluación de cumplimiento normativo, de acuerdo a lo límites establecidos en la NSCA Lago Villarrica. Como resultado de esta evaluación se determinan casos de cumplimiento o incumplimiento normativo, o su símil referencial según corresponda, y se identifican los casos en que no es posible realizar el análisis.

Finalmente y anexo a lo anterior, se realiza una descripción de las condiciones de ejecución del monitoreo de la Red de Observación, en las nueve estaciones que corresponden a la misma área de vigilancia, y se analiza la validez de los datos entregados.

5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

5.1. Criterios para la validación de los datos

De acuerdo a lo establecido en el PMCCA Lago Villarrica, los datos utilizados en el proceso de evaluación de cumplimiento normativo, deben ser previamente validados a través del cumplimiento de los criterios de validación definidos en el párrafo 4° del artículo decimonoveno, los cuales son:

- a) Validación de los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y a profundidades de medición establecidas en el PMCCA Lago Villarrica. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas han sido calificadas fundadamente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8 de la NSCA Lago Villarrica.

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.

- b) Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de medición, muestreo 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 cuantificación es menor al límite de detección (LD), en base a lo siguiente:
 - i) Si $LD \geq$ 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.
- e) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, tales como Nitrógeno disuelto y Nitrógeno Total, los datos serán validados en base a lo siguiente:
 - i) Los análisis del parámetro total y de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
 - ii) La suma de las fracciones deben ser menor o igual al valor del resultado del parámetro total.
- f) Para el parámetro Saturación de Oxígeno del área pelagial en el fondo, solo serán válidos los datos que correspondan a mediciones puntuales realizadas en el fondo del lago, esto es, en el rango de profundidad superior a 85 metros.

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

En la **Figura 1** se presentan todas las estaciones que componen la Red de Control, definidas en el PMCCA Lago Villarrica.



Figura 1. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas (Fuente: elaboración propia SMA).

En cada una de las estaciones mencionadas, fueron desarrolladas actividades de muestreo ejecutadas durante el período bienal calendario 2018- 2019, las cuales fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la DGA, a través de los oficios definidos en **Anexo 1** y **Anexo 2** posibles de ver en Tabla 1.

Por medio de los mismos, se logró obtener la identificación y verificación de las coordenadas de ubicación de los puntos de control utilizados para el monitoreo de parámetros de la Red de Control, de acuerdo con las áreas de vigilancia establecidas en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica.

5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control

De acuerdo a los documentos que se incluyen en el **Anexo 1** y **Anexo 2**, se muestra la fecha de ejecución de los muestreos realizados en cada una de las estaciones de la Red de Control, presentados en Tabla 2:

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

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Campañas 2018	Campañas 2019
PEL - CE	Centro lago	28-02-2018	29-01-2019
		24-10-2018	27-02-2019
LIT - Pucón	Litoral Pucón		20-11-2019
			03-12-2019
		28-02-2018	28-01-2019
		23 y 24-10-2018	27-02-2019
		19-11-2019	
			04-12-2019

Estación	Parámetro	Verano 2018	Primavera 2018	Verano (enero) 2019	Verano (febrero) 2019	Primavera (noviembre) 2019	Primavera (diciembre) 2019
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/30/70/100	(***)	(***)	(***)	0/10/30/70/100
	Nitrógeno Total (**)	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
LIT - Sur	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/20	(***)	(***)	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - Norte	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/20	(***)	(***)	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT-Villarrica	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/20	(***)	(***)	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - La Poza	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/20	(***)	(***)	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - Pucón	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	0/10/20	(***)	(***)	(***)	0/10/20

Estación	Parámetro	Verano 2018	Primavera 2018	Verano (enero) 2019	Verano (febrero) 2019	Primavera (noviembre) 2019	Primavera (diciembre) 2019
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20

Destacado en celeste los parámetros no medidos o medidos con una frecuencia menor a la establecida en el PMCCA Lago Villarrica.

(*) El valor del parámetro **Nitrógeno Disuelto** se encuentra establecido de acuerdo a la siguiente ecuación: **N-nitrito + N-nitrato + N-amoniaco**.

(**) El valor del parámetro **Nitrógeno Total** se encuentra establecido de acuerdo a la siguiente ecuación: **N-nitrito + N-nitrato + NT-Kjeldahl**.

(***) Sin posibilidad de determinación por falta de resultados de una de las fracciones nitrogenadas componentes del parámetro.

De la información expuesta, es posible establecer que los parámetros que cuentan con información en todas las estaciones de la Red de Control, en cada una de las profundidades consideradas, en las seis (6) campañas realizadas y durante el periodo bienal calendario 2018-2019, son: Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total y Nitrógeno Total.

Respecto del parámetro Nitrógeno Disuelto, no es posible realizar el cálculo debido a la falta de información de la especie nitrogenada N-amoniaco durante las campañas de verano 2018 y verano 2019, en todas las estaciones de la Red de Control.

5.5. Metodologías de muestreo y análisis

En el artículo 9° de la NSCA Lago Villarrica, así como también en el PMCCA Lago Villarrica, se indican los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras requeridas para la verificación del cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, lo cual se presenta a continuación, en la Tabla 4:

Tabla 4. Métodos de Muestreo (Adaptado de la NSCA Lago Villarrica y PMCCA Lago Villarrica) ⁽³⁾

Identificación	Título de la norma
NCh. 411/1 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh. 411/2 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh. 411/3 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
NCh. 411/4 Of.98. DS. N°84, de 1998, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua - Muestreo - Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
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.

En referencia a los métodos analíticos utilizados para la verificación del cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica, se establece el uso de los que se encuentran definidos tanto en el artículo 10° de la NSCA Lago Villarrica como en el artículo único transitorio del PMCCA Lago Villarrica. Las metodologías se exponen a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5. Métodos Analíticos (Adaptado de las NSCA Lago Villarrica y PMCCA Lago Villarrica)

⁽³⁾ O sus versiones actualizadas

Parámetro	Metodología	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	Método Interno LADGA-IML-07
Saturación Oxígeno	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
Fósforo Disuelto	Método de reducción automatizada de ascórbico	4500-P F. Standard Methods
	Método de inyección de flujo para Orto fosfato	4500-P G. Standard Methods
	Método de Ácido Ascórbico	4500 P-E. Standard Methods Hach 8048, USEPA
	Espectroscopia de absorción Molecular	Standard Methods
Fósforo Total	Método de Ácido Ascórbico y digestión ácida con Persulfato	4500-P B-5. Standard Methods
	Método de digestión manual y análisis de inyección de flujo para Fósforo Total	4500-P H. Standard Methods
	Método por digestión de Persulfato/ UV en línea y análisis de flujo de inyección para Fósforo total	4500-P I. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods
Amonio	Método Nessler	Hach 8038, USEPA
	Método de Fenato	4500-NH ₃ F. Standard Methods
	Métodos automatizados de Fenato	4500-NH ₃ G. Standard Methods
	Análisis de inyección de flujo	4500-NH ₃ H. Standard Methods
Nitrito ⁽⁴⁾	Método de Diazotización	Hach 8507, USEPA
	Método colorimétrico	4500-NO ₂ B. Standard Methods
	Método Espectroscopia de Adsorción Molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Nitrato ⁽⁴⁾	Método por reducción de Cadmio	4500-NO ₃ E. Standard Methods
	Método automatizado por reducción de Cadmio	4500-NO ₃ F. Standard Methods
	Método por inyección de flujo por reducción de Cadmio	4500-NO ₃ I. Standard Methods
	Método Espectroscopia de Adsorción Molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por Cromatografía Iónica	4110. Standard Methods
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +N-amoniaco	
Nitrógeno Total	Método de Persulfato	4500-N C. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods
	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +NT-Kjeldahl	
Nitrógeno Total Kjeldahl ⁽⁴⁾	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH ₃ - F Standard Methods
Clorofila "a"	Método de análisis interno DGA Espectroscopia Absorción Molecular.	10200 H. Standard Methods DGALGOCL1/2009 Método Scor Unesco

⁽⁴⁾ Metodologías utilizadas para la obtención del Nitrógeno Total.

A partir de la información entregada asociada a los 6 muestreos realizados durante el periodo 2018-2019, y en comparación las metodologías definidas en la NSCA Lago Villarrica complementadas por el PMCCA Lago Villarrica, es posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías de muestreo utilizadas para el desarrollo de las 6 campañas de muestreo, se describen en los instructivos informados en la Tabla **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6:**

Tabla 6. Instructivos de metodologías de muestreo DGA

Instructivo	Metodología
LADGA-IML-01 v.01/2017	Procedimiento de muestreo para aguas de lagos naturales.
LADGA-IML-02 v.00/2016	Instructivo para uso y calibración Sonda HYDROLAB DS5 y DS5X
LADGA-IML-03 v.00/2018	Formato procedimiento CTD Exo2_dsm
LADGA-IML-04 v.00/2017	Instructivo uso GPS.
LADGA-IML-05 v.00/2017	Instructivo de ECOSONDA.
LADGA-IML-06 v.00/2017	Instructivo uso ADC-PRO.
LADGA-IML-07 v.00/2017	Instructivo uso Disco Secchi.
LADGA-IML-08 v.00/2017	Instructivo de uso de red Fitoplancton.
LADGA-IML-09 v.00/2017	Instructivo de uso botella de Van Dorn.
LADGA-IML-10 v.00/2017	Instructivo llenado tablilla de terreno.
LADGA-IML-11 v.01/2017	Instructivo filtrado de muestras para determinación de Clorofila.

- Tiempos de preservación: Los tiempos de preservación definidos en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica, consideran los establecidos en la NCh. 411/3 Of. 96 y/o en “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”.

El análisis de los tiempos informados en las muestras asociadas a las campañas realizadas durante 2018-2019 y su comparación con los tiempos referidos en los documentos antes mencionados, permiten establecer que los parámetros que cumplen con éstos tiempos en todas las estaciones de la Red de Control son: Clorofila “a”, Fósforo Total y todas las fracciones nitrogenadas conformantes de los parámetros Nitrógeno Total (N-nitrato, N-nitrito y NT-Kjeldahl) y Nitrógeno Disuelto (N-nitrato, N-nitrito y N-amoniaco). Opuesto a este resultado se presenta el parámetro Fósforo Disuelto, que presenta excedencia del tiempo de preservación (ver **Anexo 6**), durante los periodos verano 2018 (en estaciones LIT-Norte, LIT-Villarrica y LIT-Sur) y verano 2019 (en estaciones LIT-Villarrica, LIT-Sur y LIT-La Poza), lo cual determina que éstos datos serán invalidados para el proceso de evaluación normativa del parámetro.

Respecto de los parámetros Transparencia y Saturación de Oxígeno, éstos no se encuentran considerados dentro de ésta validación, debido a que su medición se desarrolla *in situ*.

- Validación de análisis realizados en laboratorios externos: Respecto de los servicios de laboratorios externos utilizados por parte de la DGA, para el análisis de muestras correspondientes a los seis muestreos realizados durante 2018-2019 y considerando los criterios técnicos establecidos en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica, se logra establecer lo siguiente:
 - Contratación de un único laboratorio que realice los análisis de las fracciones de un parámetro. Las especies nitrogenadas N-nitrato, N-nitrito, N-amoniacal y NT-Kjeldahl, componentes de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, fueron analizados por dos laboratorios subcontratados durante el periodo bienal 2018-2019 (SGS durante 2018 y EULA durante 2019) y analizadas en cada campaña por un único laboratorio, lo cual permite establecer cumplimiento de ésta condición.
 - Dato validado si y sólo si, la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total: De acuerdo a los datos entregados por DGA para el periodo bienal 2018-2019, respecto de las especies nitrogenadas conformantes de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se logra establecer que los resultados de cada especie por si solas son menores que los valores de la concentración del parámetro total, por lo tanto, se establece cumplimiento de esta condición.
- 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 DGA (adaptado de Anexo 1 y Anexo 2).

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	LADGA-IML-07 (Método de análisis interno DGA)
Saturación de Oxígeno	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro CTD marca YSI.	Sin referencia indicada.
Nitrito	Método colorimétrico	4500-NO ₂ B. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía iónica.	4110- NO ₂ B. Standard Methods
Nitrato	Método colorimétrico	4500-NO ₃ B. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía Iónica.	4110- NO ₃ B. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	Método de Fenato	4500 NH ₃ F 2005. Standard Methods
Nitrógeno Total Kjeldahl	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH ₃ -F Standard Methods
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +N-amoniacal	-
Nitrógeno Total	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +NT-Kjeldahl	-
	Método Macro Kjeldahl Digestión y análisis por inyección de flujo	SM 4500 B,D,N org. B-Nitrógeno Total
	Método del Persulfato	SM 4500-N. C. Standard Methods

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Fósforo Disuelto	Espectroscopia de Absorción Molecular.	4500-P E. Standard Methods
Fósforo Total	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J / P E. Standard Methods
Clorofila "a"	Espectroscopia de Absorción Molecular.	Método Scor, UNESCO

De acuerdo a las metodologías definidas en la NSCA Lago Villarrica como en el PMCCA Lago Villarrica y realizando comparación con las metodologías informadas por la DGA, es posible establecer concordancia con los parámetros Transparencia, Oxígeno Disuelto, Clorofila "a", Fósforo Disuelto, Fósforo Total y fracciones componentes de los compuestos nitrogenados Nitrógeno Disuelto (N-nitrato, N-nitrito y N-amoniacal) y Nitrógeno Total (N-nitrato, N-nitrito y NT-Kjeldahl). Respecto de las metodologías utilizadas para el análisis de la especie nitrogenada N-nitrato (Standard Methods 4500 NO3-B) y del parámetro Nitrógeno Total (Standard Methods 4500 B,D,N org. B-N-Total) durante la campaña verano 2019, si bien éstas no concuerdan completamente con las definidas en los instrumentos asociados a la evaluación de cumplimiento, tras la argumentación técnica entregada por la DGA por medio del Oficio Ordinario DGA N° 31/2020 se ha aceptado la validación de ambas (**Anexo 5**).

- Límites de detección: De acuerdo al criterio descrito en el artículo decimonoveno del PMCCA Lago Villarrica, los límites de detección de las metodologías utilizadas deben encontrarse bajo el 80% del valor del límite normativo para que éstos puedan ser validados. Al realizar dicho análisis, se constata cumplimiento de esta condición en todas las mediciones realizadas en el periodo bienal 2018-2019, en las seis estaciones de la Red de Control, respecto de los parámetros Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila "a", Fósforo Disuelto, Fósforo Total y Nitrógeno Disuelto (N-nitrato, N-nitrito y N-amoniacal). Respecto de los límites de detección de la metodología utilizada para el análisis de la especie nitrogenada NT-Kjeldahl (componente del parámetro Nitrógeno Total), durante la campaña verano 2018, se observa incumplimiento de ésta condición, definiéndose la invalidación de éstos datos.

Adicionalmente y respecto del parámetro Nitrógeno Total durante la campaña verano 2019, se cuenta con resultados de su cuantificación directa y mediante cálculo (suma de N-nitrato, N-nitrito y NT-Kjeldahl), sin embargo se invalida este último resultado por no cumplir con la condición ya señalada.

6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El artículo 5° de la NSCA Lago Villarrica indica que, para la protección de la calidad de las aguas, es necesario mantener los siguientes niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia bajo las condiciones que se detallan en la Tabla 8.:

Tabla 8. Niveles de Calidad por Área de Vigilancia en el Lago Villarrica (Adaptado de las NSCA Lago Villarrica)

Parámetros	Unidad	Criterio	Área de Vigilancia					
			PEL-CE	LIT- La Poza	LIT - Pucón	LIT- Norte	LIT- Villarrica	LIT-Sur
Trofia deseada	-	-	Oligotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico
Transparencia (Secchi)	m	Promedio anual	≥ 9	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7
		Mínimo	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Fósforo (P) Disuelto	mg P/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Fósforo (P) Total	mg P/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Saturación de Oxígeno	%	Mínimo	≥ 80	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Nitrógeno (N) Disuelto*	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,10	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Nitrógeno (N) Total	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Clorofila "a"	µg/L	Promedio anual	≤ 3	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
		Máximo	≤ 6	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10

* Nitrógeno Disuelto es la suma de N-nitrito, N-nitrato y N-amoniaco.

De acuerdo a los límites establecidos en las NSCA Lago Villarrica, se entenderá sobrepasada la norma de calidad cuando se presente una o más de las siguientes condiciones:

- Quando el promedio aritmético de los valores de las muestras analizadas para un parámetro o el valor máximo permitido, considerando un período de dos años consecutivos, y según la frecuencia mínima y profundidades de medición establecida en el PMCCA lago Villarrica, sea mayor a los límites de las normas. La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, los que tienen un límite mínimo, por tanto, en su caso se evalúa en base a que el resultado sea menor a los límites establecidos en el artículo 5°; y/o
- Quando para el área Pelagial la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año; y/o
- Quando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°; y/o
- Quando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo.

A partir de la revisión de validez realizada para los datos en 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, distinguiendo los siguientes casos:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila “a” y Fósforo Total en todas las estaciones de la Red de Control, mientras que Fósforo Disuelto sólo en las estaciones LIT La Poza, LIT Pucón y PEL CE.
- Parámetros analizables de forma referencial: Fósforo Disuelto en estaciones LIT Norte, LIT Sur y LIT Villarrica, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total en todas las estaciones de la red de control.

Para cada una de las Áreas de Vigilancia se ha ponderado las concentraciones obtenidas a las distintas profundidades, según el volumen representativo de estas (Tabla 9 y Tabla 10), y de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^n (P_i * X_i)$$

Dónde:

i = Número de estratos o rangos de profundidades del lago en cada zona de vigilancia.

n = Número total de rangos de profundidades en que se divide una zona de vigilancia (n=3 para zonas litorales; n=5 para zona pelagial)

P_i= Porcentaje del volumen que representa un rango de profundidades i-ésimo sobre el volumen total de la zona de vigilancia.

X_i = Concentración del parámetro en el estrato “i”.

Tabla 9. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia pelagial y rango de profundidades del lago (artículo decimoctavo del PMCCA Lago Villarrica)

N° Rango (i)	Rango de Profundidad (m)	Pelagial
1	0 a 5	4%
2	5 a 20	12%
3	20 a 50	23%
4	50 a 85	24%
5	85 a h. máx.	36%

Tabla 10. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia litoral y rango de profundidades del lago (artículo decimoctavo del PMCCA Lago Villarrica).

N° Rango	Rango de profundidades (m)	LIT-Norte	LIT-Sur	LIT-Villarrica	LIT-La Poza	LIT-Pucón
1	0 a 5	39%	43%	41%	44%	41%
2	5 a 15	45%	46%	47%	50%	46%
3	15 a 25 ^(*)	16%	11%	13%	6%	13%
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%

^(*) 25 metros es la profundidad límite establecida para las zonas de vigilancia litorales.

6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo

A continuación, se realiza la presentación de los resultados obtenidos asociados a la evaluación de cumplimiento normativo de los datos obtenidos en el análisis bienal, el cual considera el período que va desde enero de 2018 a diciembre de 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 6**.

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 11 a Tabla 16:

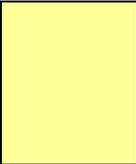
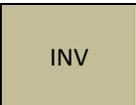
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento supera los límites máximos permisibles, es decir, el resultado es mayor al 100% respecto del límite establecido en la NSCA Lago Villarrica (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). Esta condición configura <u>Incumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento está bajo los límites máximos permisibles, pero en un “ <i>nivel de advertencia</i> ” debido a que el valor obtenido está próximo a los límites permisibles, es decir: el valor resulta estar entre el 80% y 100% respecto del límite establecido en la NSCA lago Villarrica (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). 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 la NSCA lago Villarrica (o sobre el 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento es <u>referencial</u> debido a que no se cuentan con el número mínimo de resultados válidos en el período bienal analizado (2 por año).
	Corresponden a aquellos parámetros que no disponen de registros en todas o algunas de las profundidades de muestreo consideradas en el PMCCA (SM: Sin Medición).
	Corresponde a datos invalidados por presentar tiempos de preservación de muestra fuera de los plazos máximos definidos para ello (INV: Invalidado).
	Corresponde a datos inválidos por uso de una metodología distinta a la fijada en las normas o en el PMCCA Lago Villarrica (INV: Invalidado).
	Corresponde a datos invalidados por presentar metodologías de análisis con límites de detección por sobre el 80% del valor normativo (INV: Invalidado).

Tabla 11. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Centro Lago, Área de Vigilancia Pelagial (PEL-CE)

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio 2018-2019	Norma promedio	Máx./Mín. 2018-2019	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	8,4	3,9	8,9	10,5	7,9	≥ 9	3,9	≥ 5	Valor promedio inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo . Valor mínimo inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno (columna de agua)	%	87,6	91,5	85,3	88,0	88,1	-	85,3	≥ 80	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno (fondo)	%	87,3	85,7	78,5	84,0	83,8	≥ 50	-	-	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	0,7	2,5	1,2	2,4	1,7	≤ 3	2,5	≤ 6	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	≤ 0,010	0,005	≤ 0,015	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Total	mg/L	0,005	0,013	0,022	0,005	0,011	≤ 0,010	0,022	≤ 0,015	Valor promedio superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo . Valor máximo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,068	SM	0,050	0,059	≤ 0,10	0,068	≤ 0,15	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,167	0,131	0,072	0,123	≤ 0,15	0,167	≤ 0,20	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición
INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Tabla 12. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Pucón, Área de Vigilancia LIT - Pucón

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio 2018-2019	Norma promedio	Máx./Mín. 2018-2019	Norma Máx./Mín.	Comentario
Transparencia	m	8,0	6,3	6,5	8,0	7,2	≥ 7	6,3	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo . Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno	%	102,7	97,4	105,3	101,2	101,6	-	97,4	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	1,7	1,1	2,7	2,1	1,9	≤ 5	2,7	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	0,003	0,006	0,003	0,004	0,004	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,015	0,021	0,007	0,012	≤ 0,015	0,021	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,213	SM	0,026	0,119	≤ 0,15	0,213	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,377	0,100	0,084	0,187	≤ 0,15	0,377	≤ 0,30	Valor promedio superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial . Valor máximo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición
INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Tabla 13. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Norte, Área de Vigilancia LIT – Norte

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio 2018-2019	Norma promedio	Máx./Mín . 2018-2019	Norma Máx./Mín .	Comentario
Transparencia	m	14,0	4,0	7,2	10,7	8,9	≥ 7	4,0	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo . Valor mínimo igual al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno	%	105,6	101,4	106,3	104,0	-	-	101,4	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	1,7	4,1	3,5	1,3	2,6	≤ 5	4,1	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	INV	0,003	0,004	0,006	0,004	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Fósforo Total	mg/L	0,003	0,014	0,021	0,007	0,011	≤ 0,015	0,021	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,029	SM	0,024	0,026	≤ 0,15	0,029	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,129	0,100	0,072	0,100	≤ 0,15	0,129	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición

INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Tabla 14. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Villarrica, Área de Vigilancia LIT – Villarrica

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio campañas	Norma promedio	Máx./Mín. Campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	9,5	4,5	7,5	10,6	8,0	≥ 7	4,5	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo . Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno	%	107,0	106,0	108,6	102,6	106,0	-	102,6	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	1,7	4,5	3,5	1,4	2,7	≤ 5	4,5	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	INV	0,003	0,006	0,003	0,004	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Fósforo Total	mg/L	0,003	0,010	0,006	0,005	0,006	≤ 0,015	0,010	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,028	SM	0,023	0,025	≤ 0,15	0,028	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,125	0,101	0,058	0,094	≤ 0,15	0,125	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición
INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Tabla 15. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Sur, Área de Vigilancia LIT – Sur

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio campañas	Norma promedio	Máx./Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	11,5	4,5	7,5	11,5	8,7	≥ 7	4,5	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo . Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno	%	105,9	102,0	106,4	102,9	104,3	-	102,0	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	0,7	3,9	2,8	1,3	2,1	≤ 5	3,9	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	INV	0,003	0,005	0,003	0,003	≤ 0,015	0,005	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Fósforo Total	mg/L	0,003	0,011	0,006	0,004	0,006	≤ 0,015	0,011	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,040	SM	0,026	0,033	≤ 0,15	0,040	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,140	0,100	0,065	0,101	≤ 0,15	0,140	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición
INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Tabla 16. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Bahía La Poza, Área de Vigilancia LIT - La Poza

Parámetro	Unidad	Verano 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Primavera 2019	Promedio campañas	Norma promedio	Máx./Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	10,5	4,0	8,0	8,7	7,8	≥ 7	4,0	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo . Valor mínimo igual al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Saturación de Oxígeno	%	104,3	99,7	106,5	103,4	103,4	-	99,7	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo .
Clorofila "a"	µg/L	0,8	4,9	2,6	2,0	2,5	≤ 5	4,9	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Disuelto	mg/L	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	≤ 0,015	0,007	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Fósforo Total	mg/L	0,009	0,011	0,008	0,006	0,008	≤ 0,015	0,011	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo .
Nitrógeno Disuelto	mg/L	SM	0,037	SM	0,027	0,032	≤ 0,15	0,037	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .
Nitrógeno Total	mg/L	INV	0,175	0,100	0,077	0,117	≤ 0,15	0,175	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial . Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial .

SM: Sin medición

INV: Dato no válido.

Parámetro sin medición en una o más profundidades de la columna de agua.

Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no válido por límite de detección de metodología usada

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

Adicionalmente a la evaluación antes expuesta, en el artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica se establecen otras condiciones particulares asociadas al cumplimiento de los parámetros Saturación de Oxígeno y Clorofila “a”. Los resultados obtenidos de su evaluación se exponen a continuación:

- **Saturación de Oxígeno en PEL-CE sobre el fondo sea menor que 50% durante un año:** Los valores de los promedios anuales obtenidos para el parámetro Saturación de Oxígeno en fondo, en la estación PEL-CE, durante el periodo bienal 2018 -2019, presentan resultados por sobre el 50% del valor normativo, por lo cual se determina cumplimiento normativo.
- **Clorofila “a” con superación del valor normativo durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años, y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°:** Respecto de las dos condiciones definidas para establecer excedencia para el parámetro Clorofila “a” (capítulo 6.1 c. y d.), considerando un periodo de 5 años calendario (2015 - 2019), se logra observar excedencia sólo durante el año 2015 (ver en Anexo 6 en hoja “evaluación de cumplimiento de parámetro Clorofila “a”), por lo cual se determina cumplimiento normativo.

7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

De acuerdo a lo indicado en el artículo 13° de la NSCA Lago Villarrica, el PMCCA correspondiente 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.

Así es como sumadas a las 6 estaciones analizadas en la Red de Control que se encuentran dentro de la Red de Observación (es decir: PEL CE, LIT Villarrica, LIT Pucón, LIT Norte, LIT Sur y LIT La Poza), el PMCCA Lago Villarrica incluyó 3 estaciones de monitoreo adicionales para conformar en total nueve (9) estaciones de monitoreo conformantes de la Red de Observación, una de ellas dentro de un área de vigilancia ya establecida, y dos en áreas adicionales, señalándose todas en la Tabla 17.

Tabla 17. Estaciones de Observación Adicionales (Adaptado de PMCCA Lago Villarrica)

Nombre áreas Vigilancia	Identificación estación de Monitoreo
PEL-VILL	Estación pelagial Sector Villarrica
TRA-Quelhue (*)	Sector Balseadero Quelhue
TOL-Villarrica (**)	Sector río Toltén en Villarrica

(*) Área de vigilancia de Observación correspondiente al afluente del lago Villarrica.

(**) Área de vigilancia de Observación correspondiente al efluente del lago Villarrica.

A continuación, la Figura 2 representa a las estaciones que componen la Red de Observación junto a su ubicación dentro del Lago Villarrica.

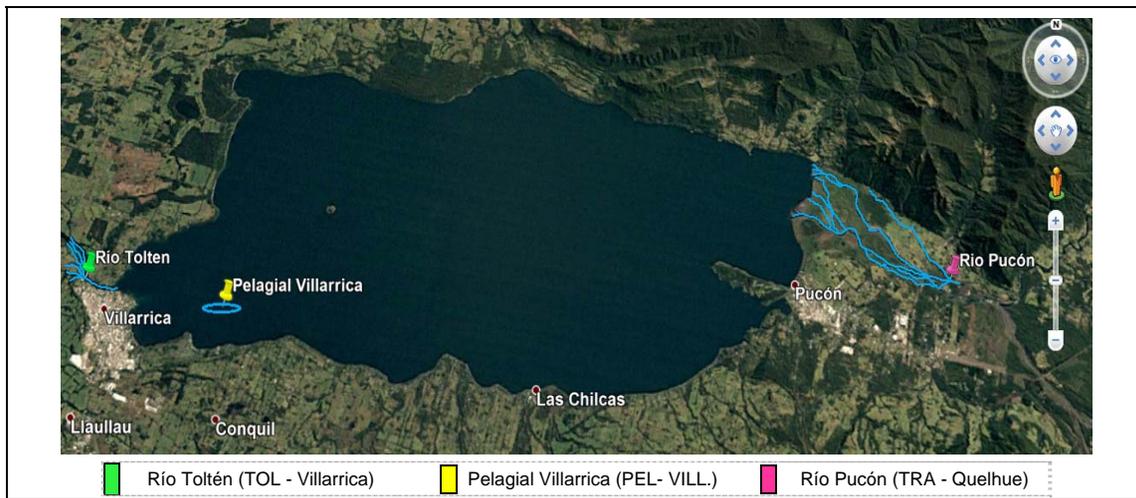


Figura 2. Representación de la Red de Observación del Lago Villarrica (Fuente: elaboración propia SMA).

7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación

La Red de Observación considera la posibilidad de medición de parámetros, en todas las estaciones de monitoreo antes definidas, tanto para la componente aguas como para el componente sedimentos, donde se ha establecido los parámetros críticos a ser medidos en las distintas profundidades recomendadas y los organismos responsables de la entrega de ésta información. A continuación, en la Tabla 18 se entrega el detalle de esta información definida en el PMCCA Lago Villarrica:

Tabla 18. Estaciones y parámetros a monitorear en la Red de Observación (Fuente: PMCCA Lago Villarrica).

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
PEL	Intervención antrópica				
	Matriz acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Condición Natural				
	Perfil de Temperatura	°C	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Oxígeno	mg/L	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Conductividad ⁽¹⁾	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-30-70-100	DGA
	Turbidez	unidades nefel	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fitoplancton ⁽²⁾	cel./mL	2	0-10-30-70-100	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
Amonio	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA	
LIT – Pucón	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	DBO ₅	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Matriz sedimentos				
	Materia Orgánica Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Fósforo Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Metales Pesados y Metaloides ⁽³⁾	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Condición natural				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton ⁽²⁾	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	Diplodon Chilensis	Ab. Y Comp.	1	Infralitoral	MMA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA
Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA	
LIT – Norte	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO ₅	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Matriz sedimentos				
	Materia Orgánica Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Fósforo Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Metales Pesados y Metaloides	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Condición natural				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
Diplodón Chilensis	Ab. Y Comp.	1	Infralitoral	MMA	
Investigación					
Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA	
Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA	
Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA	
LIT – Villarrica	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				
Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR	

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO ₅	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Matriz sedimentos				
	Materia Orgánica Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Fósforo Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Metales Pesados y Metaloides	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Condición natural				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA
Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA	
LIT – Sur	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO ₅	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Matriz sedimentos				
	Materia Orgánica Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Fósforo Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Metales Pesados y Metaloides	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Condición natural				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA	
Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA	
Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA	
LIT – La Poza	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable	
	DBO ₅	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR	
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR	
	Matriz sedimentos					
	Materia Orgánica Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Nitrógeno Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Fósforo Total	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Hidrocarburos Totales	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Metales Pesados y Metaloides	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR	
	Condición natural					
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA	
	pH	unidades de pH	2	0-10-20	DGA	
	Turbidez	Unidades nefel.	2	0-10-20	DGA	
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA	
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA	
	Investigación					
	Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA	
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA	
	Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA	
TRA- Quelhue	Condición natural					
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA	
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA	
	pH	unidades de pH	2	Superficial	DGA	
	Turbidez	Unidades nefel.	2	Superficial	DGA	
	Fósforo Total	mg/L	2	Superficial	DGA	
	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA	
	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA	
	Nitrógeno Total	mg/L	2	Superficial	DGA	
	Investigación					
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA	
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA	
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA	
	TOL- Villarrica	Condición natural				
Conductividad Eléctrica		mhos/cm	2	Superficial	DGA	
Temperatura		°C	2	Superficial	DGA	
pH		unidades de pH	2	Superficial	DGA	
Turbidez		Unidades nefel.	2	Superficial	DGA	
Fósforo Total		mg/L	2	Superficial	DGA	
Saturación de Oxígeno		%	2	Superficial	DGA	
Oxígeno disuelto		mg/L	2	Superficial	DGA	
Nitrógeno Total		mg/L	2	Superficial	DGA	
Investigación						
Nitrato		mg/L	2	Superficial	DGA	
Nitrito		mg/L	2	Superficial	DGA	
Amonio		mg/L	2	Superficial	DGA	
Fosfato		mg/L	2	Superficial	DGA	
PEL-VILL	Condición natural					
	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA	
	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA	

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-La Poza	PEL-VILL	TRA-Queule	TOL-Villarrica
Temperatura	2/1	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Oxígeno disuelto	2/1	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Saturación de oxígeno	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Transparencia	2/1	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/0	0/0
Fósforo Total	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Fósforo disuelto	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Clorofila "a"	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/1	0/1	0/1
Fitoplancton	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-
Macrófitas Acuáticas	-	*	*	*	*	*	-	-	-
Diplodón Chilensis	-	*	*	-	-	-	-	-	-
Componente Sedimentos									
MOT (Materia Orgánica Total)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Fósforo Total	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
COT (Carbono Orgánico Total)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
HT (Hidrocarburos Totales)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Metales y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Granulometría	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-

X/Y: Número de campañas con medición del parámetro en período 2018/Número de campañas con medición del parámetro en período 2019.

(*): Información pendiente de entrega por parte del Ministerio del Medio Ambiente.

(-): Parámetros no medidos.

7.3. Metodologías de muestreo y análisis

Las metodologías utilizadas en el análisis de las muestras obtenidas en las nueve (9) estaciones de la Red de Observación, han sido reportadas por medio de los oficios entregados por DIRECTEMAR y por DGA, los cuales pueden ser observados en Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4.

Tabla 20. Metodología de Análisis de DGA y DIRECTEMAR (adaptado de Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4).

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Matriz acuosa		
Clorofila "a"	Espectrofotometría de Absorción Molecular	Método Scor, UNESCO
Conductividad eléctrica	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro	No se especifica método utilizado
DBO ₅	Electrodo de Membrana Incubación 5 días.	5210 B Standard Methods
Diplodón Chilensis	Sin información	Sin información.
DQO	Espectroscopia de absorción molecular.	5220 D- Standard Methods

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Fósforo Disuelto	Espectroscopia de Absorción Molecular.	SM 4500 - P E
Fósforo Total	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J / P E. Standard Methods
Hidrocarburos Totales	-	5520 F Hidrocarburos Volatiles Standard Methods,
Nitrito	Determinación de aniones por Cromatografía Iónica.	4500-NO ₂ B. Standard Methods
Nitrato	Determinación de aniones por Cromatografía Iónica	4110-NO ₃ B. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) (2)	Método de Fenato	4500 NH ₃ F Standard Methods.
Nitrógeno Total	Nitrógeno Total Método del Persulfato	SM 4500 B,D,N org B- 4500-N. C Standard Methods.
Nitrógeno Disuelto	Cálculo (suma N-nitrito +N-nitrato +N-amonio)	-
Oxígeno Disuelto	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
Saturación de Oxígeno	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
pH	Electrodo específico. Sonda Multiparámetro.	-
Sílice	ICP.	4500-SiO ₂ C Standard Methods
Temperatura	Termométrica. Sonda Multiparámetro.	-
Transparencia	Disco Secchi	LADGA-IML-07 (Método de análisis interno DGA)
Turbidez	Medición con sensor de turbidez. Sonda Multiparámetro.	2130B. Standard Methods
Matriz sedimentaria		
Carbono Orgánico Total (COT)	MQC000059 REV 4	-
Fósforo Total		3120 B Standard Methods 3120 B
Granulometría	Escala Wentworth ASTM 136-96 a.	Escala Wentworth
Hidrocarburos fijos	MQC00070 REV 0	-
Materia Orgánica Total (MOT)	MQC000059 REV 4	-
Metales (Cd, Pb, Cu y As)	-	3120 B Standard Methods 3120 B
Nitrógeno Total Kjeldahl	MQI000058 Interno	-

8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

Considerando la información entregada por la DGA y por la DIRECTEMAR respecto del periodo 2018-2019 en las nueve (9) estaciones de la Red de Observación fue posible verificar lo siguiente (mayores detalles se encuentran en el **Anexo 7**):

Validación de los datos: Respecto de las metodologías de análisis utilizadas por la Dirección General de Aguas como por la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante sobre las muestras obtenidas, se logra verificar en todos los parámetros considerados, el uso de las metodologías establecidas en la NSCA Lago Villarrica y complementados por el PMCCA Lago Villarrica.

Componente agua: Se verifica la entrega de reportes asociados a las campañas de muestreo de aguas realizadas en toda la Red de Observación (según corresponda de acuerdo a lo especificado en Tabla 18), de los siguientes parámetros: Hidrocarburos Totales, Sílice Reactiva, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Turbidez, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto, N-nitrato, N-nitrito, Conductividad Eléctrica, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Fósforo Total, Fósforo Disuelto, Clorofila “a” y Fitoplancton.

Componente sedimento: Se verifica la entrega de datos respecto de las campañas de muestreo de sedimentos realizadas en toda la Red de Observación de los parámetros Materia Orgánica Total, Nitrógeno Total Kjeldahl, Fósforo Total, Carbono Orgánico Total, Hidrocarburos Totales, Metales y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu y As) y Granulometría.

9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS

La Resolución SMA N° 671 del 21 de julio de 2016, que Dicta Instrucciones Generales Sobre la Elaboración de los Programas de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, establece que el informe técnico de Calidad de las Aguas, en este caso, del Lago Villarrica, deberá considerar dentro los aspectos a informar:

- Los resultados del examen y validación de los datos, de manera consolidada.
- La evolución de la calidad del agua de acuerdo a los resultados de los periodos anteriores.
- El estado en que se encuentra el cuerpo de agua protegido, ya sea que se encuentre conforme a lo establecido en la norma de calidad, en estado de latencia o en estado de saturación.

En línea con lo anterior, en la Tabla 21 se expone un resumen del cumplimiento normativo existente respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano de 2014 hasta la primavera de 2019.

Tabla 21. Resumen de evaluación de datos históricos de la Red de Control entre 2014 y 2019

Parámetros	Normativa	2014-2015						2015-2016						2016-2017						2017-2018						2018-2019					
		Centro Lago	LIT Pucón	LIT Norte	LIT Villarrica	LIT Sur	LIT Poza	Centro Lago	LIT Pucón	LIT Norte	LIT Villarrica	LIT Sur	LIT Poza	Centro Lago	LIT Pucón	LIT Norte	LIT Villarrica	LIT Sur	LIT Poza	Centro Lago	LIT Pucón	LIT Norte	LIT Villarrica	LIT Sur	LIT Poza	Centro Lago	LIT Pucón	LIT Norte	LIT Villarrica	LIT Sur	LIT Poza
Transparencia	Promedio																														
	Mínimo																														
Saturación de Oxígeno (columna)	Promedio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	Mínimo																														
Saturación de Oxígeno (fondo)	Promedio		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X			
	Mínimo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Clorofila "a"	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Total	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Total	Promedio																														
	Máximo																														

Resultado con cumplimiento normativo.

X
(No requiere ser medido)

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.

A partir de lo establecido en la Tabla 21, que entrega los resultados obtenidos de las evaluaciones de los datos históricos realizadas entre el periodo 2014-2019 proporcionados por DGA y correspondientes a las 6 estaciones de la Red de Control (**Anexo 8**), se logra establecer lo siguiente:

- De los 7 parámetros medidos, ninguno ha presentado cumplimiento normativo continuo durante el periodo informado. Sin embargo, se establece como situación especial lo ocurrido con el parámetro Clorofila “a”, el cual, tras presentar incumplimientos entre 2014 y 2016 en todas las estaciones de la Red de Control, a partir del periodo 2016 presenta cumplimientos normativos consecutivos.
- Los parámetros que presentan mayor recurrencia por invalidación de datos o imposibilidad de análisis durante el periodo histórico, son: Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total y Fósforo Total.
- En general no se logra observar tendencias claras en los parámetros Transparencia, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, que permitan identificar un comportamiento en el tiempo en cada estación. Respecto del parámetro Saturación de Oxígeno, se observa una leve tendencia a la estabilización de las concentraciones a partir del año 2015 en las estaciones LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Villarrica y PEL-CE. Similar situación ocurre con el parámetro Clorofila “a”, pero a partir del año 2016 en las seis estaciones de la Red de Control.
- Respecto de las diferencias registradas entre los valores mínimos y máximos reportados para cada parámetro en las seis estaciones de la Red de Control, es posible determinar que el mayor porcentaje se presenta en los parámetros Nitrógeno Total y Clorofila “a”, este último a causa de los valores registrados durante el periodo 2015. Por otro lado, el parámetro que presenta menores diferencias entre valores máximos y mínimos es Saturación de oxígeno, el cual no supera el 19% de variación.

En referencia al estado en que se encuentra actualmente la Calidad de las Aguas del Lago Villarrica, el Ministerio del Medio Ambiente a través del Decreto N° 43 promulgado con fecha 19 de octubre de 2017, declaró zona saturada por Clorofila “a”, Transparencia y Fósforo Disuelto a la Cuenca del Lago Villarrica.

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 para la Red de Control por la DGA, durante el período comprendido entre el 01 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2019, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en la NSCA Lago Villarrica, y de las campañas realizadas por la DIRECTEMAR, 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 seis estaciones definidas como **Red de Control**, se determina la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- a) Transparencia: Se presenta **cumplimiento normativo** respecto del valor mínimo y del promedio bienal en cinco de las seis estaciones de la Red de Control, siendo la excepción la estación PEL-CE, la cual presenta **incumplimiento normativo** para ambos límites.
- b) Saturación de Oxígeno: Se presenta **cumplimiento normativo** respecto de los valores mínimos en las seis estaciones de la Red de Control y del criterio complementario establecido en el inciso segundo del artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica (aplica solamente a la estación PEL-CE).
- c) Clorofila "a": Se presenta **cumplimiento normativo** respecto de los valores máximo y promedio bienal en las seis estaciones de la Red de Control y del criterio complementario establecido en el inciso tercero del artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica.
- d) Fósforo Disuelto: Se presenta **cumplimiento normativo** respecto de los valores máximo y promedio bienal en tres de las seis estaciones de la Red de Control (LIT Pucón, LIT La Poza y PEL CE).
Para las tres estaciones restantes (LIT Norte, LIT Sur y LIT Villarrica), se presenta su evaluación referencial debido a la invalidación de los datos de la campaña verano 2018 por exceder los tiempos de preservación de muestra superiores a los requeridos. Al respecto, se presenta **cumplimiento normativo referencial** para máximo y promedio en dichas estaciones.
- e) Fósforo Total: Se presenta **cumplimiento normativo** respecto del valor máximo y del promedio bienal en cinco de las seis estaciones de la Red de Control, siendo la excepción la estación PEL-CE, la cual presenta **incumplimiento normativo** para ambos límites.
- f) Nitrógeno Disuelto: Considerando que el parámetro se encuentra conformado por las especies nitrogenadas N-nitrato, N-nitrito y N-amoniaca, respecto del valor máximo y del promedio bienal se evalúa de manera referencial por la inexistencia de reportes de N-amoniaca, durante las campañas de verano 2018 y verano 2019, en todas las estaciones de la Red de Control. Al respecto, se presenta **cumplimiento normativo referencial** para máximo y promedio en todas las estaciones.
- g) Nitrógeno Total: Considerando que el parámetro se encuentra conformado por las especies nitrogenadas N-nitrato, N-nitrito y NT-Kjeldahl, respecto del valor máximo y del promedio bienal se evalúa de manera referencial tras la invalidación de los datos reportados para NT-Kjeldahl durante el periodo verano 2018, en todas las estaciones de la Red de Control. Al respecto, se observa **cumplimiento normativo referencial** tanto del valor máximo como del promedio bienal en cinco de las seis estaciones de la Red de Control, siendo la excepción la estación LIT-Pucón.

En conclusión, se establece el incumplimiento de las NSCA Lago Villarrica en el periodo bienal 2018-2019 por Fósforo Total y Transparencia en la estación PEL-CE.

11. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Oficio ORD. DGA N° 77, de 30 de noviembre de 2018 /Minuta DCPRH N° 31 DGA 2018.
2	Oficio ORD. DGA N° 83, de 30 de diciembre de 2019 /Minuta DCPRH N° 42 DGA 2019.
3	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/910/S.M.A., de 09 de julio de 2019.
4	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/625/S.M.A., de 30 de abril de 2020.
5	Oficio ORD. DGA N° 31, de 22 de junio de 2020.
6	Resumen de datos Red de Control período 2018 - 2019.
7	Resumen de datos Red de Observación período 2018 - 2019.
8	Registro y análisis histórico de la Calidad de las Aguas en Red de Control periodo 2014 - 2019.
9	Registro histórico de la Calidad de las Aguas y Sedimentos en Red de Observación periodo 2014 - 2019.