



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

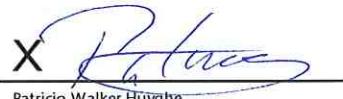
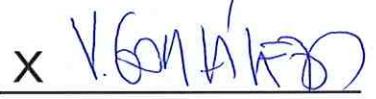
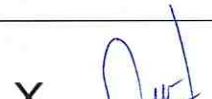
**INFORME TÉCNICO DE
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA**

**NORMA SECUNDARIA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE
LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DEL LAGO VILLARRICA**

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

DFZ-2019-2035-IX-NC

Noviembre 2019

	Nombre	Firma
Aprobado	Patricio Walker H.	X  Patricio Walker Húyque Encargado Sección de Recursos Hídricos y T...
Revisado	Verónica González D.	X  Verónica González Delfín Sección de Recursos Hídricos y territorio
Elaborado	María José Iglesias O.	X  María José Iglesias Ossorio Sección de Recursos Hídricos y Territorio

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	9
5.5.	Metodologías de muestreo y análisis.....	11
6.	RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	17
6.1.	Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo.....	17
6.2.	Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo	19
7.	VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....	27
7.1.	Estaciones de monitoreo Red de Observación	27
7.2.	Frecuencia de monitoreo Red de Observación.....	28
7.3.	Metodologías de muestreo y análisis.....	33
8.	RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN	35
9.	ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS	35
10.	CONCLUSIONES	38
11.	ANEXOS	43

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del 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 la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para todas las áreas de vigilancia establecidas en la norma y para todas las estaciones de control incluidas en el programa de vigilancia actualmente vigente, durante el período enero 2017 a diciembre de 2018, 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. Además, se verificó los datos correspondientes a la Red de Observación levantados por la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR).

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

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, Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, con el fin de establecer si cumplen con los requerimientos establecidos tanto en el D.S. 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente y 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, en los parámetros Saturación de Oxígeno, Clorofila y Fósforo Total, mientras que en el caso del parámetro Transparencia, se obtuvo cumplimiento en 5 de las 6 estaciones. El resto de los parámetros (Fósforo Disuelto, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total), solo pueden ser evaluados de forma referencial¹ a causa de la invalidación de datos, o bien por falta de información. Siendo así, fue posible establecer cumplimiento normativo referencial en todas las estaciones de la Red de Control para el Fósforo Disuelto, y en 4 de las 6 estaciones para el Nitrógeno Disuelto y el Nitrógeno Total.

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 (1) inexistencia del reporte o (2) invalidación del mismo.

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 2017-2018, 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.

Por otra parte, en la componente sedimentos se constata, en al menos una oportunidad durante el periodo bienal 2017-2018, en 5 estaciones de la Red de Control (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Pucón, LIT-Poza y LIT-Villarrica), reportes de los parámetros Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica Total, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total.

2. INTRODUCCIÓN

La Norma Secundaria 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 “Trofía 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 12º del D.S. N° 19/2013, 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 la norma, además de incorporar áreas, estaciones y parámetros adicionales como parte de una Red de Observación que permita recabar información integral relativa a la situación ambiental de los cursos de agua normados, y generar información para las revisiones futuras de las normas para su perfeccionamiento.

De acuerdo al artículo 7º del mencionado Decreto, 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 2017 ha sido adoptado desde el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2018-1755-IX-NC**, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2018, conformando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 31 diciembre de 2018. De esta forma, el presente informe da cuenta de 6 actividades de fiscalización², sumado a una actividad de acompañamiento de esta Superintendencia en apoyo a la Dirección General de Aguas, durante la campaña de primavera de 2018.

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

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.

Tabla 1. Antecedentes remitidos por la Dirección General de Aguas y por Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático.

Nº Anexo	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGA N° 312, del 04 de diciembre de 2017. Envía antecedentes complementarios al informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica. Se adjunta minuta DCPRH N° 49/2017.	01 de diciembre de 2017	enero 2017 a diciembre 2017
2	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
3	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/362/S.M.A. del 07 de abril 2017. Remite de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Lago Villarrica.	12 de abril de 2017	abril 2016 a marzo 2017
4	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/1495/S.M.A. del 23 de noviembre 2018. Remite de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Lago Villarrica.	30 de noviembre 2018	octubre 2017 a noviembre 2017
5	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	Octubre 2018 a febrero 2019

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

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica y del PMCCA Lago Villarrica, para el período bienal enero 2017 a diciembre 2018, 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- 2018).

4. ALCANCE

En primer lugar, se evalúa la validez la información recopilada en la Red de Control durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 31 de diciembre de 2018, para lo cual se verifica si se generó en estricto apego a los criterios técnicos establecidos 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 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, esto es, de forma oficial o bien a nivel referencial.

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 la NSCA Lago Villarrica. Los resultados permiten calificar cada caso como cumplimiento o incumplimiento normativo, o el símil referencial, según corresponda.

Por último, se describen las condiciones bajo las cuales se ha ejecutado el monitoreo de la Red de Observación, se evalúa la validez de los resultados según los compromisos establecidos en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica, 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 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 4º 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 fundamentalmente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8 del Decreto Supremo N° 19, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.
- b) Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de ensayo correspondientes.
- c) Validación de los resultados obtenidos acorde a diversos criterios de representatividad, por ejemplo: tiempos de preservación, límites de detección acorde a los límites normativos, etc.
- d) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:
 - i) Si el LD ≥ al 80% del límite normativo, se considerará que el resultado corresponde a un valor no válido para efectos de la evaluación de cumplimiento.

- ii) Si LD < al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido para efectos de la evaluación de cumplimiento y que el resultado es igual al LD.
- e) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:
 - i) Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
 - ii) El dato será válido si y solo si la suma de las fracciones es 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 2017 -2018, 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 comprendido entre el 1 de enero de 2017 y el 31 de diciembre de

2018, las cuales fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la Dirección General de Aguas (DGA), a través de los oficios definidos en **Anexos 1 y 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

En los Oficios Ord. N° 312/2017 (**Anexo 1**) y Ord. N° 77/2018 (**Anexo 2**), se detallan las actividades de medición efectuadas por la Dirección General de Aguas (DGA) entre los años 2017 y 2018, todas en el marco del monitoreo de la Red de Control, definida en la NSCA Lago Villarrica. A través de estos antecedentes es posible establecer la cantidad de muestreos realizados en cada una de las estaciones de la Red de Control, lo cual es expuesto 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 2017	Campañas 2018
PEL - CE	Centro lago	01-03-2017 18-10-2017	28-02-2018 24-10-2018
LIT - Pucón	Litoral Pucón	01-03-2017 17-10-2017	28-02-2018 23/24-10-2018
LIT - Norte	Litoral Norte	01-03-2017 18-10-2017	27-02-2018 24-10-2018
LIT - Villarrica	Litoral Villarrica	01-03-2017 18-10-2017	27-02-2018 24-10-2018
LIT - Sur	Litoral Sur	01-03-2017 18-10-2017	27-02-2018 24-10-2018
LIT - Poza	Bahía La Poza	01-03-2017 17-10-2017	28-02-2018 23-10-2018

A través de la información expuesta, es posible identificar la realización de 4 monitoreos en cada una de las 6 estaciones de la Red de Control, durante el periodo definido entre el 1 de enero de 2017 y el 31 de diciembre de 2018 (2 campañas por año). Junto a lo anterior, se valida que la ejecución de las campañas de monitoreo fue desarrollada de acuerdo a lo establecido en el artículo decimocuarto del PMCCA Lago Villarrica, el cual establece que deberán ser realizados en verano (entre los meses febrero a marzo) y primavera (entre los meses octubre a diciembre).

5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control

Con el fin de validar la frecuencia de monitoreo requerida para la Red de Control de la calidad de las aguas del Lago Villarrica, es preciso tener la vista que la NSCA Lago Villarrica establece la realización de, al menos, 1 monitoreo al año en cada estación de control, mientras que el PMCCA Lago Villarrica establece la realización de dos monitoreos al año, distribuidos en primavera (entre los meses de octubre a diciembre) y verano (entre los meses de febrero a marzo). Esto último se debe a que el

lago presenta dificultades para su navegación durante el invierno, sumado a la existencia de una mayor circulación de agua en invierno, con mínimas variaciones en la temperatura de la columna de agua entre la superficie y el fondo, en tanto que durante primavera y verano se desarrolla una estratificación térmica, sumada a la proliferación de algas importante de vigilar. En el mismo documento se establece además, las diferentes profundidades para mediciones en la columna de agua, que corresponden a superficie, 10m y 20m en las estaciones litorales; y superficie, 10m, 30m, 70m y fondo en la estación pelágica.

La Dirección General de Aguas (DGA) en los Oficios Ord. N° 312/2017 y Ord. N° 77/2018, hizo entrega de la información recopilada durante el periodo evaluación bienal (2017-2018). A continuación en Tabla 3, se entrega el detalle de los resultados asociados a la frecuencia de monitoreo de cada uno de los parámetros en estudio, con sus respectivas profundidades (medidas en metros), en cada una de las estaciones de la Red de Control.

Tabla 3. Frecuencia y profundidad de medición por parámetro en el período evaluado. (Fuente elaboración propia)

Estación	Parámetro	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018
PEL - CE	Transparencia	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Saturación de Oxígeno	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Clorofila "a"	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Fósforo Disuelto	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Fósforo Total	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/30/70/100	0/10/(***)/70/100	(***)	0/10/30/70/100
	Nitrógeno Total (**)	0/10/30/70/100	0/10/(***)/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
	Saturación de Oxígeno	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
	Fósforo Disuelto	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
	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/20	0/10/20	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	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
	Saturación de Oxígeno	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
	Fósforo Disuelto	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
	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/20	0/10/20	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	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
	Saturación de Oxígeno	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
	Fósforo Disuelto	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
	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/20	0/10/20	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	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
	Saturación de Oxígeno	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
	Fósforo Disuelto	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

Estación	Parámetro	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018
LIT - Pucón	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/20	0/10/20	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Transparencia	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
	Clorofila "a"	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
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	0/10/20	0/10/20	(***)	0/10/20
	Nitrógeno Total (**)	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20

Destacado en naranjo 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-Ammoniacal.

(**) 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 que componen el 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 cuatro campañas realizadas y durante el periodo bienal establecido (2017-2018), son: Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila "a", Fósforo disuelto y Fósforo total.

Respecto del parámetro Nitrógeno Total, se presentan registros en todas las estaciones, periodos y profundidades, con excepción de la estación PEL-CE en la profundidad 30 metros durante el periodo primavera 2017, en la cual no fueron reportadas las especies nitrogenadas N-Nitrito, N-Nitrato y NT-Kjeldahl, con lo cual no es posible obtener el valor del parámetro.

En referencia al parámetro Nitrógeno Disuelto (cuyo resultado se obtiene a partir de las fracciones nitrogenadas N-Nitrito, N-Nitrato y N-Ammoniacal), se verifica la imposibilidad de contar con la cantidad de datos mínima para su evaluación bienal en todas las estaciones de la Red de Control, debido a la falta de información de la especie nitrogenada N-Ammoniacal durante la campaña verano 2018, lo que se suma a la falta de información del mismo parámetro en la campaña primavera 2017 sólo en la estación PEL-CE, en la profundidad 30 metros.

5.5. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 9º de la NSCA Lago Villarrica, así como también en el PMCCA Lago Villarrica, indican los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, según se muestra en la Tabla 4 siguiente:

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.

³ O sus versiones actualizadas

Identificación	Título de la norma
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.	Describas 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 validados utilizados en la verificación del cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica, se consideran los definidos tanto en el Artículo 10º del D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente (o su versión actualizada) junto con los definidos 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 D.S. N°19/2013 MMA y complementados por PMCCA Lago Villarrica)

Parámetro	Metodología	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	DGALGOTR1/2009; Método Interno
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 ortofosfato	4500-P G. Standard Methods
	Método de Ácido Ascórbico	4500 P-E. Standard Methods Hach 8048, USEPA
	Espectroscopía 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	Método de Diazotización	Hach 8507, USEPA
	Método colorimétrico	4500-NO ₂ B. Standard Methods
	Método Espectroscopía de adsorción molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Nitrato	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 Espectroscopía 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-Amoniacal	
Nitrógeno Total	Método de Persulfato	4500-N C. Standard Methods

Parámetro	Metodología	Referencia
	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 Espectroscopía absorción molecular.	10200 H. Standard Methods DGALGOCL1/2009 Método Scor Unesco

En base a lo anterior, la Dirección General de Aguas (DGA) remitió los resultados de los análisis de laboratorio para los muestreos realizados entre el 1 de enero 2017 y el 31 diciembre 2018, en los cuales se detallan los métodos analíticos empleados para la obtención de resultados a ser evaluados, los cuales son expuestos en Tabla 6.

Tabla 6. Metodología de Análisis DGA (De acuerdo a lo establecido en Ord. DGA N°312/2017 y Ord. DGA N° 77/2018).

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, modelo EXO2, serie 15J101074 (campañas primavera 2017 y primavera 2018), Sonda Multiparámetro marca Hidrolab, modelo DS5 serie 209 (campañas verano 2017 y verano 2018).	Sin referencia indicada.
Nitrito ^(3, 5)	Determinación de aniones por Cromatografía	4500-NO ₂ B. Standard Methods
Nitrato ^(3,4)	Determinación de aniones por Cromatografía	4500-NO ₃ B. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) ⁽⁴⁾	Método de Fenato Método del electrodo Amonio selectivo	4500 NH ₃ F 2005. Standard Methods en campañas verano 2017, primavera 2017 y primavera 2018. 4500 NH ₃ D 2005. Standard Methods en campaña primavera 2017 para estaciones: LIT Pucón superficial, 10m y 20m; Río Toltén superficial; Villarrica pelágico 70m; LIT Sur superficial, 10m y 20m; LIT Norte 10m y 20m; LIT Villarrica superficial, 10m y 20m.
Nitrógeno Total Kjeldahl ⁽³⁾	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	
Fósforo Disuelto	Espectroscopía 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. Standard Methods 4500-P J / P E. Standard Methods (campañas primavera 2017)
Clorofila “a”	Espectroscopía de absorción molecular.	Método Scor, UNESCO

⁴ Metodología utilizada para la obtención del parámetro Nitrógeno Total.

⁽⁵⁾ Metodologías utilizadas para la obtención del parámetro Nitrógeno Disuelto.

En referencia de las metodologías utilizadas por la Dirección General de Aguas (DGA), sobre las muestras obtenidas en las 4 campañas realizadas durante el periodo 2017 -2018, respecto de las definidas en la NSCA Lago Villarrica y complementados por PMCCA Lago Villarrica, es posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas para el desarrollo de las 4 campañas de muestreo, consideran las establecidas en los instructivos emitidos por la Dirección General de Aguas (DGA), descritas a continuación en Tabla 7:

Tabla 7. Instructivos de metodologías de muestreo

Instructivo	Metodología
LADGA-IML-01 v.01/2017	Procedimiento de muestreo para aguas de lagos naturales.
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 toma de muestra de 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 recomendados para cada parámetro analizado son aquellos establecidos en la NCh. 411/3 Of. 96 y/o en “Standard Methods” for Examination of Water and Wastewater, ambos considerados dentro de la NSCA Lago Villarrica como en el PMCCA Lago Villarrica.

En cuanto a los tiempos de preservación calculados a partir de la información entregada por la DGA, en los Oficios Ord. N° 312/2017 y Ord. N° 77/2018, es posible establecer que los parámetros Clorofila “a”, Fósforo Total y las fracciones nitrogenadas conformantes de los parámetros Nitrógeno Total y Nitrógeno Disuelto, se presentan dentro de los plazos mencionados en todas las campañas de muestreo asociadas al periodo bienal (2017-2018), desarrolladas en las 6 estaciones correspondientes a la Red de Control.

Respecto del parámetro Fósforo Disuelto, éste presenta cumplimiento de los tiempos de preservación sólo en las estaciones LIT-La Poza, LIT-Pucón y PEL-CE, durante las 4 campañas del periodo bienal, el resto de las estaciones (LIT-Norte, LIT-Villarrica y LIT-Sur), presentan excedencia en el tiempo de preservación durante la campaña verano 2018 (ver el detalle del análisis en el **Anexo 6**), razón por la cual se han invalidado los resultados de Fósforo Disuelto antes indicados para efectos de la evaluación de cumplimiento normativo.

Los parámetros Transparencia y Saturación de Oxígeno, no son considerados en este análisis debido a que sus mediciones son realizadas *in situ*.

- Contratación de laboratorios externos: Respecto de los servicios de laboratorios externos utilizados por parte de DGA, para el análisis de muestras correspondientes a las 4 campañas realizadas en el periodo bienal y considerando los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, programa de medición y control de la calidad ambiental del agua y referencias de esta Superintendencia, se establece lo siguiente:
 - a) Contratación de un único laboratorio que realice los análisis de las fracciones de un parámetro. Las especies nitrogenadas informadas (N-nitrato, N-nitrito, N-amoniacial y NT-Kjeldahl), cuya medición ha sido solicitada debido a que forman parte de 2 de los parámetros evaluados en el presente informe (Nitrógeno disuelto y Nitrógeno total), durante el periodo bienal, han sido analizadas por 2 laboratorios subcontratados (durante 2017 por laboratorio ANAM y durante 2018 por el laboratorio SGS). Considerando que los análisis de las 4 especies medidas en cada una de las 4 campañas realizadas, estuvieron a cargo por un único laboratorio, se valida la información obtenida.
 - b) Dato validado si y sólo si, la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total. A partir de los resultados obtenidos para cada una de las especies (o fracciones) componentes de los parámetros Nitrógeno disuelto y Nitrógeno total, se logra establecer que los resultados de las mismas, se encuentra en rangos inferiores a los obtenidos para los parámetros en evaluación, lo cual permite verificar su cumplimiento.
- Metodologías de análisis: Las metodologías de análisis utilizadas respecto de los parámetros, Transparencia, Oxígeno disuelto, Clorofila “a”, Fósforo disuelto, Fósforo total y fracciones componentes de los compuestos nitrogenados Nitrógeno disuelto y Nitrógeno total (N-Nitritos, N-Nitratos y NT-Kjeldahl), concuerdan con las definidas tanto en la NSCA Lago Villarrica como en el PMCCA Lago Villarrica. Situación distinta a lo que ocurre con la metodología utilizada para el análisis de N-Amoniacal durante la campaña primavera 2017, en las estaciones de la Red de Control LIT-Villarrica, LIT-Sur, LIT Pucón (en todas las profundidades) y en LIT Norte (en profundidad 10 y 20 metros), en las cuales la metodología difiere a las propuestas en Tabla 5. Por lo antes comentado, se ha invalidado el resultado de este parámetro en los casos antes indicados.
- Condición en análisis de muestras de parámetros constituidos por fracciones: A partir de lo indicado en el capítulo 5.1 e), ítem i y ii, en el cual se establecen las condiciones de validación de los datos obtenidos de parámetros que se encuentren constituidos por la suma de sus fracciones, es posible establecer lo siguiente:
 - El análisis de las fracciones nitrogenadas N-Nitrito, N-Nitrato, N-amoniacial y NT-Kjeldahl asociadas a los parámetros Nitrógeno disuelto y Nitrógeno total, fueron realizadas por un

único laboratorio en cada una de las 4 campañas realizadas en el periodo bienal 2017-2018, lo que permite establecer el cumplimiento de la condición indicada.

- Las fracciones nitrogenadas obtenidas y constituyentes de los parámetros Nitrógeno disuelto (N-Nitrito, N-Nitrato y N-amoniocal) y Nitrógeno total (N-Nitrito, N-Nitrato y NT-Kjeldahl), presentan valores que no superan la concentración obtenida para el parámetro total, en cada una de las 4 campañas realizadas en el periodo bienal 2017-2018, lo que permite establecer el cumplimiento de la condición indicada.

- 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, establece que el valor del límite de detección debe ser igual o menor al 80% del valor normativo. Al respecto, es posible establecer que en los valores de Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila "a", Fósforo disuelto y Fósforo Total, se cumple con dicho requisito. Distinto ocurre para la especie Nitrógeno Total Kjeldahl, durante la campaña verano 2018, en todas las estaciones de la Red de Control, la cual presenta un límite de detección superior al valor definido en la norma, lo cual invalida los resultados del parámetro Nitrógeno Total durante todo el periodo mencionado.

6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El Artículo 5º 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 la cuenca del Lago Villarrica (Adaptado de D.S. N°, 19/2013 MMA)

Parámetros	Unidad	Criterio	Área de Vigilancia					
			PEL-CE	LIT- Poza	LIT - Pucón	LIT- Norte	LIT- Villarrica	LIT-Sur
Trofía 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

Parámetros	Unidad	Criterio	Área de Vigilancia					
			PEL-CE	LIT- Poza	LIT - Pucón	LIT- Norte	LIT- Villarrica	LIT-Sur
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-amonio.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7º de la NSCA Lago Villarrica, se entenderá sobrepasada la norma de calidad cuando se presente una o más de las siguientes condiciones:

- a) Cuando 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 programa de medición y control de la calidad ambiental del agua, sea mayor a los límites establecidos en el artículo 5º. 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 5º; y/o
- b) Cuando para el área Pelagial (PEL - CE) la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año; y/o
- c) Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepongan los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5º; y/o
- d) Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepongan los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo.

A partir de los resultados obtenidos mediante el muestreo realizado en cada campaña en el período bienal asociados a los Ord. DGA N° 312/2017 y Ord. DGA N° 77/201 y teniendo como referencia los criterios establecidos en la NSCA Lago Villarrica, se verifica su cumplimiento, por cada estación de monitoreo, considerando el período de campañas de monitoreo comprendido entre enero 2017 y diciembre de 2018 (2 años consecutivos).

Considerando la validez de los datos verificada en la sección 5 del presente informe, la evaluación de cumplimiento de la norma será abordada de acuerdo a lo siguiente:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila “a” y Fósforo total en todas las estaciones de la Red de Control.
- 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 pondrá 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:

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

Donde:

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 pelágica)

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 pelágica y rango de profundidades del lago.

Nº Rango (i)	Rango de Profundidad (m)	Pelágico
1	0 a 5	4%
2	5 a 20	12%
3	20 a 50	23%
4	50 a 85	24%
5	85 a h.max.	36%

Tabla 10. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia litoral y rango de profundidades del lago.

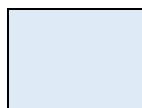
Nº Rango	Rango de profundidades (m)	LIT-Norte	LIT-Sur	LIT-Villarrica	LIT-La Poza	LIT-Pucón
1	0 a 5	39%	43%	41%	44%	41%
2	5 a 15	45%	46%	47%	50%	46%
3	15 a 25 ^(*)	16%	11%	13%	6%	13%
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%

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

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 2017 a diciembre de 2018. 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 celdas utilizada en las Tabla 11 a Tabla 16:



Corresponden a campañas en que no se realizó el análisis respectivo del parámetro en todas o algunas de las profundidades de muestreo consideradas en el PMCCA.



Corresponde a datos invalidados por presentar tiempos de preservación de muestra fuera de los plazos máximos definidos.



Datos inválidos por uso de metodología no aprobada.



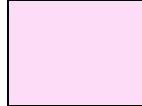
Corresponde a datos invalidados por presentar metodologías de análisis con límites de detección por sobre el 80% del valor normativo.



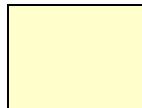
Corresponde a parámetro con cumplimiento normativo.



Corresponden, a modo de advertencia, a los parámetros cuyo resultado corresponde a un valor próximo a los límites máximos 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).



Corresponden a los parámetros cuyo resultado 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).



Corresponde a evaluación de cumplimiento normativo que no puede ser realizada, debido a la falta de uno o más reportes durante el periodo bienal.

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Promedio norma	Máx./Mín. campañas	Máx./Mín. norma	Observaciones
Transparencia	m	7,4	7,9	8,4	4,0	6,9	≥ 9	4,0	≥ 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)	%	90	98	88	92	-	-	88	≥ 80	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno (fondo)	%	88	97	87	86	89	≥ 50	-	-	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	1,2	0,7	0,8	2,5	1,3	≤ 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	0,005	0,003	0,004	0,005	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	0,008	0,004	0,006	0,013	0,008	≤ 0,010	0,013	≤ 0,015	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,117	NPA	NPA	0,068	NPA	≤ 0,10	0,117	≤ 0,15	Valor promedio sin evaluación. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,117	NPA	NV	0,168	NPA	≤ 0,15	0,168	≤ 0,20	Valor promedio sin evaluación. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.

NV: Dato no válido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del período bienal por falta de información).	Dato inválido por superación de tiempos de preservación de muestra	Dato no válido por uso de metodología no aprobada	Dato no válido por límite de detección de metodología usada	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).	Resultado no cumple lo establecido en norma.	Análisis no permite evaluación por falta de datos.
--	--	---	---	---	--	--

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. Campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	6,5	11,5	8,0	6,4	8,1	≥ 7	6,4	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo. Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	110	103	103	97	-	-	97	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	3,6	1,1	1,7	1,2	1,9	≤ 5	3,6	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,005	0,003	0,004	0,006	0,005	≤ 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	0,009	0,003	0,006	0,016	0,009	≤ 0,015	0,016	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,370	NV	NPA	0,213	NPA	≤ 0,15	0,370	≤ 0,30	Valor promedio sin evaluación. Valor mínimo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,310	0,088	NV	0,378	0,258	≤ 0,15	0,378	≤ 0,30	Valor promedio superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial. Valor máximo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.

NV: Dato no valido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información).	Dato invalido por superación de tiempos de preservación de muestra	Dato no valido por uso de metodología no aprobada	Dato no valido por límite de detección de metodología usada	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).	Resultado no cumple lo establecido en norma.	Análisis no permite evaluación por falta de datos.
--	--	---	---	---	--	--

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. Campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	9,0	7,5	14,0	4,0	8,6	≥ 7	4,0	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo. Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	112	100	106	101	-	-	100	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	2,6	0,6	1,7	4,1	2,3	≤ 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	0,003	0,003	NV	0,004	0,003	≤ 0,015	0,004	≤ 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	0,008	0,003	0,003	0,015	0,007	≤ 0,015	0,015	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,071	NV	NPA	0,030	NPA	≤ 0,15	0,071	≤ 0,30	Valor promedio sin evaluación. Valor mínimo inferior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,071	0,097	NV	0,130	0,099	≤ 0,15	0,130	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.

NV: Dato no valido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información).

Dato invalido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no valido por uso de metodología no aprobada

Dato no valido por límite de detección de metodología usada

Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).

Resultado no cumple lo establecido en norma.

Análisis no permite evaluación por falta de datos.

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Norma promedio	Máx./Mín. Campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	6,6	8,1	9,6	4,5	7,2	≥ 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	105	107	106	-	-	105	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	2,8	1,1	1,8	4,6	2,5	≤ 5	4,6	≤ 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	0,003	NV	0,003	0,003	≤ 0,015	0,003	≤ 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	0,008	0,003	0,003	0,011	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	0,079	NV	NPA	0,029	NPA	≤ 0,15	0,079	≤ 0,30	Valor promedio sin evaluación. Valor mínimo inferior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,08	0,049	NV	0,126	0,085	≤ 0,15	0,126	≤ 0,30	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.

NV: Dato no válido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición
(Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información).

Dato invalido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no valido por uso de metodología no aprobada

Dato no valido por límite de detección de metodología usada

Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).

Resultado no cumple lo establecido en norma.

Análisis no permite evaluación por falta de datos.

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	7,0	7,5	11,5	4,5	7,6	≥ 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	%	114	105	106	102	-	-	102	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	2,5	1,3	0,8	4,0	2,2	≤ 5	4,0	≤ 10	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,004	0,003	NV	0,003	0,003	≤ 0,015	0,004	≤ 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	0,008	0,003	0,003	0,012	0,006	≤ 0,015	0,012	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,360	NV	NPA	0,041	NPA	≤ 0,15	0,360	≤ 0,30	Valor promedio sin evaluación. Valor mínimo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,360	0,041	NV	0,140	0,180	≤ 0,15	0,360	≤ 0,30	Valor promedio superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial. Valor máximo superior al umbral máximo, configura incumplimiento normativo referencial.

NV: Dato no valido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información).	Dato invalido por superación de tiempos de preservación de muestra	Dato no valido por uso de metodología no aprobada	Dato no valido por límite de detección de metodología usada	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).	Resultado no cumple lo establecido en norma.	Análisis no permite evaluación por falta de datos.
--	--	---	---	---	--	--

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

Parámetro	Unidad	Verano 2017	Primavera 2017	Verano 2018	Primavera 2018	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	9,0	5,0	10,5	4,0	7,1	≥ 7	4,0	≥ 4	Valor promedio superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo. Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	110	103	104	100	-	-	100	≥ 70	Valor mínimo superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	2,7	1,8	0,8	4,9	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	0,003	0,003	0,007	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	0,008	0,006	0,009	0,012	0,009	≤ 0,015	0,012	≤ 0,025	Valor promedio inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo. Valor máximo inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,067	0,130	NPA	0,037	NPA	≤ 0,15	0,13	≤ 0,30	Valor promedio sin evaluación. Valor mínimo inferior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,067	0,130	NV	0,175	0,124	≤ 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.

NV: Dato no valido.

NPA: No permite análisis bienal.

Parámetro sin medición
(Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información).

Dato invalido por superación de tiempos de preservación de muestra

Dato no valido por uso de metodología no aprobada

Dato no valido por límite de detección de metodología usada

Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).

Resultado no cumple lo establecido en norma.

Análisis no permite evaluación por falta de datos.

Junto con la evaluación de los parámetros para cada estación, presentada en las Tabla 11 a Tabla 16, resulta necesario evaluar también otras condiciones particulares asociadas al cumplimiento de los parámetros Saturación de Oxígeno y Clorofila “a”, las cuales se encuentran definidas en el Artículo 7º del D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente. A continuación se detallan dichas condiciones, y se acompaña su respectiva evaluación:

- **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 la estación PEL-CE, durante el periodo bienal considerado (2017 -2018), presentan resultados por sobre el 50% del valor normativo, por lo cual, se cumple la condición y por tanto, el parámetro presenta cumplimiento normativo respecto de este criterio.
- **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 5º:**
 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 (2014 -2018), se observa en Anexo 6, excedencia del valor normativo en solo una oportunidad, por lo cual, se cumplen ambas condiciones y por tanto, el parámetro presenta cumplimiento normativo.

7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El artículo 13º de la NSCA Lago Villarrica, indica que 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.

Considerando las 6 estaciones analizadas en la Red de Control que también son cubiertas por la Red de Observación (es decir: PEL, LIT Villarrica, LIT Pucón, LIT Norte, LIT Sur y LIT La Poza), el PMCCA Lago Villarrica incluye 3 estaciones de monitoreo adicionales para conformar 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 ⁽¹⁾	Sector Balseadero Quelhue

TOL-Villarrica ⁽²⁾	Sector río Toltén en Villarrica
-------------------------------	---------------------------------

⁽¹⁾ Área de vigilancia de Observación correspondiente al afluente del lago Villarrica.

⁽²⁾ Área de vigilancia de Observación correspondiente al efluente del lago Villarrica.

A continuación, la Figura 2 representa a todas las estaciones que componen la Red de Observación definida en el PMCCA Lago Villarrica.

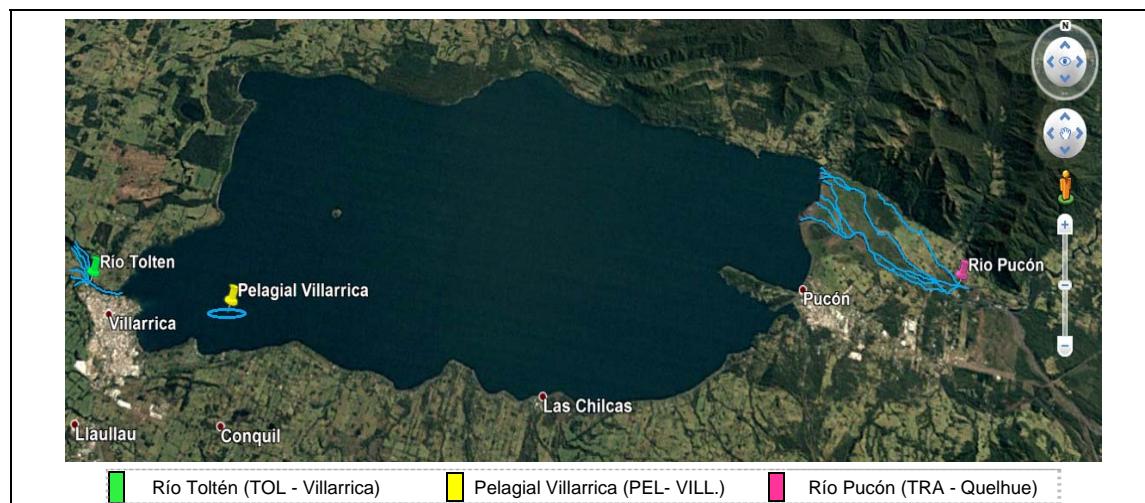


Figura 2. Representación de la Red de Observación del Lago Villarrica (Fuente: elaboración propia SMA).

7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación

La Red de Observación considera la posibilidad de medición de parámetros (de acuerdo a la capacidad técnico-económica de los servicios), en todas las estaciones de monitoreo antes definidas, tanto para calidad de aguas como para sedimentos. El detalle de esta información se detalla en el PMCCA Lago Villarrica, y se expone a continuación en la Tabla 18.

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
Intervención antrópica					
PEL	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					
LIT – Pucón	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
Intervención Antrópica					
Matriz Acuosa					

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
LIT – Norte	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 ⁽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 ⁽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
	Intervención Antrópica				

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
LIT – Villarrica	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 ⁽²⁾	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 ⁽²⁾	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 – Poza	Intervención Antrópica				
	Matriz Acuosa				

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
TRA-Quelhue	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	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 ⁽²⁾	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
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
	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				

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fósforo Total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-30-70-100	DGA
	Nitrógeno disuelto (*)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Nitrógeno Total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
Condición natural					
	Perfil de Temperatura (pT)	°C	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Oxígeno (pO)	mg/L	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Conductividad (pC)	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
	pH	unidad de pH	2	0-10-30-70-100	DGA
	Turbidez	Unidad nefel.	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fitoplancton (Ab. y Comp.)	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

(1) Mediciones puntuales a nivel superficial y profundidad de 20 m.

(2) ResPECTO a Abundancia y Composición.

(3) Correspondientes a Cadmio, Mercurio, Plomo, Cobre y Arsénico.

La información referente a las mediciones ejecutadas durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2017 al 31 de marzo de 2018, fue reportada a esta superintendencia por la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), a través de los Oficios expuestos, en Tabla 1. Considerando la información entregada, en la Tabla 19 se expone un resumen de los parámetros muestreados durante el periodo bienal que va desde enero de 2017 a diciembre de 2018.

Tabla 19. Resumen muestreos ejecutados en Red de Observación para el período bienal 2017-2018.

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	PEL-VILL	TRA-Quelhue	TOL-Villarrica
Componente Agua									
Hidrocarburos totales	2/1	2/1	1/1	2/1	2/1	2/1	-	-	-
Sílice Reactiva	1/0	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	1/2	0/2
Demandा Química de Oxígeno (DQO)	1/0	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/0	1/0	-
Demandा Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1/0	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
pH	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Turbidez	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
Nitrógeno Total	1/1	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/1	
Nitrógeno disuelto	1/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	-
Nitrito (N-NO ₃)	1/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/1	1/1
Nitrito (N-NO ₂)	1/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/1	1/1

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	PEL-VILL	TRA-Quelhue	TOL-Villarrica
Amonio (N-NH ₄)	1/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	1/1
Conductividad eléctrica	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Temperatura	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Oxígeno disuelto	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Saturación de oxígeno	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Transparencia	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/1	-
Fósforo Total	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Fósforo disuelto	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2
Clorofila "a"	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	1/0	1/0
Fitoplancton	2/1	2/2	2/1	2/1	2/2	2/2	2/1	-	-
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 2017/Número de campañas con medición del parámetro en período 2018.

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

En naranjo, parámetros definidos a ser monitoreados según Tabla 18.

(-): Parámetros no medidos.

7.3. Metodologías de muestreo y análisis

Las metodologías utilizadas en el análisis de las muestras obtenidas en las estaciones definidas dentro de la Red de Observación, han sido informadas a ésta Superintendencia por la Dirección General de Aguas (DGA) y por Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), de acuerdo a lo establecido Tabla 20.

Al respecto, por medio de los oficios entregados por DIRECTEMAR e informados a través del INFOTEC SEMESTRAL “Monitoreo Norma Secundaria de Calidad Lago Villarrica” (emitidos con fecha marzo 2017, octubre 2017 y octubre 2018), se entrega el detalle asociado a equipos, metodologías y tiempos de preservación de las muestras de agua y sedimentos. Por su parte, la Dirección General de Aguas, entregó el detalle de los procedimientos de manejo de muestras dentro de los cuales se detallan los diversos instructivos que aplica dicho organismo en sus actividades, los cuales pueden

ser observados en Tabla 7. Las metodologías de análisis utilizadas se detallan a continuación en Tabla 20.

Tabla 20. Metodología de Análisis de DGA (adaptado a partir de Ord. DGA N°312/2017, Ord. DGA N°394/2017 y Ord. DGA N° 77/2018) y de DIRECTEMAR (por medio de Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/362/2017, Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/1495/2018 y Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/910/2019)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Matriz acuosa		
Conductividad eléctrica	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro CTD marca YSI, modelo EXO2, serie 15J101074 (campañas primavera 2017 y primavera 2018), Sonda Multiparámetro marca Hidrolab, modelo DS5 serie 209 (campañas verano 2017 y verano 2018).	No se especifica método utilizado
DBO ₅	Electrodo de Membrana Incubación 5 días.	5210 B Standard Methods Ed. 22 2012
Diplodon Chilensis	Sin información	Sin información.
DQO	Espectroscopía de absorción molecular.	5220 D- Standard Methods Ed. 22 2012
Fitoplancton	Método Uthermol.	-
Hidrocarburos Totales	-	5520 F Hidrocarburos Volátiles Standard Methods, NCh 2313-7
Macrófitas acuáticas	Protocolo MMA.	Determinación de Trofía por la aplicación del índice Trófico Fluvial, basado en Macrófitas (ITFM) y método propuesto por San Martín et al, 2003.
Nitrito	Determinación de aniones por Cromatografía lónica.	4500-NO ₂ B. Standard Methods
Nitrato	Determinación de aniones por Cromatografía lónica	4500-NO ₃ B. Standard Methods
Nitrógeno Ammoniacal (N-NH ₃) ⁽²⁾	Método de Fenato Método del electrodo Amonio selectivo	4500 NH3 F 2005. Standard Methods en campañas verano 2017, primavera 2017 y primavera 2018. 4500 NH3 D 2005. Standard Methods en campaña primavera 2017 para estaciones: LIT Pucón superficial, 10m y 20m; Río Toltén superficial; Villarrica pelágico 70m; LIT Sur superficial, 10m y 20m; LIT Norte 10m y 20m; LIT Villarrica superficial, 10m y 20m.
pH	Electrodo específico.	Standard Methods 4500-H B Ed.22, 2012.
Sílice	ICP.	Standard Methods 4500-SiO ₂ C Ed 22, 2012
Temperatura	Termométrica.	Standard Methods N° 2550 B
Trofia deseada	Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI: Trophic State Index) (1977); Clasificación de condición trófica indicada por Smith et al (1999).	-
Turbidez	Medición con sensor de turbidez.	No se especifica método utilizado
Matriz sedimentaria		

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Arsénico	I-ENVI-LAB-116. I-ENVI-LAB-512.	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3114B Ed.22 2012 (campañas verano y primavera 2017). Basado en EPA 3051, I-ENV-LAB-509 basado en EPA 6020B, ISO 17294-2 (campaña primavera 2018).
Carbono Orgánico Total (COT)	Combustión a alta temperatura.	TMECC 0,5.07. /EPA 9060A
Fósforo Total	I-ENVI-LAB-206. I-ENVI-LAB-235.	Basado en 4500-P C. Standard Methods, Ed. 22, 2012. Basado en 4500-P E. Standard Methods, Ed. 22, 2012.
Granulometría	Escala Wentworth 1922/ASTM E-11-70, Malla 10,18, 35, 60, 120 y 230.	DS 320, 2001. Escala Wentworth
Hidrocarburos totales	I-ENVI-LAB-231.	Basado en EPA3540C, EPA8015, N.Ch. 2313/7.Of97
Hidrocarburos fijos	I-ENVI-LAB-231.	Basado en EPA 3540C, EPA8015, NCh 2313/7.Of 97
Materia Orgánica Total (MOT)	PPC 4500 A 550 °C Sernapesca.	Subsecretaría de Pesca RES.EXE 3612. Pérdida por Calcinación
Metales (Cd, Pb y Cu)	I-ENVI-LAB-116. I-ENVI-LAB-512.	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3111B Ed.22 2012 (campañas verano y primavera 2017). Basado en EPA 3051, I-ENV-LAB-509 basado en EPA 6020B, ISO 17294-2 (campaña primavera 2018).
Nitrógeno Total Kjeldahl	Destilación electrodo específico.	4500- N Orgánico B Standard Methods

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 20, la mayoría de las metodologías utilizadas en el análisis de muestras de agua y sedimentos se encuentran dentro de las definidas en PMCCA Lago Villarrica. Sólo se presenta diferencia respecto de la metodología para el análisis de Nitrógeno Amoniacal durante la campaña primavera 2017, que difiere de las metodologías expuestas en la Tabla 5 para las estaciones LIT Pucón (superficial, 10m y 20m), Río Toltén superficial, Villarrica pelagial 70m, LIT Sur (superficial, 10m y 20m), LIT Norte (10m y 20m) y LIT Villarrica (superficial, 10m y 20m).

8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

Toda la información asociada a la Red de Observación, la cual comprende medición de parámetros en aguas y sedimentos realizadas durante el periodo bienal 2017 -2018, reportadas por la Dirección General de Aguas (DGA) y por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), se presenta en el **Anexo 7**.

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 períodos 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 2018.

Tabla 21. Resumen de evaluación de datos históricos de la Red de Control entre 2014 y 2018

Parámetros	Normativa	2014-2015					2015-2016					2016-2017					2017-2018								
		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
	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
	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
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 entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% según corresponda).

Resultado no cumple con los límites establecidos en la norma.

Análisis no permite evaluación por falta de datos o por invalidación de datos.

De acuerdo a lo evidenciado en la Tabla 21, en la cual se detallan los resultados históricos para cada parámetro medido por la Red de Control en el periodo 2014 -2018, junto con el análisis expuesto en Anexo 8, se logra establecer lo siguiente:

- De los 7 parámetros medidos, ninguno ha presentado cumplimiento normativo consistentemente durante todo el periodo informado. Entre las razones que explican esta situación, se encuentra la ausencia de reportes para algunos parámetros, invalidación de datos bajo ciertas circunstancias e incumplimiento normativo de los límites establecidos.
- En referencia a la evolución de cada uno de los parámetros, medidos en cada una de las 6 estaciones de la Red de Control, se logra observar la ausencia de tendencias o comportamientos cíclicos. Sin embargo, esta aseveración debe tomarse con cautela, puesto que el análisis ha sido realizado con una baja cantidad de datos.
- Los parámetros que históricamente en su evaluación bienal, han presentado mayor cantidad de incumplimientos con evaluaciones de tipo referencial (por falta de datos o por invalidación de los mismos), corresponden a Nitrógeno disuelto, Fósforo total y Nitrógeno total.
- Los parámetros que históricamente en su evaluación bienal, han presentado mayor cantidad de incumplimientos por presentar valores que se encuentran fuera del cumplimiento normativo, corresponden a Fósforo disuelto y Clorofila “a”.
- Los parámetros que históricamente en su evaluación bienal, han presentado mayor cantidad de valores cercanos al límite normativo (siempre considerando su cumplimiento), corresponden a Transparencia y Fósforo Disuelto.

En referencia al análisis desarrollado para cada uno de los parámetros individualmente, y habiendo comparado su comportamiento entre las estaciones de la Red de Control históricamente (**Anexo 9**), es posible comentar lo siguiente:

- En ninguna de las evaluaciones presentadas es posible definir tendencia respecto del comportamiento de los datos en el periodo 2014-2018.
- Respecto de las concentraciones reportadas históricamente, no es posible establecer valores máximos representativos para cada estación, sino que se observa variación entre los máximos durante todo el periodo analizado.
- Al comparar el comportamiento de las distintas estaciones de la Red de Control entre sí, se observa un comportamiento similar entre ellas, respecto de cada uno de los parámetros medidos.

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 presentada en el presente informe, consideró las campañas de monitoreo realizadas para la Red de Control por la Dirección General de Aguas, durante el período comprendido entre el 01 de enero de 2017 y el 31 de diciembre de 2018, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, mediante el cual establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica, y de las campañas realizadas por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, en igual período para la Red de Observación de calidad de aguas y sedimentos.

Los resultados del análisis de la columna de agua referido al cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA Lago Villarrica), son los siguientes:

Red de Control

A partir de la información recopilada durante las 4 campañas realizadas el período bienal 2017-2018, en las 6 estaciones definidas como Red de Control, se concluye lo siguiente:

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 4º del artículo decimonoveno, cuyo cumplimiento fue revisado en detalle en el Capítulo 5 del presente informe. A partir de dicha revisión, fue posible validar todos los datos obtenidos para los parámetros Saturación de Oxígeno, Clorofila, Fósforo Total y Transparencia. Para el Fósforo Disuelto, Nitrógeno Amoniacal y Nitrógeno Total Kjeldahl solo se validó un subconjunto de datos en atención a las siguientes razones:

- En el caso del Fósforo Disuelto, durante la campaña verano 2018 se excedieron los tiempos de preservación por sobre los establecidos en las estaciones LIT-Norte, LIT-Sur y LIT-Villarrica, en todas las profundidades medidas. Debido a ello, estos datos fueron invalidados.
- Respecto de la especie nitrogenada N-Amoniacal, durante la campaña primavera 2017 se utilizó una metodología de análisis distinta a la establecida, en las estaciones de la Red de Control LIT-Villarrica, LIT-Sur, LIT Pucón (en todas las profundidades) y en LIT Norte (en profundidad 10 y 20 metros). Debido a ello, estos datos fueron invalidados.
- Para la especie nitrogenada Nitrógeno Total Kjeldahl, durante la campaña verano 2018, en todas las estaciones de la Red de Control y en todas las profundidades medidas, el método de análisis presenta un límite de detección superior al valor establecido. Debido a ello, estos datos fueron invalidados.

Verificación del cumplimiento normativo de acuerdo a artículo N° 5, tabla N° 2 del D.S. 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente: El resultado obtenido a partir de la evaluación de cumplimiento normativo de los 7 parámetros analizados en el presente informe, el cual consideró el periodo bienal conformado a partir del 1 de enero de 2017 hasta el 31 de diciembre de 2018, ha logrado establecer lo siguiente (**Anexo 6**):

- a) Transparencia: Se establece cumplimiento normativo respecto del valor mínimo, en 5 de las 6 estaciones de la Red de Control (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Villarrica, LIT-Pucón y LIT-La Poza), debido a que en la estación PEL-CE, se presenta resultado bajo el límite mínimo normativo. Es importante mencionar que en 4 (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Villarrica y LIT-La Poza) de las 5 estaciones que presentan cumplimiento normativo, este cumplimiento se presenta en niveles entre el 100 y 120% del valor normativo.

Respecto del valor promedio, se establece cumplimiento normativo en 5 (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Villarrica, LIT-Pucón y LIT-La Poza) de las 6 estaciones de la red de control del parámetro, de las cuales 4 presentan porcentajes de cumplimiento con niveles entre 100 a 120% del valor normativo.

- b) Saturación de Oxígeno: Los resultados obtenidos a partir de la evaluación realizada a los valores mínimos obtenidos en las 6 estaciones de la Red de Control, permiten establecer que todas las estaciones presentan cumplimiento del valor límite normativo. Junto con lo anterior, se informa además, que el parámetro medido en la columna de agua en la estación de control PEL-CE, presenta niveles entre 100 y 120% del valor normativo.

En relación a la condición establecida en el Artículo 7º del D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, se establece cumplimiento normativo, dado que los promedios anuales del parámetro presentan resultados por sobre el 50% del valor normativo.

- c) Clorofila “a”: A partir de los resultados obtenidos para el parámetro, es posible establecer cumplimiento normativo, tanto en límite promedio como en límite máximo, en las 6 estaciones de la red de control.

Respecto de la evaluación que establece cumplimiento del inciso 3 del artículo N° 7 del D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, relativa al incumplimiento de los límites normativos promedio y/o máximo del parámetro Clorofila, durante 3 años consecutivos o en tres ocasiones durante 5 años, lo cual se encontraría asociado a la también existencia de incumplimientos en otros parámetros, se informa que durante las campañas realizadas entre 2014 y 2018, ha sido evidenciada la superación del límite normativo sólo durante el periodo 2015, lo cual permitiría verificar el cumplimiento de ésta condición.

- d) Fósforo Disuelto: Respecto del cumplimiento normativo del parámetro Fósforo Disuelto, se informa la invalidación de los datos reportados en el periodo verano 2018, en las estaciones de la Red de Control LIT-Norte, LIT-Sur y LIT-Villarrica, debido a incumplimientos en los tiempos de preservación de las muestras, lo cual permite

establecer incumplimiento normativo respecto del valor promedio reportado. Respecto del valor máximo reportado, se establece cumplimiento normativo de tipo referencial para estas estaciones. El resto de las estaciones, es decir, LIT- Poza, LIT-Pucón y PEL-CE, exponen valores que permiten establecer cumplimiento normativo respecto de los límites promedio y máximo.

- e) **Fósforo Total:** En referencia a los resultados obtenidos para el parámetro Fósforo Total, el análisis de la información obtenida en las 6 estaciones de la Red de Control, permite observar concentraciones por debajo de los límites normativos (promedio y máximo), con niveles muy cercanos (80-100% de los valores límites normativos), en el caso de la estación PEL-CE.
- f) **Nitrógeno Disuelto:** Respecto del análisis realizado en las 6 estaciones de la Red de Control, se informa lo siguiente:
 - El parámetro Nitrógeno disuelto se encuentra compuesto por la suma de las fracciones N-nitrito, N-nitrato y N-amoniacial, por lo cual fue necesario, además de verificar el cumplimiento normativo del parámetro total, la verificación de los procedimientos de muestreo y análisis para cada uno de ellos. Respecto de estas consideraciones, se informa la invalidación de los datos reportados durante la campaña primavera 2017, de la especie nitrogenada N-amoniacial, en las estaciones LIT-Villarrica, LIT-Sur, LIT Pucón (en todas las profundidades) y en LIT Norte (en profundidad 10 y 20 metros), debido a que no cumplen con el uso de la metodología de análisis definida en la NSCA Lago Villarrica o en el PMCCA Lago Villarrica.
 - Junto con lo anterior, se informa de la inexistencia de reportes de N-amoniacial durante la campaña de verano 2018, en todas las estaciones de la Red de Control, junto con la inexistencia de información asociada a las especies nitrogenadas N-nitrito, N-nitrato y N-amoniacial en la profundidad 30 metros de la estación de la Red de Control PEL-CE, durante el periodo primavera 2017.
 - Considerando la información antes entregada, y dado que el cumplimiento normativo sólo puede ser verificado durante el periodo bienal 2017-2018, a través de la existencia de datos en cada una de las profundidades asociadas a las estaciones de la Red de Control, en este caso, sólo es posible definir cumplimiento normativo de tipo referencial respecto del valor máximo, el cual es evidenciable en las estaciones PEL-CE, LIT-La Poza, LIT-Villarrica y LIT-Norte. El resto de las estaciones, es decir, LIT-Sur y LIT-Pucón presenta valores límites máximos, por sobre el límite normativo.
- g) **Nitrógeno Total:** El análisis de los datos reportados en las 6 estaciones de la Red de Control, expone lo siguiente:

- Debido a que el parámetro Nitrógeno disuelto se encuentra compuesto por la suma de las fracciones N-nitrito, N-nitrato y NT-Kjeldahl, fue necesaria la verificación de los procedimientos de muestreo y análisis para cada uno de ellos. Respecto de estas consideraciones, se informa la invalidación de los datos reportados durante la campaña verano 2018, de la especie nitrogenada N total- Kjeldhal, en las 6 estaciones de la Red de Control y en todas las profundidades medidas, debido a que el método de análisis presenta un límite de detección superior al valor establecido.
- Considerando la información antes entregada, y dado que el cumplimiento normativo sólo puede ser verificado durante el periodo bienal 2017-2018, a través de la existencia de datos en cada una de las profundidades asociadas a las estaciones de la Red de Control, en este caso, sólo es posible realizar un análisis referencial del parámetro para los valores máximos resultantes, obteniéndose cumplimiento normativo referencial en las estaciones LIT-Norte, LIT-Villarrica y LIT-La Poza, e incumplimiento normativo referencial en las estaciones PEL-CE, LIT-Sur y LIT-Pucón.

Análisis histórico de datos de la Red de Control 2014 a 2018: Respecto de los análisis realizados a los datos históricos obtenidos a partir de los muestreos y análisis realizados en las 6 estaciones pertenecientes a la Red de Control, se establece lo siguiente:

- A partir de la información obtenida en el análisis histórico de los datos, asociados al cumplimiento normativo de los 7 parámetros definidos como críticos dentro de la NSCA Lago Villarrica y complementados por el PMCCA Lago Villarrica, en las 6 estaciones de la Red de Control, se informa la inexistencia de comportamiento cíclico o con tendencia definidas.
- Junto con lo anterior, también es posible evidenciar que la ausencia e invalidación de datos, se presenta principalmente en especies componentes de parámetros nitrogenados, es decir, de Nitrógeno disuelto y de Nitrógeno total. Por otra parte, los parámetros que presentan mayor cantidad de cumplimientos normativos, se encuentran asociados a los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia (este último, con mayor cantidad de datos con niveles cercanos al valor límite promedio normativo).
- En relación al análisis asociado a la comparación entre estaciones, respecto de cada parámetro medido por la Red de Control históricamente, se observa ausencia de tendencias claras en cada uno de los gráficos (**Anexo 9**), sin embargo, y considerando los valores de concentraciones reportados, es posible observar similar comportamiento histórico, en cada uno de los parámetros en las 6 estaciones de la Red de Control.

Cabe mencionar que 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.

Red de Observación

A partir de la información entregada a través de los oficios expuestos en Tabla N° 1, correspondiente a la Dirección General de Aguas (DGA) y a la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), es posible verificar lo siguiente (**Anexo 7**):

Validación de los datos: Respecto de las metodologías de análisis utilizadas por la Dirección General de Aguas sobre las muestras obtenidas, se logra verificar el uso de métodos aprobados, para la mayoría de los parámetros medidos, sin embargo, se establece como excepción la metodología utilizada para el análisis de Nitrógeno amoniacal, la cual no se encuentra dentro de los métodos aprobados en el D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente y complementados por PMCCA Lago Villarrica. Por otro lado, las metodologías utilizadas por la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante, en agua como en sedimentos, son coincidentes a las aprobadas en los mencionados instrumentos.

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), en el periodo bienal 2017-2018, 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 reportes asociados a las campañas de muestreo de sedimentos, realizadas en toda la Red de Observación (según corresponda de acuerdo a lo especificado en Tabla 18), en el periodo bienal 2017-2018, de los siguientes 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.

11. ANEXOS

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Oficio ORD. DGA N° 312, de 04 de diciembre de 2017 /Minuta DCPRH N° 49 DGA 2017.
2	Oficio ORD. DGA N° 77, de 30 de noviembre de 2018 /Minuta DCPRH N° 31 DGA 2018.
3	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/362/M.M.A., de 7 de abril de 2017.
4	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/1495/M.M.A., de 23 de noviembre 2018.
5	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/910/M.M.A., de 09 de julio de 2019.
6	Resumen de datos Red de Control período 2017 - 2018.
7	Resumen de datos Red de Observación período 2017- 2018.
8	Registro y análisis histórico de la Calidad de las Aguas en Red de Control periodo 2014-2018.
9	Análisis comparativo entre estaciones del registro histórico de la Calidad de las Aguas 2014-2018.
10	Registro histórico de la Calidad de las Aguas y Sedimentos en Red de Observación periodo 2014 a 2018.