000003

INFORME TÉCNICO DE ANTECEDENTES PARA DECLARAR A LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA COMO ZONA SATURADA POR CLOROFILA "a", TRANSPARENCIA Y FÓSFORO DISUELTO

SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE

REGIÓN DE LA ARAUCANIA

Septiembre de 2017

Elaborado por:
Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos, División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente
Seremi del Medio Ambiente Región de La Araucanía
Profesional Pablo Etcharren Ulloa

Revisado por:
Marco Pichunmán Cortés, Seremi de Medio Ambiente Región de La Araucanía.
Paula Díaz Palma e Ivalú Astete Salazar, Departamento de Conservación de Ecosistemas Acuáticos.

Contenidos de informe

1. INTRODUCCIÓN 4

1.1 Antecedentes Generales. 4

1.2 Niveles normados y condiciones de superación de la Norma Secundaria de calidad ambiental (DS N°19/2013). 6

1.3 Condiciones de Superación de la Norma y Criterios para el Análisis de Datos. 6

1.4 Criterios para el análisis de datos reportados para el cumplimiento normativo 7

2. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO VILLARRICA. .8

2.1 Red de Control de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental y Áreas de Vigilancia 8

2.2 Red de Observación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental. 8

3. TENDENCIAS HISTÓRICAS Y VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO. 10

3.1 Resumen de la Información Histórica y Tendencias. 10

3.2 Resultados de la Verificación de la Superación de la Norma Período 2014-2016. 14

3.3 Resultados de la Red de Observación 19

3.4 Relación entre la Clorofila "a", Transparencia y Nutrientes. 21

4. CARGA DE NUTRIENTES AL LAGO VILLARRICA. 24

5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA A DECLARAR COMO ZONA SATURADA 29

5.1 Justificación del Área a Considerar como Zona Saturada 29

5.2 Caracterización de la Zona a declarar Saturada. 30

6. CONCLUSIONES 32

7. REFERENCIAS 34

8. ANEXOS 38

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales.

La ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente establece en su título II, los instrumentos de gestión ambiental, entre los cuales destacan las Normas de Calidad ambiental, las Normas de emisión y los Planes de prevención y descontaminación, todos estos, dirigidos a la conservación del medio Ambiente o la preservación de la naturaleza.

En el décimo programa priorizado de normas plasmado en el acuerdo N°273 del Consejo Directivo de CONAMA en abril del año 2005, se establece que el Lago Villarrica es una prioridad para la elaboración de una norma de calidad en su cuerpo de agua. Estudios científicos y antecedentes generados para el Lago Villarrica por Campos *et al.*, 1983; indicaban en esa fecha que su nivel trófico estaba aumentado de manera acelerada, pasando de un estado oligotrófico a un estado mesotrófico. Mediante Resolución Exenta N°3.325/2007, se da inicio a la Dictación de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para proteger las aguas del Lago Villarrica.

La norma entró en vigencia en octubre del año 2013 (D.S. N°19/2013) y tiene por objetivo: "Proteger la calidad de las aguas del lago, de modo de prevenir un aumento acelerado de su estado trófico, provocado por la actividad antrópica dentro de su cuenca hidrográfica". En ella, se definen los niveles de calidad de siete parámetros: Transparencia, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Saturación de Oxígeno, Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total y Clorofila "a". También, se define el estado del indicador "trofía deseada" el cual se obtiene en base a cálculos realizados sobre base a los parámetros indicados previamente.

El procedimiento y metodología relacionados con el monitoreo, tales como la frecuencia de monitoreo, metodologías de muestreo, metodología de análisis y control de la norma, se encuentran descritos en Programa de Medición y Control de Calidad Ambiental (PMCCA), elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), dictado mediante Resolución Exenta N°671 (ver Anexo 1), de fecha 21 de julio del año 2016, en coordinación con la Dirección General de Aguas (DGA) y la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR).

El PMCCA, establece los parámetros y áreas de vigilancia detallados en el D.S. N°19/2013, que corresponden a la Red de Control. Además, este programa detalla aquellos procedimientos referidos a otros parámetros y estaciones de vigilancia que no están especificadas en la norma, pero que tienen por finalidad ampliar la información existente en la determinación de la calidad del agua. Estos parámetros y estaciones, corresponden a la Red de Observación. De modo general, en este programa se establece el desarrollo de dos campañas de monitoreo en el año, una en primavera y otra en verano. Actualmente, las campañas de monitoreo de primavera se realizan cada año entre Octubre y Noviembre, mientras que la campaña de verano se lleva a cabo entre Enero y Febrero.

Transcurridos tres años desde la entrada en vigencia de la norma secundaria, y según los Informes Técnicos de Cumplimiento de la Superintendencia del Medio Ambiente que se encuentran asociados a los expedientes DFZ-2016-4695-IX-NC-EI y DFZ-2017-5420-IX-NC-EI (ver Anexos 2 y 3) del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SMA, 2017a,b), se evidenció la superación de la norma para los valores máximos del parámetro Clorofila "a" en todas las áreas de vigilancia monitoreadas, en los periodos 2014-2015 y 2015-2016. En este mismo período, se evidenció la superación del promedio bianual para este parámetro en todas las áreas de vigilancia.

Junto a lo anterior, el parámetro Transparencia registró niveles de saturación en su valor promedio bianual en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 para el área de vigilancia Pelagial (centro del lago), encontrándose en niveles de latencia para las 5 estaciones litorales en el período de 2014-2015. En el período de 2015-2016, el promedio bianual de Transparencia se encontró en un nivel de latencia para las estaciones Litoral Villarrica (LIT-VILL), Litoral Sur (LIT-SU) y Litoral Poza (LIT-PO), mientras que las estaciones LIT-PU y LIT-NO, registraron cumplimiento normativo. Los valores mínimos de Transparencia para el período 2014-2015, se encontraron en niveles de latencia para el área PEL-CE y LIT-PU, mientras que en el período 2015-2016 los valores cumplen con la normativa.

Finalmente, en el período 2015-2016, se registró saturación por los valores máximos de Fósforo Disuelto en todas las áreas de vigilancia, a excepción de Litoral Pucón (LIT-PU) y Litoral Norte (LIT-NO), donde se registraron solo niveles de latencia. Asimismo, el promedio bianual de este período, para este parámetro se encontró en niveles de latencia en las áreas PEL-CE, LIT-VILL y LIT-PO.

Dado lo anterior, de acuerdo a la definición de Zona Saturada establecida en la letra u del Artículo 2° de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, considerando los criterios de superación indicados en la NSCA del Lago Villarrica (D.S. 19/2013) y lo señalado en el inciso final del atículo 43 de la Ley 19.300 antes señalada, **corresponde declarar Zona Saturada la subcuenca del Lago Villarrica por la superación de los parámetros Transparencia, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto**, lo cual se fundamenta en el presente informe.

1.2 Niveles normados y condiciones de superación de la Norma Secundaria de calidad ambiental (DS N°19/2013).

De acuerdo a lo estabalecido en el el Artículo 5° del D.S. N°19/2013, en la Tabla 1 se definen los niveles de calidad de cada parámetro en cada una de las áreas de vigilancia, con el fin de dar cumplimiento con el objetivo de la normativa, el cual consiste en la protección de la calidad de las aguas y el mantenimiento del estado trófico del Lago Villarrica.

Tabla 1. Niveles de Calidad por Área de Vigilancia en la cuenca del Lago Villarrica (Adaptado de D.S. N° 19, de 2013)

Parámetros	Unidad	Criterio	Área de Vigilancia					
			PEL (Centro)	LIT-Poza	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur
Trofía deseada			Oligotrófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico
Transparencia (Secchi)	m	Promedio anual	≥ 9	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7
		Mínimo	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Fósforo Disuelto (P)	mg/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 Total (P)	mg/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Saturación de Oxígeno	%	Mínimo	≥ 80	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Nitrógeno Disuelto (N) *	mg/L	Promedio anual	≤ 0,10	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030
Nitrógeno Total (N)	mg/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 será la suma de N-Nitrito, N-Nitrato y N-amoníaco.

1.3 Condiciones de Superación de la Norma y Criterios para el Análisis de Datos.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N° 19/2013, se entenderán sobrepasadas las NSCA establecidas, 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 PMCCA, sea mayor a los límites establecidos en el Artículo 5° (
- Tabla 1).
- La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, para los cuales se entenderán sobrepasadas las NSCA, cuando el promedio aritmético de los valores de las muestras analizadas o el valor mínimo permitido, considerando un período de dos años

consecutivos, según la frecuencia mínima y las profundidades establecidas en el (PMCCA) sea menor a los límites establecidos en las presentes normas, o cuando para el área Pelagial (Centro del lago) la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año.

- Adicionalmente, las NSCA se entenderán sobrepasadas, cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°, y/o cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo. Dado que a la fecha sólo se cuenta con información valida de dos parámetros medidos durante tres años, no se cuenta con la evaluación del cumplimiento de este inciso.

1.4 Criterios para el análisis de datos reportados para el cumplimiento normativo

Junto a lo anterior, el párrafo 4° Art. Primero de la R.E. N°671 de la Superintendencia del Medio Ambiente (PMCCA Lago Villarrica), señala que la evaluación del cumplimiento de la normativa deberá considerar los siguientes criterios para analizar y validar los datos reportados:

- Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - 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.
  - 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.
- Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
  - El dato será válido sí y sólo sí, la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.
- Sólo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y profundidades de medición establecidas en el programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúan de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas que hayan sido calificadas fundadamente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8° del D.S. N° 19, de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente.
- Para el parámetro Saturación de Oxígeno del área pelagial en el fondo, sólo 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.

2. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO VILLARRICA.

2.1 Red de Control de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental y Áreas de Vigilancia

Conforme a lo establecido en el D.S. N°19 del MMA y el PMCCA, a continuación se listan las estaciones de la Red de Control, que forman parte de las áreas de vigilancia del Lago Villarrica (Ver Tabla 2 y Figura 1).

Tabla 2. Áreas de vigilancia oficiales y estaciones de monitoreo definidas en D.S. N° 19/2013.

AREAS DE VIGILANCIA OFICIALES					
Código de acuerdo a PMCCA	**Nombre Área de vigilancia**	**Estación de monitoreo (Código BNA*)**	**Coordenadas UTM Datum WGS 84**		**HUSO**
			N (m)	**E (m)**	
PEL-CE	Zona pelagial CENTRO	09420010-5	5.650.192	750.473	18
LIT-PU	Bahía Pucón (LIT – Pucón)	09420013-k	5.648.976	242.994	19
LIT-NO	Sector Norte (LIT – Norte)	09420014-8	5.656.005	746.795	18
LIT-VI	Sector Villarrica (LIT – Villarrica)	09420005-9	5.647.562	740.885	18
LIT-SU	Sector Molco (LIT – Sur)	09420012-1	5.646.215	750.494	18
LIT-PO	Sector La Poza (LIT – Poza)	09420007-5	5.647.958	241.998	19

(*) BNA: Banco Nacional de Aguas
Fuente: Adaptado de R.E. N°671/2016 (PMCCA del lago Villarrica), de la Superintendencia del Medio Ambiente.

2.2 Red de Observación de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental.

Esta red, considera el monitoreo de parámetros adicionales que permitan reflejar posibles alteraciones producto de la intervención antrópica del área, parámetros asociados a la condición natural del lago y parámetros que sirvan para el desarrollo de investigación asociada a la dinámica del lago. Dichos parámetros, son monitoreados dentro de las áreas de vigilancia y además en tres estaciones de monitoreo adicionales, los cuales permitirán complementar la información obtenida en la Red de Control, así como proponer cambios en la áreas de vigilancia y parámetros en futuras revisiones de esta norma.

Estaciones de monitoreo de la Red de Observación.

El PMCCA define 3 áreas de vigilancia pertenecientes a la Red de Observación que complementan la información de las áreas definidas en la Tabla 2. El detalle de estas áreas se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Areas de vigilancia correspondientes a la red de observación.

Nuevas estaciones de monitoreo					
Código	**Nombre**	**Estación de monitoreo (Código BNA**)**	**Coordenadas UTM Datum WGS 84**		**HUSO**
			N	**E**	
TRA - Quelhue	Río Pucón en balseadero Quelhue(*) **(Afluente al Lago).**	09418001-5	5.649.228	248.042	19
TOL - Villarrica	Río Toltén en Villarrica(*) **(Efluente del Lago).**	09420001-6	5.649.347	738.167	18
PEL – VILL	Zona pelagial VILLARRICA	09420005-9	5.648.367	742.585	18

Fuente: Adaptado de Resol. Ex. N°671/2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente.
(*) Actual estación fluviométrica DGA
(**) BNA: Banco Nacional de Aguas

La definición de estas estaciones obedeció a los siguientes criterios:

1. Río Trancura en el balseadero Quelhue (TRA-Quelhue) y río Toltén a la salida del Lago Villarrica (TOL–Villarrica): estas estaciones fueron establecidas a fin de conocer la calidad de las aguas, tanto al ingreso como a la salida del lago y son actualmente monitoreadas por la DGA.
2. Estación pelagial Villarrica (PEL-VILL): esta estación fue considerada a fin de complementar la información de la estación Pelagial Centro (PEL-CE). Este punto ha sido monitoreado históricamente por la DGA, por lo cual, su incorporación en el PMCCA permite mantener sus mediciones históricas. La incorporación de esta estación además, obedece a la recomendación realizada por el estudio de la Universidad Austral de Chile (UACH 2008), que recomienda incorporar otros puntos de monitoreo en el área pelagial, a fin de establecer posibles variaciones de las concentraciones de contaminantes normados en esta zona.

Las estaciones fluviales, utilizan los códigos establecidos por el BNA (Banco Nacional de Aguas) de la Dirección General de Aguas, puesto que actualmente constituyen puntos de monitoreo en la cuenca del Lago Villarrica. La Figura 1 muestra el detalle de las áreas de vigilancia, así como los puntos de muestreo específicos definidos en el PMCCA, tanto para la Red de Control, como para la Red de Observación.

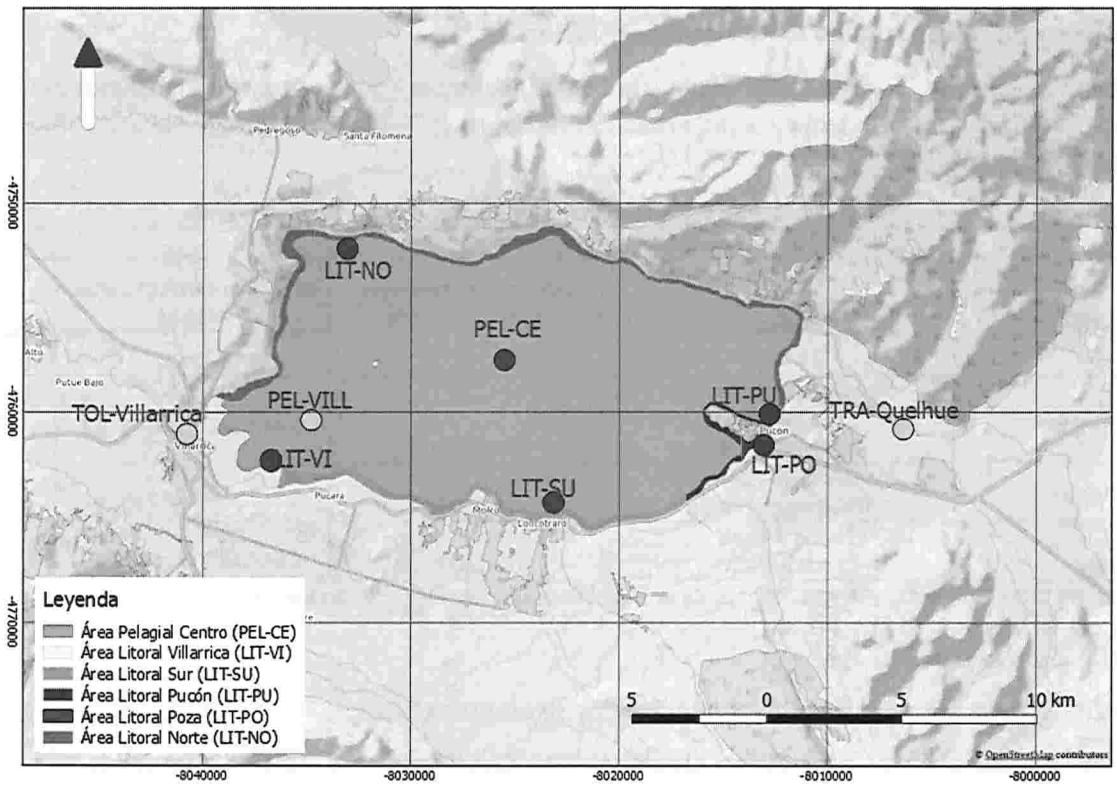


Figura 1. Ubicación de puntos de monitoreo correspondientes a la Red de Control (puntos en rojo) y a la Red de Observación (puntos en verde) del DS N°19/2013.

3. TENDENCIAS HISTÓRICAS Y VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO NORMATIVO.

3.1 Resumen de la Información Histórica y Tendencias.

La Dirección General de Aguas (DGA), mantiene registros históricos de la calidad de las aguas del Lago Villarrica desde al año 1986 hasta la fecha. Entre los años 1986 y 2009, el lago fue monitoreado considerando 4 áreas de vigilancia, las cuales correspondían a: Bahía Pucón, Bahía Villarrica, sector La Poza (LIT-PO) y sector Molco.

En el año 2008, la Ex Comisión Nacional del Medio Ambiente, región de La Araucanía (CONAMA), con recursos del Gobierno Regional, mandató el desarrollo del estudio denominado: "Diagnóstico de la calidad de las aguas del Lago Villarrica", el cual fue ejecutado por la Universidad Austral de Chile (UACH). Este estudio tuvo por finalidad realizar un análisis de la calidad de las aguas a partir de la data de la DGA hasta esa fecha y contempló el monitoreo del Lago Villarrica, incorporando por primera vez las mediciones de la calidad de las aguas de la zona pelagial o zona centro del lago (UACH, 2008). A partir del año 2011, y tomando en consideración los criterios y resultados del estudio de la UACH (2008), la DGA incorporó 7 nuevas áreas de vigilancia en el Lago Villarrica: Centro lago (PEL-CE), Litoral Villarrica (LIT-VI), Litoral Sur (LIT-SU), Litoral Norte (LIT-NO), Litoral Pucón (LIT-PU), Río Pucón y Río Toltén. Asimismo, modificó los puntos de muestreo en las estaciones Bahía Pucón y Molco, por los

puntos LIT-PU y LIT-SU respectivamente, y mantuvo el punto de monitoreo del sector la Poza (LIT-PO). Así, los datos disponibles para las zonas litorales provienen fundamentalmente de las campañas trimestrales realizadas por la DGA desde el año 1986 (sectores Bahía Pucón, Bahía Villarrica (PEL-VILL), la Poza (LIT-PO) y Molco). La Tabla 4, resume las campañas de monitoreo, para los parámetros clorofila "a", transparencia del agua y fósforo disuelto, parámetros concordantes con los eventos de superación de la norma secundaria, considerando las fuentes de información bibliográfica de que se dispone, para la elaboración del presente informe.

Tabla 4. Resumen de campañas de monitoreo históricas en el Lago Villarrica para Clorofila "a" y Transparencia.

Parámetro	Estaciones	Código de acuerdo a PMCCA	Campañas realizadas	Referencia
Clorofila "a"	Centro	PEL-CE	1984 – 2008	UACH [3]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	1986 – A la fecha	DGA [1]
	Sector La Poza	LIT-PO	1986 – A la fecha	DGA [1]
	Sector Molco	-	1986 – 2010	DGA [1]
	Bahía Pucón	-	1986 – 2010	DGA [1]
	LIT Norte	LIT-NO	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Pucón	LIT-PU	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Sur	LIT-SU	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Villarrica	LIT-VI	2011 – A la fecha	DGA [2]
	Sector Centro	PEL-CE	2011 – A la fecha	DGA [2]
Transparencia	Centro	PEL-CE	1984 – 2008	UACH [3]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	1986 – A la fecha	DGA [1]
	Sector La Poza	LIT-PO	1986 – A la fecha	DGA [1]
	Sector Molco	-	1986 – 2010	DGA [1]
	Bahía Pucón	-	1986 – 2010	DGA [1]
	Sector Centro	PEL-CE	1984 – 2008	UACH [3]
	Bahía Pucón	-	1986 – 2010	DGA [1]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	1986 – 2008	UACH [3]
	Sector La Poza	LIT-PO	1986 – 2008	UACH [3]
	Sector Molco	-	1986 – 2008	UACH [3]
		-	2000 – 2010	DGA [1]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	2010 – A la fecha	DGA [1]
	LIT Norte	LIT-NO	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Pucón	LIT-PU	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Sur	LIT-SU	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Villarrica	LIT-VI	2011 – A la fecha	DGA [2]
	LIT Poza	LIT-PO	2000 – A la fecha	DGA [2]
	Sector Centro	PEL-CE	2011 – A la fecha	DGA [2]
Fósforo disuelto	Sector Centro	PEL-CE	1979 – 2008	UACH [3]
	Bahía Pucón	-	1986 – 1997	UACH [3]
		-	1986 – 2008	DGA [2]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	1991 – 1997	UACH [3]
	Sector La Poza	LIT-PO	1986 – 1991	UACH [3]
		LIT-PO	1986 – 2008	DGA [2]
	Sector Molco	-	1986 – 2008	UACH [3]
			1986 – 2008	DGA [2]
	Bahía Villarrica	PEL-VILL	2010 – A la fecha	DGA [1]

	LIT Norte	LIT-NO	2011 – A la fecha	DGA(2)
	LIT Pucón	LIT-PU	2011 – A la fecha	DGA(2)
	LIT Sur	LIT-SU	2011 – A la fecha	DGA(2)
	LIT Villarrica	LIT-VI	2011 – A la fecha	DGA(2)
	LIT Poza	LIT-PO	2000 – A la fecha	DGA(2)
	Sector Centro	PEL-CE	2011 – A la fecha	DGA(2)

(1). Red Hidrométrica Nacional de la DGA. Datos disponibles en http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes
(2). Red Hidrométrica Nacional de la DGA. Archivo Excel desde 2000-2014 para Lago Villarrica: Datos disponibles en: http://www.dga.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx.
(3). UACH, 2008. Bases de datos en formato Excel.

El análisis de la tendencia histórica de los parámetros de calidad de agua del presente informe se centra sólo en aquellos parámetros de monitoreo históricos validados por la Dirección General de Aguas, que generan además cambios de trofía, y que fueron objeto de análisis en los informes de la Superintendencia del Medio Ambiente del período 2014-2016, entre ellos Clorofila "a" y Transparencia (Disco Secchi), actualizados hasta al año 2013.

Clorofila-a

En el período 1985-2015 las mediciones de Clorofila "a" analizadas alcanzan sus mayores valores en el área de vigilancia LIT-PO, superando siempre el valor promedio establecido en la NSCA (Figura 2A). Cabe destacar, que en el último año de medición (2015), los valores de Clorofila "a" superaron hasta tres veces el valor de la norma. En la zona pelagial (Figura 2B) los valores para este parámetro muestran una amplia variación, sin una clara tendencia en el tiempo. Cabe señalar, sin embargo, que las concentraciones se ven superadas durante los años 2006 (no obstante, en este periodo no había norma vigente) y 2015 respecto a la normativa.

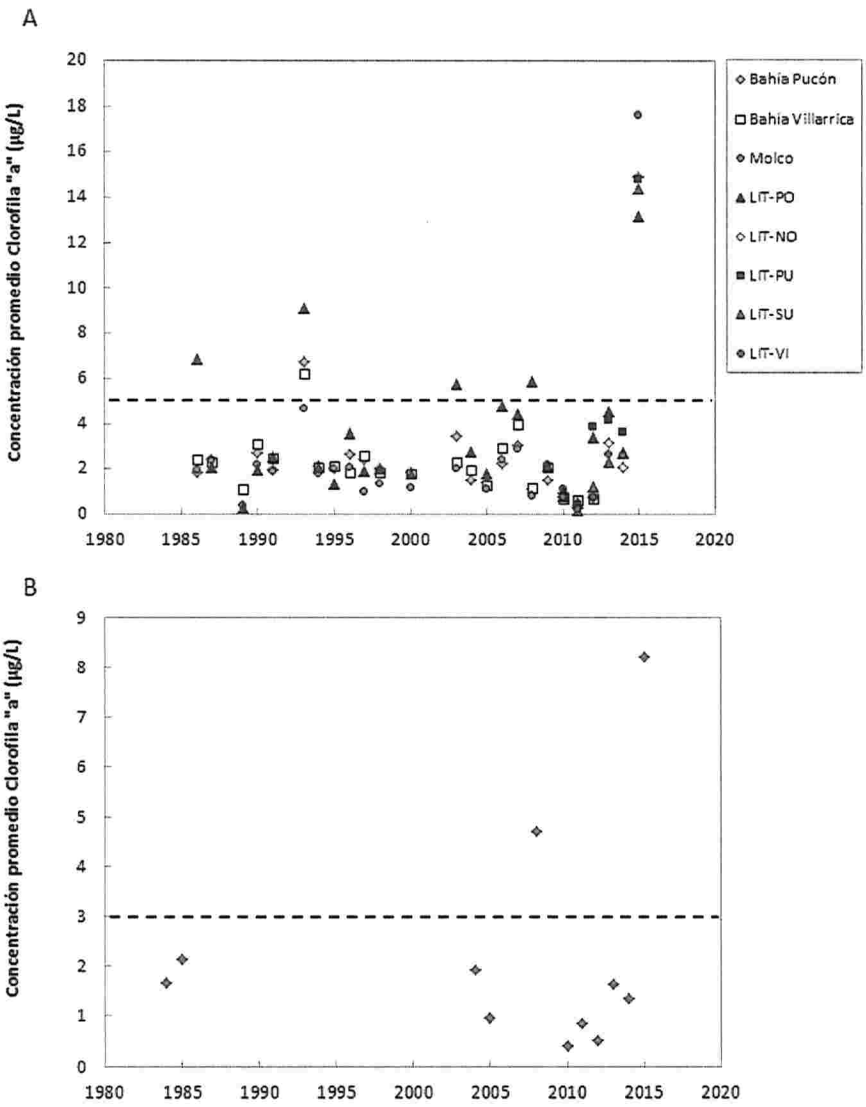


Figura 2. Concentración promedio de Clorofila "a" en el tiempo, medido en las zonas de vigilancia litoral (A) y pelagial (B) del Lago Villarrica. Las mediciones corresponden al período entre 1986 y 2015. La línea roja punteada representa el valor de concentración anual de Clorofila "a" de acuerdo a la Norma (5 y 3 µg/L para las zonas de vigilancia litoral y pelagial respectivamente). Fuente: Elaboración propia.

Transparencia

Para la transparencia del agua en la zona litoral del lago (Figura 3A), se observa que el sector de La Poza (área de vigilancia LIT-PO) evidenció desde el año 2000 a la fecha una Transparencia del agua inferior al valor límite establecido en la NSCA (7m).

En la zona pelágica (Figura 3B), la Transparencia del agua no presenta una clara tendencia en el tiempo, a pesar de que en los promedios anuales analizados entre 1985-2015, se han evidenciado valores medios de Transparencia inferiores al promedio fijado en las NSCA (9m).

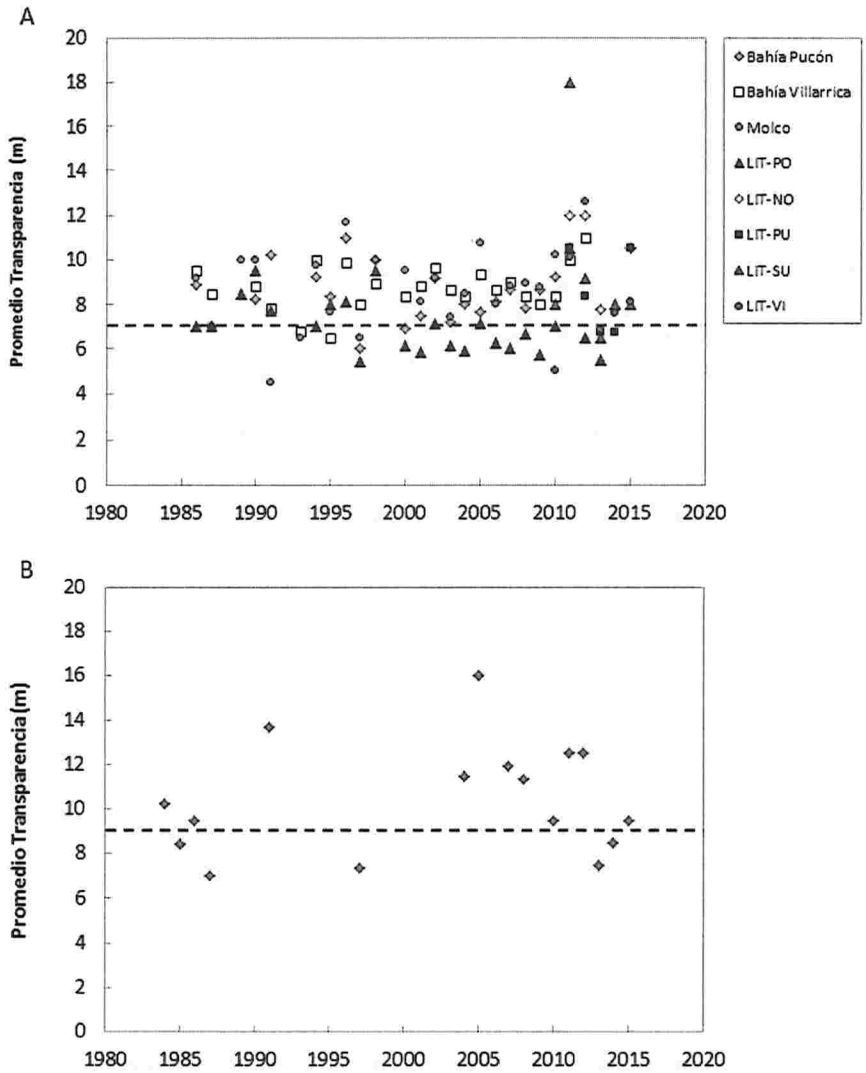


Figura 3. Concentración promedio de Transparencia en el tiempo, medido en las zonas de vigilancia litoral (A) y pelagial (B) del Lago Villarrica. Las mediciones corresponden al período entre 1986 y 2015. La línea roja punteada representa el valor de concentración anual de Transparencia de acuerdo a la Norma (7 y 9 metros para las zonas de vigilancia litoral y pelagial respectivamente). Fuente: Elaboración propia.

3.2 Resultados de la Verificación de la Superación de la Norma Período 2014-2016.

Según lo establecido en los Informes Técnicos de Cumplimiento de las NSCA del Lago Villarrica de la SMA (SMA, 2017a, b), los cuales consideraron el análisis de los datos de calidad comprendidos entre febrero de 2014 y octubre de 2016, se indicó que los parámetros, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto y Fósforo Total, no fueron considerados dado que las metodologías de análisis no se condecían con lo establecido en la norma, o bien los resultados informados fueron inconsistentes entre sí, por lo que parte de ellos fueron invalidados por la

DGA. En este contexto, a continuación se analizan los parámetros, Transparencia, Clorofila "a" y Fosforo Disuelto (este último validado por la SMA sólo durante el período 2015-2016), cuyos valores se registraron en niveles de saturación o latencia según lo establecido en la norma. Los valores resaltados en color anaranjado representan valores que se encuentran por sobre el 100% respecto del límite de la NSCA, mientras que, aquellos valores que se sitúan entre un 80% y 100% respecto del límite establecido en la NSCA (rango de latencia), se resaltan en color anaranjado claro.

Clorofila "a"

De la Tabla 5, es posible visualizar que durante la campaña realizada en el año 2015 para el área PEL-CE, se obtuvo un valor de Clorofila "a" máximo de 9,9 µg/l, lo cual es característico de lagos eutróficos (Smith *et al.*, 1999; Carlson, 1974; Campos *et al.*, 1984). Esta misma condición se observó en las estaciones litorales durante el mismo año, cuyos valores máximos ponderados en la columna de agua, estuvieron entre 13,2 µg/l (LIT-PO) y 17,9 µg/l (LIT-VI). Al comparar con los valores de la norma, es posible observar que existe una superación de los niveles máximos para todas las áreas de vigilancia. Asimismo, el promedio del período analizado (2014-2016), presentó superaciones de la normativa en todas las áreas de vigilanica.

La Tabla 6, muestra los resultados de la aplicación del TSI (Trophic State Index) de Carlson (1977) para Clorofila "a". Este índice permite dar cuenta de la condición de trofía para lagos que tienen relativamente pocas macrófitas, donde la transparencia del agua varía con la biomasa microalgal, donde el fósforo es limitante y donde las algas se desarrollan solamente en verano (Woelfl, 2009). Para el caso de la Clorofila "a", se muestra en un nivel de eutrófía para todas las áreas de vigilancia en la campaña estival de 2015 y además para la campaña de primavera del mismo año, concordante con los máximos niveles de Clorofila "a" en este período. En general, el TSI de Carlson para el período estival de 2014 se encontró en niveles de mesotrofía, mientras que en las dos campañas realizadas en 2016, los valores se encontraron en nivel de oligo-mesotrofía.

Tabla 5. Resultado del monitoreo de Clorofila "a" en las áreas de vigilancia durante el período 2014-2016.

				Promedio Ponderado Clorofila "a" (ug/l)					
Criterio de Superacion	**Periodo**		**Fecha campaña**	**PEL-CE**	**LIT-PU**	**LIT-NO**	**LIT-VI**	**LIT-SU**	**LIT-PO**
		P1	04-02-2014	2,1	5,6	2,9	4,1	2,6	3,1
			06-10-2014	0,6	1,6	1,2	1,1	1,4	2,3
	P2		27-01-2015	8,2	14,8	14,9	17,3	14,4	13,2
			19-10-2015	9,9	8,5	8,2	17,9	14,8	10,7
			01-03-2016	2,3	2,8	2,0	2,0	2,1	2,2
			18-10-2016	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	1,9
C1*			**Promedio (14-15)**	**5,2**	**7,6**	**6,8**	**10,1**	**8,3**	**7,3**
			Promedio (15-16)	**5,5**	**6,9**	**6,6**	**9,8**	**8,3**	**7,0**
			Norma Promedio	**≤3**	**≤5**	**≤5**	**≤5**	**≤5**	**≤5**
C2**			**Max/min (14-15)**	**9,9**	**14,8**	**14,9**	**17,9**	**14,8**	**13,2**
			Max/min (15-16)	**9,9**	**14,8**	**14,9**	**17,9**	**14,8**	**13,2**
			Norma Min/Max	**≤6**	**≤10**	**≤10**	**≤10**	**≤10**	**≤10**

(*) C1: Superacion de la Norma Promedio considerando el promedio de cuatro campañas en un periodo de dos años.
(**)C2: Superacion del valor máximo normativo considerando el máximo valor de cuatro campañas en un periodo de dos años.

Nivel de saturación Valor Norma

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de los Informes técnicos de cumplimiento de normas de calidad del agua elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA, 2017a,b). Expedientes N° DFZ-2016-4695-IX-NC-EI y DFZ-2017-5420-IX-NC-EI.

Tabla 6. Resultados de la aplicación de TSI (Trophic state index) de Carlson para Clorofila "a" en las áreas de vigilancia durante el período 2014-2016.

Fecha campaña	**Índice de Trofía TSI Carlson (Clorofila "a")**					
	PEL- CENTRO	**LIT PUCON**	**LIT NORTE**	**LIT-VILL**	**LIT SUR**	**LIT POZA**
04-02-2014	37,9	47,5	41,0	44,4	44,2	41,7
06-10-2014	25,6	35,2	32,4	31,5	33,9	38,8
27-01-2015	51,2	57,0	57,1	58,7	56,8	55,9
01-10-2015	53,1	51,6	51,2	58,9	57,0	53,9
01-03-2016	38,9	40,7	37,4	37,4	37,9	38,3
18-10-2016	34,6	34,6	34,6	36,4	36,4	36,9

Eutrofía Mesotrofía Oligo-Mesotrofia Oligotrofía

Fuente: Actualizado del 1° Informe de calidad Lago Villarrica (MMA, 2016).

Transparencia (Disco Secchi)

En la Tabla 7 es posible observar que el valor promedio bianual para el parámetro Transparencia, registró superaciones de la norma para el área de vigilancia PEL-CE, durante los períodos analizados (promedios 2014-2015 y 2015-2016). Por su parte, las demás áreas de vigilancia, a excepción del área LIT-NO, y LIT-PU en sus promedios del período 2015-2016, mostraron valores en niveles de latencia (se sitúan entre el 80-100% de la Norma). Finalmente, se observa que las áreas de vigilancia PEL-CE y LIT-PU, presentaron valores mínimos en nivel de latencia.

Tabla 7. Resultados del monitoreo de Transparencia en las áreas de vigilancia durante el período 2014-2016.

				Promedio Ponderado Transparencia (m)					
Criterio de Superación	**Período**		**Fecha campaña**	**PEL-CE**	**LIT-PU**	**LIT-NO**	**LIT-VIL**	**LIT-SU**	**LIT-PO**
		P1	04-02-2014	5,4	4,5	7,0	5,6	7,0	5,0
			06-10-2014	11,4	9,0	8,5	9,6	9,0	7,0
	P2		27-01-2015	9,4	10,5	10,5	8,1	8,0	10,5
			19-10-2015	6,4	6,0	7,5	6,9	6,0	5,5
			01-03-2016	9,9	11,5	10,0	10,6	12,3	9,5
			18-10-2016	7,4	6,5	8,5	7,1	5,5	5,5
C1*			**Promedio (14-15)**	**8,2**	**7,5**	**8,4**	**7,6**	**7,5**	**7,0**
			Promedio (15-16)	**8,3**	**8,6**	**9,1**	**8,2**	**8,0**	**7,8**
			Norma Promedio	**≥9**	**≥7**	**≥7**	**≥7**	**≥7**	**≥7**
C2**			**Max/min (14-15)**	**5,4**	**4,5**	**7**	**5,6**	**6**	**5**
			Max/min (15-16)	**6,4**	**6**	**7,5**	**6,9**	**5,5**	**5,5**
			Norma Min/Max	**≥5**	**≥4**	**≥4**	**≥4**	**≥4**	**≥4**

* C1: Superacion de la Norma Promedio considerando el promedio de cuatro campañas en un periodo de dos años.
**C2: Superacion del valor minimo normativo considerando el máximo valor de cuatro campañas en un periodo de dos años.

Valor norma | Nivel de saturación | Nivel de latencia

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de los Informes técnicos de cumplimiento de normas de calidad del agua elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA, 2017 a,b). Expedientes N° DFZ-2016-4695-IX-NC-EI y DFZ-2017-5420-IX-NC-EI.

Por su parte, el TSI de Carlson para el parámetro Transparencia, registró valores que se encuentran en el rango de oligotrofia para todas las áreas de vigilancia en las campañas realizadas en verano del 2015 y 2016. En primavera de 2014 los valores de TSI también se encontraron en valores de oligotropfía, a excepción de LIT-PO, que se encontró en un nivel de oligo-mesotrofía (Tabla 8). En particular, los valores más altos del TSI, se encontraron en las campañas de verano de 2014 y primavera de 2015, en las cuales la totalidad de los valores se encontraron en un nivel de oligo-mesotrofía.

Tabla 8. Resultados de la aplicación del TSI (Trophic State Index) de Carlson para Transparencia en las áreas de vigilancia durante el período 2014-2016.

Fecha campaña	Índice de Trofía TSI Carlson (Transparencia)					
	PEL- CENTRO	LIT PUCON	LIT NORTE	LIT-VILL	LIT SUR	LIT POZA
04-02-2014	35,4	38,3	32,0	35,2	32,0	36,8
06-10-2014	24,8	28,3	29,2	27,4	28,3	32,0
27-01-2015	27,7	26,1	26,1	29,9	30,0	26,1
01-10-2015	33,3	34,2	31,0	32,2	34,2	35,4
01-03-2016	27,0	24,8	26,8	26,0	23,8	27,6
18-10-2016	31,2	33,0	29,2	31,8	35,4	35,4

Eutrofía | Mesotrofía | Oligo-Mesotrofia | Oligotrofía

Fuente: Actualizado del 1° Informe de calidad Lago Villarrica (MMA, 2016).

Fósforo Disuelto

En la Tabla 9, se puede observar que durante el período bianual 2015-2016 el parámetro Fósforo Disuelto presentó niveles máximos por sobre los valores norma en todas las estaciones a excepción de las estaciones Litoral Pucón y Litoral Norte, donde los valores se encuentran en niveles de latencia. Los valores promedio del período 2015-2016, se registraron dentro de la norma para todas las estaciones, a excepción de las estaciones Pelagial Centro y Litoral Villarrica que se encontraron en niveles de latencia.

Tabla 9. Resultados del monitoreo de Fósforo Disuelto en las áreas de vigilancia durante el período 2015-2016.

			Promedio Ponderado Fosforo disuelto (mg/l)					
Criterio de Superación	Período	Fecha campaña	PEL-CE	LIT-PU	LIT-NO	LIT-VI	LIT-SU	LIT-PO
	P2	27-01-2015	0,009	0,011	0,008	0,008	0,008	0,010
		19-10-2015	0,021	0,020	0,022	0,035	0,027	0,030
		01-03-2016	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004
		18-10-2016	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
C1*		**Promedio (15-16)**	**0,009**	**0,010**	**0,009**	**0,013**	**0,010**	**0,012**
		Norma Promedio	**≤0,010**	**≤0,015**	**≤0,015**	**≤0,015**	**≤0,015**	**≤0,015**
C2**		**Max/min (15-16)**	**0,021**	**0,020**	**0,022**	**0,035**	**0,027**	**0,030**
		Norma Min/Max	**≤0,015**	**≤0,025**	**≤0,025**	**≤0,025**	**≤0,025**	**≤0,025**

* C1: Superacion de la Norma Promedio considerando el promedio de cuatro campañas en un periodo de dos años.
**C2: Superacion del valor máximo normativo considerando el máximo valor de cuatro campañas en un periodo de dos años.

Valor norma | Nivel de saturación | Nivel de latencia

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA, 2017b). Expediente N° DFZ-2017-5420-IX-NC-EI.

3.3 Resultados de la Red de Observación

Índice de Trofía a partir de Macrófitos

En el marco del estudio denominado "Evaluación del estado trófico del Lago Villarrica en base a macrófitos bioindicadores", realizado por el MMA y finalizado a fines del año 2015, se realizaron campañas de monitoreo de riqueza y abundancia de macrófitos en el Lago Villarrica, estimándose posteriormente los niveles de trofía de diferentes áreas en el lago. Los resultados de este estudio, permitieron reforzar el análisis del estado trófico del lago a partir de macrófitos bioindicadores.

Como resultado de este estudio, al emplear la metodología de San Martín *et al*. (2003), 7 de las 10 estaciones analizadas presentaron un índice de trofía en nivel Medio Tabla 10 , lo cual se puede interpretar como una tendencia hacia la mesotrofía del Lago Villarrica. Estos resultados coinciden parcialmente con la metodología del Índice Trófico Fluvial a partir de macrófitos (ITFM) desarrollado por la Universidad Católica de Temuco, donde 8 de las 10 estaciones de muestreo se asociaron con un nivel de trofía medio. Las ecuaciones para la implementación de la metodoiogía de San Martin *et al*, (2003) y para el cálculo del ITFM, pueden ser revisadas en el 1° informe de calidad del Lago Villarrica (MMA, 2016).

Tabla 10. Resultados Índice de trofía a partir de macrófitos.

Nombre Sector Medido	Área de vigilancia	Nivel de trofía de acuerdo a (San Martin, 2003)	Nivel de trofía de acuerdo a ITFM (UCT, 2014)
Borde Aliso	LIT-NO		
La Esperanza	LIT-NO		
Costanera	LIT-VI		
Embarcadero	LIT-VI		
Bahia verde	LIT-VI		
Puerto Pinar	LIT-SU		
Río Correntoso	LIT-SU		
Puntilla Norte	LIT-SU		
La Poza 1	LIT-PO		
La Poza 2	LIT-PO		
	Medio		Bajo

Fuente: Elaboración propia a partir de MMA, 2015. Evaluación del estado trófico del Lago Villarrica en base a macrófitos bioindicadores"

Cabe señalar que los resultados presentados, no son comparables con estudios anteriores ya que, pese a que se cuenta con muestreos de macrófitos bioindicadores en los años 1996 y 1999 realizados por Hauenstein *et al*, éstos no determinaron la condición trófica a partir de macrófitos bioindicadores, sino más bien estuvieron enfocados a determinar la composición de la flora ribereña y detectar elementos florísticos para corroborar condiciones de contaminación del lago.

Índice de trofía a partir de macroinvertebrados bentónicos (*Diplodon chilensis*)

Desde el año 2013, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, Región de La Araucanía en convenio con la Universidad Católica de Temuco, se encuentra realizando campañas de monitoreo de macroinvertebrados bentónicos, centrándose en la especie *Diplodon chilensis.* El análisis de la densidad de individuos por metro cuadrado (ind/m^2), permite conocer el estado trófico del lago de acuerdo con 5 categorías de calidad (Tabla 11). Altas densidades de esta especie indican mayor concentración de materia orgánica en el sustrato, asociándose a malas condiciones de la calidad del agua, mientras que una menor densidad de individuos por metro cuadrado, representa mejores condiciones de la calidad del agua. De esta manera, el análisis de los organismos acuáticos, permiten comprender de mejor manera los resultados fisicoquímicos.

Respecto de los resultados, durante la campaña realizada en el año 2014 (otoño) se observó una mayor densidad de *D. chilensis* en el sector LIT-PU, comparado con el de LIT-NO, con densidades (Ind/m^2) que se encuentran en calidades "muy mala" y "mala" respectivamente. No obstante lo anterior, la densidad de esta especie en la campaña de marzo de 2016, mostró una calidad de aguas en nivel buena en el LIT-PU y regular en LIT-NO.

Si bien las densidades de la última campaña difieren de los valores registrados en campañas anteriores, es necesario señalar que en la campaña de marzo 2016, el muestreo subacuático mostró una alta mortalidad de individuos, evidente por la frecuencia de conchas vacías y la importante cantidad de perióstraco en el sustrato. Una situación similar ha sido descrita para el lago Lanalhue por Valdovinos & Pedreros (2007), quienes lo asociaron a poblaciones en condiciones "terminales", al borde de la extirpación producto de la disminución de la transparencia (profundidad Secchi < 3m) por el aumento de las concentraciones de orto-fosfato principalmente. No obstante, en la campaña realizada en el lago Villarrica, la transparencia del sector La Poza fue alta (8,5 m), por lo que la mortalidad de *D. chilensis* no estaría asociada con dicho parámetro, sino a eventos de blooms fitoplanctónicos registrados previamente.

Tabla 11. Resultados Índice de trofía a partir de campañas de *Diplodon chilensis.*

	Densidad (Ind/m^2)	
Fecha campaña	**LIT NO**	**LIT-PU**
Marzo 2014	276,5 ± 139,9	312,9 ± 139,9
Marzo 2015	122,2 ± 84,8	167,7 ± 96,48
Marzo 2016	65,92 ± 73,65	18,56 ± 14,36

	≤50	Buena
	50 y <80	regular
	80 y <150	Menos que regular
	150 y < 300	Mala
	≥ 300	Muy mala

Fuente: Elaboración propia, actualizado a partir de datos del 1° Informe de calidad Lago Villarrica (MMA, 2016). Subcomisión técnica – bioindicadores proceso normativo lago Villarrica: http://www.sinia.cl/1292/articles-51209_TomoIII_1000_1109.pdf

Análisis de la comunidad fitoplactónica

De acuerdo a los resultados de las campañas de la Dirección General de Aguas, y según lo establecido en el Informe de Calidad del Lago Villarrica publicado por el Ministerio del Medio Ambiente y disponible en la web: http://sinia.mma.gob.cl/, en todas las áreas litorales, los valores del índice de estado trófico (TSI) calculados para Clorofila "a", tanto en el período estival de 2015, así como en la primavera de 2015, coinciden con los registros más elevados de abundancia de la comunidad fitoplactónica. En el caso del área pelagial centro, la clase más abundante fue Bacillariophyceae, representadas en mayor proporción por las especies *Discostella stelligera y Fragilaria crotonensis* (presentes en todas las áreas de vigilancia). En la campaña de enero 2015, se identificó además la especie *Anabaena circinalis Rabenhorst* del grupo de las cianofíceas, encontrándose en mayor abundancia en las estaciones: Litoral Pucón, Litoral Norte y Litoral Poza. Es relevante recalacar que las especies *Fragilaria crotonensis y Anabaena circinalis Rabenhorst* son consideradas típicas de lagos mesotroficos y eutróficos (Holopainen & Letanskaya, 1999; DGA, 2014; Nimptch *et al.,* 2015).

En el caso de las áreas litorales, para la campaña realizada en verano de 2014 resultó dominante la clase Bacillariophyceae, encontrándose las mayores abundancias entre los 10 y 20 m de profundidad representadas por la especie *Fragilaria crotonensis.* A diferencia de la campaña de verano, la campaña realizada en primavera de 2014, tuvo mayor dominancia de la clase Chlorophyceae en todas las áreas de vigilancia litorales, estando mayormente representada por las especies *Kirchneriella lunaris (superficie)* y *Dictyosphaerium pulchellum* (entre 10 y 20 metros), las cuales son especies características de lagos eutróficos (Nimptch, *et al.,* 2015).

Para la campaña de Enero de 2015, el fitoplancton del Lago Villarrica tuvo una predominancia de las clases Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Cryptophyceae, destacando la presencia de la clase Cyanophyceae, representadas por el género *Anabaena*. En 2015 los resultados de la aparición de las Cyanophyceae, concuerdan con los más altos niveles de clorofila "a" detectados.

3.4 Relación entre la Clorofila "a", Transparencia y Nutrientes.

La norma de calidad del Lago Villarrica establece los niveles para cada uno de los parámetros que deben ser monitoreados en las áreas de vigilancia. Durante el período 2014 al 2016 la SMA emitió dos informes de cumplimiento de la norma (2014-2015 y 2015-2016), indicando que los parámetros Clorofila "a" y Transparencia presentaron valores que exceden los límites establecidos. Adicionalmente, los datos validados para fósforo en 2016, superan los valores normas. En relación con los nutrientes (fósforo y nitrógeno), la literatura científica reporta extensamente la insidencia de éstos sobre la Clorofila "a" y la Transparencia en diferentes tipos de lagos alrededor del mundo. De allí que, se incluya en este informe un análisis de la interacción entre estos parámetros que justifique incorporar el control de los nutrientes dentro de las medidas a implementar en un Plan de Descontaminación dictado para alcanzar valores norma de Clorofila a y Transparencia.

La Clorofila "a" es un pigmento fotosintético presente en las células de los organismos fitoplanctónicos por lo que ha sido utilizada para estimar la biomasa algal total, que está estrechamente relacionada con el desarrollo y crecimiento del fitoplancton en un cuerpo de agua (Vollenweider, 1969; Dillon, 1975). Si un lago presenta baja concentración de Clorofila "a", esto se puede interpretar como una baja abundancia de biomasa algal, mientras que una alta concentración de Clorofila "a" representa lo contrario.

La cantidad de Clorofila "a" en el fitoplancton puede estar influenciada, tanto por los nutrientes como por otros factores ambientales (Babalali *et al*, 2013). Los nutrientes, en particular Nitrógeno y Fósforo, han sido identificados en muchos casos como los principales elementos que controlan el crecimiento del fitoplancton en el agua debido a su baja disponibilidad en relación con los requerimientos celulares de los organismos. Por lo anterior, estos nutrientes son referidos comúnmente como factores limitantes en un sistema acuático (Walker *et al,* 2007).

En la literatura, evidencias de correlaciones y regresiones entre Clorofila "a" y nutrientes, principalmente Fósforo, se han encontrado en diversos lagos del mundo (Sakamoto, 1966; Ahlgren, 1980; Aizaki *et al.,* 1981; Canfield, 1983; Quiros, 1988). Por ejemplo, Sakamoto (1966) encontró una fuerte correlación entre la Clorofila "a" y Fósforo al estudiar diversos lagos japoneses. Por su parte, Dillon y Rigler (1974), estudiando lagos canadienses, encontraron una relación entre Fósforo y Clorofila, sugiriendo una ecuación para predecir los niveles de concentración de Clorofila "a" en relación a una determinada concentración de Fósforo en los sistemas estudiados. Rast *et al.,* (1983) observaron una disminución en los niveles de Clorofila "a" en lagos que experimentaron una disminución en las concentraciones de Fósforo. Si bien son menos casos, estudios que muestran correlaciones entre Nitrógeno y Clorofila "a" también se evidencian en la literatura (Balali *et al.,* 2013).

La correlación entre Clorofila y nutrientes, depende principalmente del nutriente limitante en el sistema de estudio. Los trabajos que se han realizado para identificar los nutrientes limitantes para el crecimiento del fitoplancton han permitido establecer que en general en las zonas subtropicales y tropicales el nutriente limitante del crecimiento del fitoplancton es el Nitrógeno, mientras que el Fósforo resulta ser limitante en zonas temperadas (Henry *et al.,* 1985; Davalos *et al*., 1989; Smith, 1990).

Como se mencionó anteriormente, las evidencias que relacionan a la Clorofila "a" con los nutrientes son abundantes, sin embargo, no existe un modelo único para predecir la relación Clorofila-nutrientes. En esta relación pueden estar involucrados otros factores específicos del lago, como son la relación Nitrógeno y Fósforo Total, tasa de recambio de agua, sólidos suspendidos, presencia y cantidad de macrófitas acuáticas, latitud en términos del largo de día, profundidad media (Quiros, 1988; Kasprzak *et al.,* 2008), temperatura media anual, luz (Wetzel, 2001) entre otras (Quiros, 1988; Brown *et al.,* 2000), los cuales pueden influenciar esta relación.

Respecto al proceso de eutroficación de los lagos, entendiendo a éste como la respuesta del ecosistema frente a la carga de los nutrientes, es sabido que un incremento en la carga de nutrientes al lago frecuentemente resulta en un incremento del fitoplancton y consecuentemente en: un déficit de oxígeno en las profundidades del lago, una disminución de

la transparencia del agua y cambios en la composición de especies (Dillon & Rigler, 1974). En casos extremos, el exceso de nutrientes puede generar un exceso de algas ("bloom"). Si las condiciones de altas concentraciones de nutrientes persisten en el tiempo, como consecuencia de la alta tasa de crecimiento y corto ciclo de vida de las algas, se genera materia orgánica muerta que cae al fondo y se descompone, proceso que consume oxígeno. La baja concentración de oxígeno genera la muerte de plantas acuáticas y animales afectando la trama trófica del sistema. La aparición de algas y la producción de materia orgánica contribuyen además a la disminución de la transparencia del agua, inhibiendo la fotosíntesis de otros organismos fototróficos, cambiando la composición de especies, y pudiendo favorecer aquellas especies que producen toxinas (Diersing, 2009). Producto de esta cadena de procesos generada por el incremento de nutrientes, las medidas para reducir la biomasa algal se concentran en la reducción de nutrientes, y por lo tanto, la restricción de la carga de nutrientes debe ser una escencial medida en lagos (Smith, 1999).

Dada la estrecha relación que existe entre la concentración de nutrientes, el crecimiento de fitoplancton, y el contenido de Clorofila "a", estos parámetros han sido usados como indicadores del estado trófico en lagos (Vollenweider, 1969; Dillon, 1975). Así, se han generado rangos de concentración de Clorofila "a" y nutrientes que clasifican el estado trófico de un lago que va desde un sistema oligotrófico, caracterizado por bajos niveles de nutrientes, baja productividad primaria, gran transparencia de sus aguas y una biota diversa; a sistemas hipereutróficos que se caracterizan por condiciones opuestas (e.g. Nürnberg, 1996).

Al igual que en otros lagos del mundo, en los Lagos Araucanos de Chile, grupo que integra el Lago Villarrica, el Nitrógeno y Fósforo son los principales nutrientes que regulan la productividad del fitoplancton (Vollenweider 1968; Schindler y Fee, 1974). A nivel país, ambos nutrientes han sido identificados como limitantes para el desarrollo del fitoplancton dependiendo del lago (Campos *et al.,* 1984; Soto *et al.,* 1994; Steinhart *et al.,* 2002). En Chile, un estudio intentó estimar la relación Clorofila-nutrientes en 28 lagos del sur, sin embargo, la mayoría de las concentraciones de nutrientes se encontraron bajo los límites de detección, resultando difícil el uso de los datos (Steinhart *et al.,* 2002). Por otro lado, Soto *et al.,* (2002) reportaron que los lagos chilenos, a diferencia de los lagos temperados del hemisferio norte, presentan una cierta resiliencia frente a los aportes de Nitrógeno y Fósforo. En este estudio, se determinó que la profundidad de mezcla determina, en mayor medida que el aporte de nutrientes, a la productividad del lago. Sin embargo, se predice que esta situación puede ocurrir en lagos cuya profundidad de mezcla es mayor a 25 metros. En lagos cuya profundidad es inferior a 25 metros, como es el caso del Lago Villarrica, la productividad debiera ser más sensible a la adición de nutrientes.

En resumen, de acuerdo a esta revisión, la concentración de Clorofila esta influenciada por la disponibilidad de nutrientes en un cuerpo de agua, principalmente de aquellos nutrientes que son limitantes en el sistema. Esta relación además puede estar favorecida o desfavorecida por otros factores abióticos o características del lago. De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que, si bien los niveles de Clorofila *"a"* y Transparencia son los parámetros que superaron la norma de calidad del Lago Villarrica, resulta importante considerar las mediciones de nutrientes

en el lago y los aportados por los afluentes al lago como insumos para la elaboración de medidas del futuro plan de descontaminación en el Lago Villarrica.

4. CARGA DE NUTRIENTES AL LAGO VILLARRICA.

La primera estimación de los aportes de nutrientes diferenciando los aportes entre fuentes fijas y difusas al lago (inventario de emisiones) y la estimación de la capacidad de carga crítica anual del lago fue realizada por el estudio de la UACH del año 2008. Este estudio, consideró que las fuentes puntuales y difusas que aportan con nutrientes al lago llegan a éste por el Río Pucón o Minetúe (el que cambia de nombre a Río Trancura a la altura de Curarrehue), el cual contribuye con un 90% del agua que ingresa al lago por sus afluentes.

El estudio de la UACH (2008) delimitó la cuenca del Lago Villarrica, estableciéndose 14 subcuencas, más los Lagos Villarrica y Caburga dando un total de 293.138 km^2. Se estimó el aporte de Nitrógeno y Fósforo Total por cada una de las subcuencas según uso de suelo (Tabla 12). Los datos fueron estimados a partir de datos de caudal (estaciones DGA, 1976-2006) y de índices de exportación de nutrientes por uso de suelo.

Tabla 12. Potencial que tiene cada subcuenca en el aporte de nutrientes al Lago. Cargas de nutrientes (ton/año) según subcuencas considerando su uso de suelo.

Subcuenca	NH_4-N (ton/año)	NO_3-N (ton/año)	N-total (ton/año)	P-total (ton/año)
Maichin	26,39	102,30	168,53	54,27
Trancura	18,03	55,17	101,84	40,60
Caburga	19,06	57,29	104,32	39,77
Liucura	18,13	59,20	103,86	35,65
Pangui	6,74	21,28	37,77	13,14
Pucón	13,45	45,43	83,70	32,94
Palguín	18,47	58,13	108,94	44,25
Quelhue	2,63	6,83	12,89	5,22
Pucón-El claro	3,50	15,52	25,13	6,74
Ribera norte	4,22	18,48	29,97	7,69
Volcán Villarrica	2,07	8,76	15,03	4,76
Candelaria	2,88	12,01	20,56	6,46
Molco	2,33	8,87	15,44	4,96
Huincacara	3,28	16,80	26,49	5,69
Lago Villarrica	12,99	7,64	35,78	14,49
Lago Caburga	3,81	2,24	10,49	4,25
TOTAL	**155,28**	**495,95**	**900,74**	**320,88**

Fuente: UACH, 2008.

Los resultados de los aportes de nutrientes de las diferentes fuentes, se muestran en la Tabla 13. De esta tabla, se observa que los mayores aportes de Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (PT) corresponden a las fuentes difusas (usos de suelo de la cuenca), seguido de las pisciculturas y de la planta de tratamiento de aguas servidas de Pucón (PTAS).

Tabla 13. Carga de nutrientes al Lago Villarrica por fuentes difusas y fuentes puntuales.

Tipo de Fuente	Fuente	N-total (ton/año)	N-total (%)	P-total (ton/año)	P-total (%)
Puntuales	**Pisciculturas**	115,5	1,4	3,4	10,47
	PTAS Pucón	80,8	2,1	4,9	7,32
Difusas	**Suelos**	900,71	96,0	228,2	81,65
	Casas de veraneo	6,1	0,5	1,2	0,55
	TOTAL	**1103,11**	100	237,7	100

Fuente: Modificado de UACH, 2008.

La carga crítica de nutrientes en el lago, que se entiende como la cantidad máxima de nutrientes que ingresa y que al ser sobrepasada conlleva la eutrofización del lago, fue calculada en este estudio, usando la profundidad promedio del lago, su tiempo de renovación (2-4 años) y la concentración de nutrientes para mantener un estado oligotrófico (10 mg/m^3 de PT). De acuerdo con los resultados de este estudio, la carga crítica para PT en el Lago Villarrica se encuentra en el rango de 70-123 ton/año, mientras que la carga crítica para NT se encuentra entre 490 y 840 ton/año (la carga critica de NT fue estimada en base a la relación de peso N:P de 7:1). Al comparar la carga crítica con los valores de las emisiones, es posible inferir que el lago se encuentra con una superación de su capacidad de carga entre 2,0 y 3,4 veces para PT y entre 1,3 y 2,2 veces para NT.

Actualización del Inventario de Emisiones: Estudio AGIES - MMA (2011)

El estudio "Análisis General del Impacto Económico y Social de la Norma del Lago Villarrica" desarrollado por el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente (2011), realizó una actualización del inventario de emisiones a partir de las estimaciones de la UACH (2008). Entre sus objetivos estuvo desarrollar un modelo de calidad de agua (Vollenweider, 1982; Reckhow, 1980) para estimar la carga de nutrientes que ingresa al lago, estimar la tendencia de la concentración de nutrientes en el tiempo y evaluar el impacto social y económico de la norma.

En este AGIES, la estimación de carga de nutrientes se realizó en forma similar al estudio de la UACH (Tabla 14). El modelo de calidad de agua, sugiere que en los periodos venideros en la zona pelagial se superaría la norma en Fósforo Total, mientras que el Nitrógeno Total no alcanzaría las concentraciones establecidas en la norma. En el caso de la zona litoral, la superación de la norma ocurriría para ambos nutrientes, no obstante, los autores sugieren profundizar en la determinación de la carga de nutrientes producida por cada fuente emisora, a fin de mejorar las estimaciones y predicciones de los aumentos en las concentraciones de nutrientes en el lago.

Tabla 14. Cargas de Nutrientes en la cuenca del Lago Villarrica.

Tipo de fuente		N-total (ton/año)	N-total (%)	P-total (ton/año)	P-total (%)
Difusas	**Pozos sépticos**	21	2	4	2
	Suelos (uso de suelo)	797	67	215	82
Puntuales	**Alcantarillado Curarrehue**	16	1	3	1
	Empresas	319	27	28	11
	PTAS Pucón	47	4	10	4
	Total	**1.194**	**100**	**261**	**100**

Fuente: AGIES, 2011

Los ordenes de magnitud son similares entre ambos estudios de carga de nutrientes, estableciéndose que los aportes de suelos por escorrentía superficial en general son los responsables del 67% de los aportes de NT y del 82% de los aportes de PT que ingresan al Lago Villarrica, seguido de los aportes del sector acuícola (empresas) con un 27% de NT y un 10% del PT y la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Pucón con un 4% del NT y 4% del PT.

De acuerdo a lo señalado en el AGIES, a nivel de cuenca la estimación de los aportes de nutrientes producidos por cada tipo de uso de suelo mostró que el 18% de la carga total de NT y el 13% de la carga total de FT (período 2005-2009) fueron generadas desde áreas cubiertas por praderas con manejo agropecuario, correspondientes al 12% del total de la cuenca (Figura 4). Por otra parte, los aportes vinculados al bosque nativo (promedio de adulto y renoval), presentaron una magnitud similar al de las praderas con un 16,6% para el NT y un 22% para el PT.

No obstante lo anterior, estos valores se requieren precisar a través de un monitoreo u obtención de información primaria, puesto que la metodología de cálculo es indirecta (considera factores de exportación de suelos y porcentaje de cobertura en la cuenca). De hecho, la bibliografía del estado del arte en la materia en Chile, demuestra cuantitativamente la importancia de los bosques nativos en la reducción del movimiento de nutrientes en el suelo y en la erosión y pérdidas de nutrientes y fertilidad de los suelos (Lara et al, 2003). Por lo tanto, los aportes de carga de nutrientes del bosque nativo y renoval de la presente estimación deden ser considerados como valores base del ecosistema y no como fuentes de emisión de contaminantes.

Considerando que en los períodos proyectados para análisis (2012-1016; 2017-2021) las subcuencas analizadas no debiesen presentar variaciones significativas en sus mosaicos de uso del suelo, los resultados de la proyección de las concentraciones de nutrientes en el lago, realizadas a partir de modelación, demostraron que el crecimiento de las pisciculturas salmoacuícola (expansión, incremento productivo) sería una de las principales causas de futuros incrementos en la cargas anuales de Fósforo Total y Nitrógeno Total.

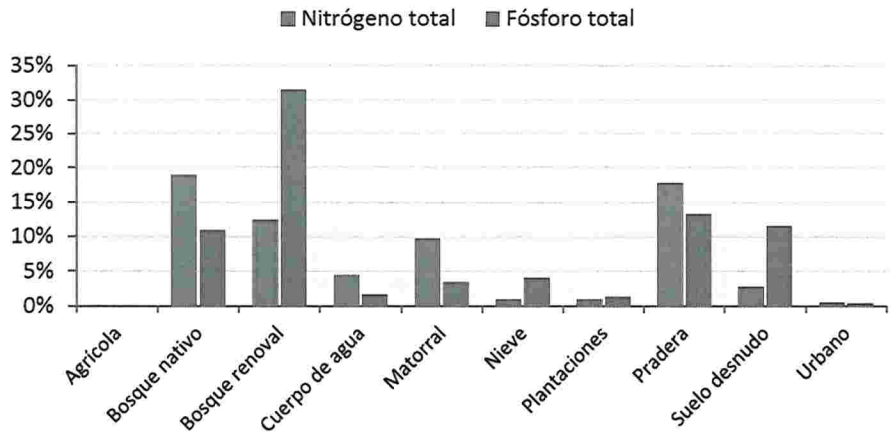


Figura 4. Contribución porcentual de cada tipo de uso de suelo, presente en las subcuencas de estudio, con relación a la carga total anual de nutrientes en el Lago Villarrica (período 2005-2009). Fuente AGIES, 2011.

Frente al aumento de las concentraciones de nutrientes en el lago, producto de los incrementos en las cargas en el tiempo, el AGIES analizó la aplicación de medidas en la cuenca tomando en consideración tres escenarios de reducción de emisiones de la carga de nutrientes. Las medidas consideradas para la reducción de nutrientes en fuentes fijas fueron: la construcción de la PTAS de Curarrehue, mejoramiento de las tecnologías en la PTAS de Pucón, implementación de un alcantarillado de borde lago en la ribera Sur del Lago Villarrica y el mejoramiento de tecnologías para pisciculturas. Asimismo, realizó una evaluación de la implementación de medidas para fuentes difusas, tales como la recuperación de la vegetación ripariana.

A modo de conclusión, el análisis de las concentraciones de Fósforo Total al implementar medidas para fuentes puntuales y difusas, indicó que a través de la implementación del escenario máximo de reducción de emisiones, se podría alcanzar la reducción de las concentraciones a un costo esperado de 9 MMUSD. Asimismo, se concluye que los costos son altamente sensibles a la tasa de crecimiento de las pisciculturas y a la tasa de crecimiento de la población de Pucón.

Análisis de la Carga de Nutrientes de las Subcuencas al Lago Villarrica y Estudio de Escenarios de Simulación, UCT (2012).

En el año 2012, con el fin de profundizar el estudio sobre el aporte de nutrientes de las diferentes subcuencas que drenan al lago Villarrica, la Universidad Católica de Temuco (UCT), realizó un estudio en el cual se calibró el modelo de simulación hidrológica y de aporte de nutrientes (SWAT). Mediante este modelo, se analizó el efecto de los cambios de los usos de suelo de las subcuencas en la respuesta hidrológica en términos de cantidad y calidad. Esto se realizó bajo tres escenarios de cambio de uso de suelo para simular las emisiones de NT y PT en la cuenca: actual, favorable y desfavorables (Tabla 15). Es importante señalar que las estimaciones de carga de nutrientes de la UCT, versus las estimaciones realizadas por la UACH

(2008), se diferencian en que el primero, consideró para sus cálculos caudales totales de los afluentes, mientras que la UCT consideró sólo el caudal asociado a escorrentía superficial (exportación de nutrientes), es decir, el caudal total menos el caudal base.

Tabla 15. Carga de Nitrógeno y Fósforo Total anual por subcuenca en estudio. Resultados mediante simulaciones en modelo SWAT (expresados en ton N/año).

Nitrógeno Total (ton/año)										
Escenario	**Caburga**	**Liucura**	**Maichín**	**Palguín**	**Pangui**	**Pucón**	**PucónCl**	**Quelhue**	**Trancura**	**NTOTAL**
Actual	93,58	73,74	99,20	79,34	26,06	102,52	16,74	9,66	69,85	**570,69**
Favorable	73,72	61,42	77,90	50,86	18,82	80,83	7,09	8,35	42,91	**421,91**
Desfavorable	81,68	102,14	94,05	101,67	50,63	151,44	96,47	48,88	110,00	**836,96**
Fósforo Total (ton/año)										
Escenario	**Caburga**	**Liucura**	**Maichín**	**Palguín**	**Pangui**	**Pucón**	**PucónCl**	**Quelhue**	**Trancura**	**P TOTAL**
Actual	25,93	16,05	24,38	27,92	5,37	43,39	4,08	27,92	22,22	**197,25**
Favorable	20,20	9,07	14,42	14,70	2,51	57,45	1,05	15,10	10,27	**144,78**
Desfavorable	29,23	22,19	24,77	32,84	11,03	80,09	14,93	34,06	29,98	**279,13**

Fuente: UCT, 2012.

Los resultados de este estudio muestran que bajo un escenario favorable, correspondiente a un incremento de forestación nativa, se genera la mayor disminución de los aportes de NT anual, tanto para las subcuencas que presentan mayor extensión de forestación nativa en base a este escenario de cambio (Pucón, Palguín y Liucura), como para todas las subcuencas aportantes en su conjunto (26,1% de la carga de NT anual en la subcuenca alta del lago Villarrica). En cuanto al escenario desfavorable, correspondiente a una mayor expansión agropecuaria, los resultados muestran un incremento de la carga de NT para las subcuencas aportantes al lago Villarrica en un 46,6% respecto al escenario actual. Por otra parte, existen subcuencas en las cuales no se generaría un gran incremento de la carga anual de Nitrógeno en un escenario desfavorable, pues no muestran una marcada sustitución de superficies de bosques nativos por terrenos de uso agrícola y praderas (p.e subcuenca Caburga, Maichín). En cambio, aquellas subcuencas en las cuales, bajo este escenario, predomina el uso agropecuario, éstas mostrarían un marcado aumento de la carga de Nitrógeno anual. En este último caso están las subcuencas Trancura, Pucón, Pucón El Claro, Quelhue, Palguín, entre otras.

Para el caso del PT anual, se repite el mismo patrón que en el caso del Nitrógeno, es decir, una disminución de la carga de PT en el escenario favorable y un aumento de éste bajo las condiciones del escenario desfavorable. En el escenario de máxima forestación nativa se genera una disminución del 25% respecto al escenario de uso de suelo actual y en el escenario desfavorable se observa un aumento cercano al 40% de la carga anual de Fósforo aportado por estas subcuencas en su conjunto.

5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA A DECLARAR COMO ZONA SATURADA

5.1 Justificación del Área a Considerar como Zona Saturada

De acuerdo con reportes internacionales (ILEC, 2005; UNEP-PHI-UNESCO, 2012), la cuenca es un área que se debe considerar indivisible. Los lagos son parte de una cuenca y forman reservorios de agua provenientes de afluentes y usualmente son zonas geográficas de una alta biodiversidad que aportan diversos servicios ecosistémicos. Algunos ejemplos exitosos de gestión ambiental de lagos, como es el caso del Lago Constanza en Alemania, involucran acciones que integran a los lagos y sus afluentes como unidades indivisibles en la preservación y recuperación de estos cuerpos de agua. Organizaciones internacionales como Directiva Marco del Agua de la UE, recomiendan considerar la cuenca hidrográfica como la unidad de gestión y las experiencias internacionales demuestran que este es el camino correcto a seguir.

Los lagos responden lentamente a los cambios que ocurren en él, siendo la tasa promedio de residencia o recambio de estos ecosistemas de 17 años (ILEC, 2005). Esto dificulta enormemente las medidas de protección o recuperación de los lagos. En el caso del Lago Villarrica, el tiempo de renovación hidráulico (TRH), se encuentra entre 2 y 4 años, el cual se considera un periodo rápido en comparación con el promedio mundial. El Lago Llanquihue por ejemplo, cuenta con un TRH mayor a los 70 años. Antecedentes como la magnitud del área de drenaje del Lago Villarrica (2.805 km^2 que equivalen a 16 veces el tamaño del lago), una tasa de renovación alta, así como un bajo transporte de nutrientes desde la atmósfera hacia lago (UACH, 2008), hacen de este ecosistema un cuerpo de agua dinámico que es posible de proteger con acciones y medidas ambientales enfocadas en la gestión de la subcuenca y así desacelerar el proceso de eutrofización en el que actualmente se encuentra.

El agua y los nutrientes que entran a un lago pueden provenir desde la atmósfera y desde la cuenca. De acuerdo al estudio de la UACH (2008) sólo el 6% de los nutrientes que ingresan al Lago Villarrica son aportados por las precipitaciones, mientras que el resto provienen desde su cuenca hidrográfica. Las estimaciones de nutrientes, indican que la suma de todos los aportes al lago desde las sub-subcuencas, superan la capacidad de carga crítica del lago, lo que refuerza la propuesta sobre delimitar la zona saturada a la cuenca total del lago, incluyendo sus riberas y afluentes. En la literatura se sugiere que los aportes totales de nutrientes desde la atmósfera, están relacionados con la razón superficie/cuenca de cada lago en particular (Downing, J. A., & McCauley, E. 1992). En el caso del Lago Villarrica esta relación es pequeña (1:16), y por lo tanto el aporte de los nutrientes desde la atmósfera se considera despreciable.

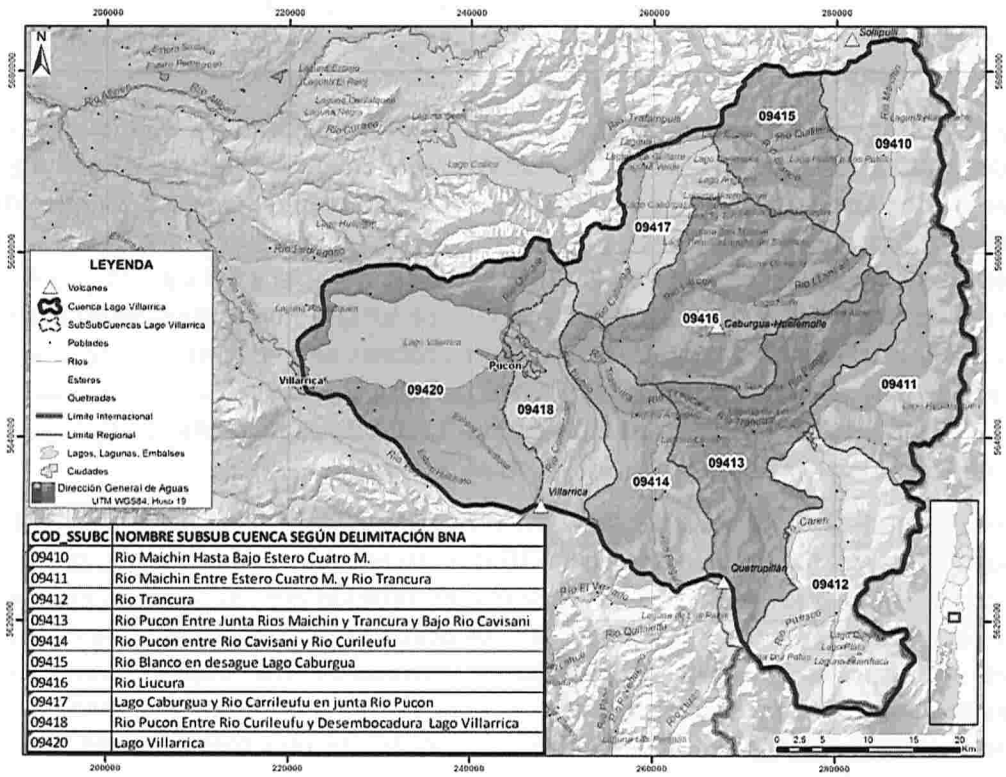
La efectividad que tendría un plan de descontaminación en la subcuenca del Lago Villarrica se ha evaluado a través de simulaciones de distintos escenarios. El estudio de la UCT (2012) muestra que, al simular un escenario desfavorable en relación con las distintas contribuciones de fuentes contaminantes difusas en la cuenca, se ocasionaría un incremento en el aporte de nutrientes al lago. Por el contrario, escenarios favorables que implican reducciones de nutrientes en la cuenca, generararían una disminución en los nutrientes medidos en el lago. Esto viene a corroborar lo plantedo anteriormente, dicho de otra forma: **Existe una relación directa entre aumentos de nutrientes en la cuenca y aumentos de nutrientes en el lago.**

Como se ha mencionado en el capítulo 4 de este informe, los estudios de la UACH (2008), UCT (2012) y MMA-AGIES (2011), han estimado la carga de nutrientes y han establecido aportes con estimaciones similares entre sí, identificando fuentes puntuales y difusas en la cuenca del Lago Villarrica. Algunas presiones ambientales en la zona litoral del lago están asociadas con actividades económicas como la acuicultura, agricultura, pastoreo, actividad forestal, residuos industriales líquidos y aguas servidas domésticas tratadas y crudas. Por lo tanto, la eutrofización del lago no se generaría solo desde la directa explotación de su recurso hídrico, sino a partir de las actividades antrópicas que se realizan y localizan en su cuenca.

Los antecedentes antes descritos y los resultados de los estudios elaborados por investigadores Campos *et al*, (1983 y 1987), UACH (2008), MMA-AGIES (2011) y UCT (2012), sugieren y permiten **justificar que corresponde declarar como Zona Saturada para Clorofila "a" y Transparencia, toda cuenca hidrográfica del lago Villarica**, la que se caracteriza en el siguiente punto.

5.2 Caracterización de la Zona a declarar Saturada.

Esta subcuenca, está constituida por una serie de ríos de corto desarrollo, afluentes del lago Villarrica y un río principal denominado Río Trancura, el cual aporta cerca del 90% de las aguas de escorrentía que el lago recibe. Asimismo, tal como se ha mencionado, este afluente, resulta ser el principal aportante de nutrientes proveniente de las subcuencas del Lago Villarrica.



COD_SSUBC	NOMBRE SUBSUB CUENCA SEGÚN DELIMITACIÓN BNA
09410	Rio Maichin Hasta Bajo Estero Cuatro M.
09411	Rio Maichin Entre Estero Cuatro M. y Rio Trancura
09412	Rio Trancura
09413	Rio Pucon Entre Junta Rios Maichin y Trancura y Bajo Rio Cavisani
09414	Rio Pucon entre Rio Cavisani y Rio Curileufu
09415	Rio Blanco en desague Lago Caburgua
09416	Rio Liucura
09417	Lago Caburgua y Rio Carrileufu en junta Rio Pucon
09418	Rio Pucon Entre Rio Curileufu y Desembocadura Lago Villarrica
09420	Lago Villarrica

Figura 5. Propuesta de área a declarar como saturada. Fuente: DGA, 2013.

El Lago Villarrica es una subcuenca del Río Toltén, tiene una superficie de 2.805 km^2 y abarca las comunas de Villarrica, Pucón, y Curarrehue. Además, esta subcuenca considera dos cuerpos de agua lacustres, el Lago Villarrica y el Lago Caburgua. El Lago Villarrica, es un cuerpo de agua léntico monomíctico, con mezcla vertical durante el invierno con una tasa de renovación hidráulica de entre 2-4 años. Presenta una morfometría simple y una buena mezcla del cuerpo de agua en la zona pelagial (área caracterizada por la ausencia de macrófitos en el fondo). El área pelagial comienza en una profundidad (veril) de 20-30 m, hasta donde llega como máximo el 1% de la luz superficial, lo que se denomina la zona fótica y es la profundidad máxima hasta donde pueden crecer los macrófitos y también las algas. En base a este rango, la definición de las áreas de vigilancia del lago, fue desarrollada tomando en consideración como límite de la zona litoral el veril 25.

La población total en las comunas de la cuenca (Pucón, Cunco, Villarrica, Curarrehue), alcanza las 109.172 personas al año 2015 (INE, 2015). No obstante, se debe considerar que existe una gran presión sobre los recursos del área y sus ecosistemas acuáticos, debido a la población flotante que llega a la zona por interés turístico (vacaciones de invierno y verano). De hecho, el 2011, se estimó una población flotante media por mes de 174.140 personas para las comunas antes mencionadas (SERNATUR, 2012). La relevancia relativa de la población flotante y permanente de cada una de las comunas se presenta en la Figura 6 . La importancia de esta consideración radica en que el diseño de un futuro Plan de Descontaminación tendría que adoptar acciones y medidas diferenciadas de acuerdo a los impactos ambientales influidos por la oscilación de la población, por ejemplo en relación al impacto de las aguas servidas de una población flotante como la mencionada. Un 60% de la población en las comunas consideradas en la cuenca, es urbana, con una mayor proporción en las comunas de Villarrica (67%) y Pucón (65%) (INE, 2002).

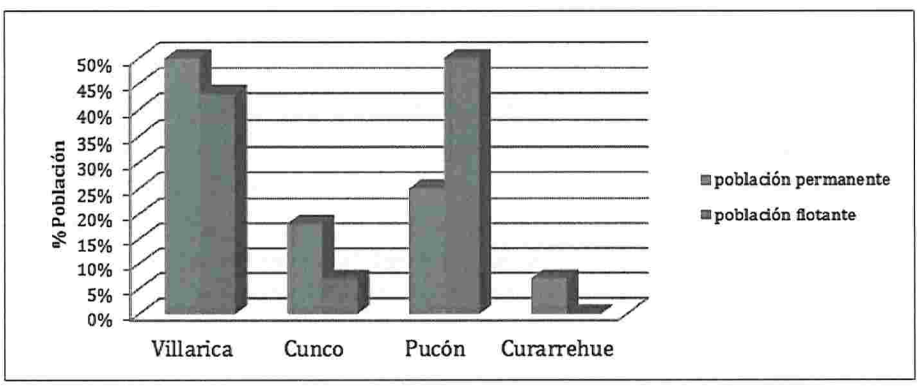


Figura 6. Población permanente y flotante de la Subcuenca
Fuente: INE, 2015 y SERNATUR, 2012.

Las actividades económicas y productivas en la subcuenca del Lago Villarrica dependen en gran medida de la cantidad y calidad de sus aguas. Entre estas actividades se destacan:

a. **Turismo.** Sin duda, la existencia de las áreas bajo la administración del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) es un valioso capital natural que hacen de esta subcuenca, uno de los territorios más visitados de Chile. Así, el Parque Nacional Villarrica fue la tercera área protegida más visitada del país durante el año 2014, con 129.374 visitantes, sólo superada por el Parque Nacional Torres del Paine y el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales (CONAF, 2014). Según información del Servicio Nacional de Turismo, durante la temporada 2012–2013, Pucón y Villarrica estuvieron entre las comunas más visitadas de Chile, con más de 200.000 visitantes. De acuerdo a una estimación del año 2007, las principales comunas en el entorno del Lago Villarrica registraron ingresos por turismo de USD 37 millones, siendo un aporte fundamental a la economía local (SERNATUR, 2007).

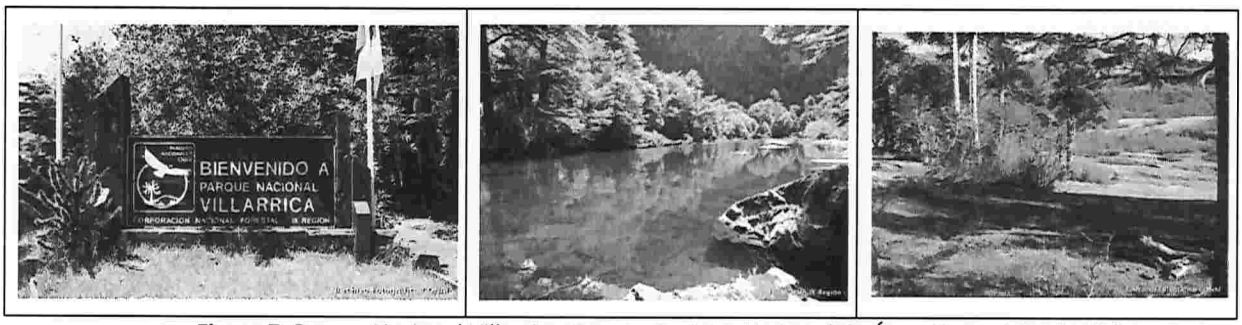


Figura 7. Parque Nacional Villarrica. Fuente Registro Nacional de Áreas Protegidas de Chile

b. **Pisciculturas.** Según el estudio AGIES del Lago Villarrica (MMA, 2011), la actividad de pisciculturas está relacionada con la producción de ovas y alevines de especies salmónidas. La localización de los proyectos es función de la existencia de cursos de agua (ríos, vertientes), y del total de instalaciones identificadas en la Región, la mayoría se concentra en la comuna de Villarrica (SERNAPESCA, 2015).

c. **Silvoagropecuaria.** Según el estudio de DGA (2009), y sobre la base de los resultados del último CENSO agropecuario (INE, 2007), en las principales comunas de la subcuenca existen 4.146 explotaciones silvoagropecuarias, equivalentes a 197.445 ha. De este total, el 87% corresponde a explotaciones agropecuarias. Según el informe del AGIES (MMA, 2011), la mayor concentración de actividades se localiza en la comuna de Villarrica (dentro de la subcuenca del Lago Villarrica), por presentar mejor condiciones geográficas para el desarrollo de la actividad.

6. CONCLUSIONES

- Elevados niveles de Clorofila "a", tales como los constatados en la superación de la normativa secundaria son indicadores del aumento de la trofía del Lago Villarrica. Estos niveles de nutrientes son generados principalmente de manera alóctona, es decir, por el

excesivo ingreso de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) desde la subcuencas hidrográficas aportantes al lago.

- Los estudios realizados a la fecha, demuestran que actualmente la capacidad de carga crítica anual del Lago Villarrica se encuentra superada entre 2,0 y 3,4 veces para Nitrógeno y entre 1,3 y 2,2 veces para Fósforo, lo que sustenta la idea de aplicar acciones y medidas en toda la subcuenca total del lago, incluyendo sus riberas y afluentes. Esto también soporta la definición del área geográfica a declarar como Zona Saturada.

- Estudios elaborados por UACH (2008); MMA-AGIES (2011) y UCT (2012) para el Lago Villarrica, han evidenciado que los principales aportes de nutrientes al lago provienen de las descargas de residuos líquidos tratados o semitratrados de las pisciculturas, la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Pucón, las descargas de aguas servidas crudas de Curarrehue al Río Trancura, los pozos y fosas sépticas ubicados en el borde del lago y en las riberas de sus afluentes, y el arrastre de nutrientes por escorrentía provenientes de praderas agrícolas sobre-fertilizados. Estos antecedentes, permiten justificar la subcuenca del lago, como área geográfica a declarar como Zona Saturada para la elaboración de un plan de descontaminación, que apunte a establecer acciones y medidas sobre las principales fuentes aportantes de nutrientes y permita alcanzar los niveles normados para Clorofila "a", Transparencia y Fósforo Disuelto.

- Culminado el análisis del período de fiscalización de la NSCA del Lago Villarrica (D.S. N°19/2013) por parte de la SMA entre los períodos 2014-2015 y 2015-2016, se determinó que los valores máximos y promedio bi anual para el parámetro Clorofila "a" en la totalidad de las áreas de vigilancia monitoreadas de acuerdo al PMCCA de la Norma, se encontraron en niveles de saturación. Junto a lo anterior, la Transparencia registró niveles de saturación en su valor promedio bianual en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 para el área de vigilancia Pelagial (centro del lago), encontrándose en niveles de latencia para las 5 estaciones litorales en el período de 2014-2015.

- Finalmente, el parámetro Fósforo Disuelto en el último periodo evaluado (2015-2016) registra un nivel de saturación de la norma en todas las estaciones, con excepción de Litoral Pucón y Litoral Norte, las cuales presentaron niveles de latencia. Por tanto, de acuerdo con la definición de Zona Saturada establecida en la letra u del Artículo 2° de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, considerando los criterios de superación indicados en la NSCA del Lago Villarrica (D.S. 19/2013) y lo señalado en el inciso final del artículo 43 de la Ley 19.300 antes señalada, corresponde declarar Zona Saturada la subcuenca del Lago Villarrica por la superación de los parámetros Transparencia, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto.

7. REFERENCIAS

Ahlgren I. (1980). A dilution model applied to a system of shallow eutrophic lakes after diversion of sewage effluents. *Arch. Hydrobiol.,* 89: 17-32.

Aizaki M., Otsuki A., Fukushima T., Hosomi M., Muraoka K. (1981). Aplication of Carlson´s trophic state index to Japanese lakes and relationships between the index and other parameters. *Verh. Int. Ver. Limnol.,* 21: 675-681.

Babali S., Hoseini S., Ghorbani R., Kordi H., Khozani E. (2013). Relationships between nutrients and chlorophyll-a concentration in the international Alma Gol Wetland, Iran. *International Journal of Aquatic Biology,* 1: 68-75.

Brown C.D., Hoyer M.V., Bachmann R.W., Canfield D.E. (2000). Nutrient- Florida and northern temperate lake data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 1574-1583.

Campos H., Steffen W., Román C., Zúñiga L., Agüero G. (1983). Limnological studies in the Lake Villarrica Morphometric, physical, chemical, planktonical factors and primary productivity. *Arch. Hydrobiol.*, 4, 371–406.

Campos H. (1984). Limnological study of Araucanian Lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1319-1327.

Campos H., Steffen W., Parra O., Dominguez P., Agüero G. (1987). Estudios limnológicos en el lago Caburga. *Gayana Bot.*, 44: 61-84.

Canfield D.E. (1983). Prediction of chlorophyll a concentrations in Florida lakes: the importance of phosphorus and nitrogen. *Water Res. Bull.,* 19: 255-262.

CONAF (2014). Estadísticas de Visitación SNASPE 2014. Gerencia de Áreas Protegidas y Medio Ambiente Unidad de Planificación y Control de Gestión.

Davalos L., Land O., Dole R. (1989). Evaluation of phytoplankton limiting factors in Lake Capella, Mexico: turbidity and the spatial and temporal variation in algal assay response. *Lake Reservoir Manage,* 5: 99-104.

DGA (2009). Antecedentes para el Análisis general de Impacto Económico y Social de la Norma Secundaria del Lago Villarrica. Elaborado por la División Medio Ambiente y Prevención de Riesgos Laborales.

DGA (2013). Análisis Crítico de la Definición de Cuencas del Banco Nacional de Aguas. Elaborado por la División de Estudios y Planificación.

DGA (2014). Análisis de fitoplacton en muestra de agua. Informe final realizado por el Centro EULA de la Universidad de Concepción.

Diersing N. (2009) "Phytoplankton Blooms: The Basics". National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. Marine Biotoxins Program.

Dillon P., Rigler F. (1974) The phosphorus-chlorophyll relationships in lakes. *Limnology and Oceanography*, 19: 767-773.

Downing, J. A., & McCauley, E. (1992). The nitrogen: phosphorus relationship in lakes. *Limnology and Oceanography*, 37: 936-945.

Hauenstein E., Ramírez C., González M., Leiva L., San Martín C. (1996). Flora hidrófila del lago Villarrica (IX Región, Chile) y su importancia como elemento indicador de contaminación. *Medio Ambiente,* 13: 88-96.

Henry R., Hino K., Tundisi J., Ribeiro J. (1985). Responses of phytoplankton in Lake Jacaretinga to enrichment with nitrogen and phosphorus in concentrations similar to those of the River Solimoes (Amazon, Brazil). *Arch Hydrobiol,* 103: 453-477.

Holopainen A., Letanskaya G. (1999). Effects of nutrient load on species composition and productivity of phytoplankton in Lake Ladoga. *Boreal Environment Research,* 4: 215–227.

Huber W., Brezonik P., Heaney J., Dickinson R., Preston S., Dwornik D., DeMaio M. (1982). A classification of Florida lakes, Science and Engineering Library, University of Florida, Gainesville, Fla.

ILEC (2005). Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use: A Report for Lake Basin Managers and Stakeholders. International Lake Environment Committee Foundation: Kusatsu, Japan.

INE (2002). Censo 2002. Instituto Nacional de Estadísticas.

INE (2007). Censo Agropecuario y Forestal 2007, resultados por Comuna.

INE (2015). Compendio estadístico Región de la Araucanía. Elaborado por Dirección Regional de La Araucanía.

Kasprzak P., Padisak J., koschel R., Krienitz R., Gervais R. (2008). Chlorophyll a concentration across of trophic gradient of lakes: An estimator of phytoplankton biomass? *Limnologica*, 8: 327-338.

Lara, A., Soto, D., Armesto, J., Donoso, P., Wernli, C., Nahuelhual. L, Squeo F. (eds.) (2003). "Componentes Científicos Clave para una Política Nacional Sobre Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos". Libro resultante de la Reunión Científica sobre Bosques

Nativos realizada en Valdivia, los días 17-18 de julio de 2003". Universidad Austral de Chile. Iniciativa Científica Milenio de Mideplan.

MMA (2011). Análisis general de impacto económico y social del anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Villarrica. División de Estudios del Departamento de Economía Ambiental.

MMA (2015). Evaluación del estado trófico del Lago Villarrica en base a macrófitos bioindicadores". Disponible en la Web: www.sinia.gob.cl; Ficha. 1039534 / 632130de-eb40-4ea1-9e79-ca7bd00c683f.

MMA (2016). Primer Informe de calidad del Lago Villarrica. Disponible en la Web: www.sinia.gob.cl; Ficha. N° 1665333/4d53e771-442e-4102-ad29-c3c33c65f74c.

MMA (2011). Propuesta de incorporación de bioindicadores en la Norma secundaria de calidad de agua para el lago Villarrica. Disponible en la Web: (http://www.sinia.cl/1292/articles-51209_TomoIII_1000_1109.pdf)

Nimptch, J. (2015). First record of toxins associated with cyanobacterial blooms in oligotrophic North Patagonian lakes of Chile—a genomic approach. *International Review of Hydrobiology,* 100: 1-12.

Nürnberg, G. (1996). Trophic state of clear and colored, softand hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish. *Lake and Reservoir Management,* 12: 432-447.

Quiros R. (1988). Relationship between air temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinian lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.,* 23: 647-658.

Rast W., Jones R., Lee G. (1983). Predictive capability of US OECD phosphorus loading-eutrophication response models., *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 55:990-1003.

Reckhow K., Beaulac M., et al. (1980). Modeling phosphorus loading and lake response under uncertainty: A manual and compilation of export coefficients, EPA.

Sakamoto M. (1966) Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv für Hydrobiologie,* 62: 1-28.

San Martín C. Ramírez C. Álvarez M. (2003). Macrófitos como bioindicadores: Una propuesta metodológica para caracterizar ambientes dulciacuícolas. *Revista Geográfica de Valparaíso,* 34:243-253.

Schindler D., Fee E. (1974). Primary production in freshwater. *Proc. Int. Congr. Ecol.* (Ist), The Hague, September 1974. PUDOC, Wageningen.

SERNATUR (2007). Indicadores de sostenibilidad en ZOIT Villarrica – Pucón.

SERNATUR (2012). Estadísticas de Alojamiento Turístico por Comunas Año 2011.

SERNAPESCA (2015). Nómina de Pisciculturas a Junio de 2015.

Smith V. (1990). Phytoplankton responses to eutrophication in inland waters. In: Akatsuka I, Junk W (eds.). Introduction to applied phycology. The Hague, The Netherlands: 231-249.

Smith V., Tilman G. Nekola J. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution,* 100: 179-196.

Soto D., Campos H., Steffen W. Parra O., Zuniga L. (1994). The Torres del Paine lake district (Chilean Patagonia): a case of potentially N-limited lakes and ponds. *Arch. Hydrobiol. Suppl.,* 99: 181-197.

Soto D. (2002). Oligotrophic patterns in southern Chilean Lakes: the relevance of nutrients and mixing depth. *Revista Chilena de Historia Natural,* 75: 377-393.

SMA (2016). Resolución Exenta N°671/2016 de la SMA, que dicta el programa de medición y control de la calidad ambiental de aguas pata las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica.

SMA (2017a). Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua, periodo 2014-2015, elaborado por la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente, 2017. Expediente SNIFA N° DFZ-2016-4695-IX-NC-EI. Disponible en la página Web: http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1005156.

SMA (2017b). Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua, periodo 2015-2016, elaborado por la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente, 2017. Expediente SNIFA N° DFZ-2017-5420-IX-NC-EI. Disponible en la página Web: http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1006823.

Steinhart G., Likens G.E., Soto D. (2002). Physiological indicators of nutrient deficiency in phytoplankton in southern Chilean lakes. *Hydrobiologia,* 489: 21-27.

UACH (2008). Diagnóstico de la calidad de las aguas del Lago Villarrica. Elaborado por la Universidad Austral de Chile. Informe desarrollado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, financiado por el Gobierno regional de La Araucanía.

UCT (2012). Análisis de la Carga de Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) de las principales Subcuencas aportantes el Lago Villarrica. Elaborado por la Universidad Católica de Temuco.

UNEP-PHI-UNESCO (2012). Integrated Watershed Management - Ecohydrology & Phytotechnology - Manual - ISBN: 92-9220- 011-9.

Vollenweider R. (1968). Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication. OECD.

Vollenweider R. (1969). Möglichkeiten und Grenzen elementarer Modelle der Stoffbilanz von Seen. *Archiv für Hydrobiologie,* 66: 1-36.

Vollenweider, R. (1982). Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control, Organization for Economic Co-operation and Development.

Walker J., Younos T., Zipper C. (2007). Nutrients in Lakes and Reservoirs – a literature review for use in nutrient criteria development. Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia.

Wetzel R. (2001). Limnology Lakes and Rivers ecosystems. San Diego Academic press.

8. ANEXOS

Anexo 1: R.E. SMA 671/2016
Anexo 2: Minuta DCPRH N°40_ 2014_Cálculo de volumen Lago Villarrica.

Informe elaborado por:
Pablo Etcharren Ulloa
Profesional de Conservación de Ecosistemas Acuáticos
Seremi del Medio Ambiente, región de La Araucanía
PEU/06 de septiembre de 2017

DICTA EL PROGRAMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA PARA LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DEL LAGO VILLARRICA

RESOLUCIÓN EXENTA N° 671

Santiago, 21 JUL 2016

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley 20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Ley 19.300, que establece las Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo 12 y siguientes del Decreto Supremo N°19, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica; en la Ley 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en el Decreto con Fuerza de Ley N° 3, de 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija la planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 76, de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 1600, de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón;

CONSIDERANDO

1°. La Superintendencia del Medio Ambiente es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización del contenido de las normas de calidad ambiental, entre otros instrumentos de gestión ambiental;

2°. Que, de acuerdo a las letras n) y ñ) del artículo 2 de la Ley 19.300, las normas de calidad establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población

(normas primarias); o para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (normas secundarias);

3°. El artículo 33 de la Ley 19.300, que establece que el Ministerio del Medio Ambiente administrará la información de los programas de medición y control de la calidad ambiental del aire, agua y suelo para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación;

4°. La letra u) del artículo 70 de la Ley 19.300, que establece que corresponde al Ministerio del Medio Ambiente administrar la información de los programas de monitoreo de calidad del aire, agua y suelo, proporcionada por los organismos competentes, cuando corresponda;

5°. La letra ñ) del artículo 3 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente impartir directrices técnicas de carácter general y obligatorio, definiendo los protocolos, procedimientos y métodos de análisis que los organismos fiscalizadores, las entidades acreditadas conforme a esta ley y, en su caso, los sujetos de fiscalización, deberán aplicar para el examen, control y medición del cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental y de Emisión;

6°. El Oficio ORD. N° 155313, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, que remite propuesta de programa de medición y control de la calidad ambiental del agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica;

7°. El artículo 48 bis de la Ley 19.300 que establece que los actos administrativos que se dicten por los Ministerios o servicios para la ejecución o implementación de normas de calidad, emisión y planes de prevención o descontaminación, señalados en tales instrumentos, deberán contar siempre con informe previo del Ministerio del Medio Ambiente;

8°. El Oficio ORD. D.E. N° 162332, de 2016, del Ministerio del Medio Ambiente, que emite informe previo del artículo 48 bis de la Ley N° 19.300;

9°. Que la Superintendencia del Medio Ambiente, en el ejercicio de su función de dar seguimiento y fiscalización al contenido de las normas de calidad ambiental, tiene el rol de asegurar la fiabilidad de los datos obtenidos de acuerdo a los programas de medición y control de calidad ambiental que administra el Ministerio del Medio

Ambiente, definiendo las condiciones bajo las cuales es posible obtener datos representativos de acuerdo al estado del arte en la comunidad científico-técnica.

RESUELVO:

APRUÉBASE el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, en los siguientes términos.

Párrafo 1°

Disposiciones Generales

Artículo Primero. ***Destinatarios.*** Son destinatarios del programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales del Lago Villarrica el Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y la Dirección General del Territorio Marítimo y Mercante, quienes para estos efectos son los organismos responsables de las campañas de monitoreo, en los términos establecidos en la presente resolución.

Artículo Segundo. ***Ámbito de aplicación.*** El programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales del Lago Villarrica establece las condiciones bajo las cuales se realizará el monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de las aguas en un periodo de tiempo y en un espacio determinado.

Párrafo 2°

De las áreas de vigilancia

Artículo Tercero. ***Áreas de Vigilancia.*** Para efectos de la caracterización de la calidad de las aguas del Lago Villarrica, se han establecido seis áreas de vigilancia, integrando todas ellas la red de control de la norma de calidad. En cada una de ellas se realizarán campañas de monitoreo respecto de los siguientes parámetros:

a) Transparencia;
b) Fósforo disuelto;
c) Fósforo total;
d) Saturación oxígeno;
e) Nitrógeno disuelto;
f) Nitrógeno total;
g) Clorofila "a"

Junto a lo anterior, se determinará un indicador denominado "Trofía deseada" el que se obtiene a partir de algunos de los parámetros antes mencionados.

Adicionalmente, se establecen tres áreas de vigilancia complementarias para estos efectos, las cuales integran la red de observación. Sin perjuicio de lo anterior, en este programa se considera el monitoreo de otros parámetros de interés en las áreas de vigilancia que integran la red de control.

Artículo Cuarto. ***Área de Vigilancia Sector Pelagial del Lago (PEL-CE)***. El área de vigilancia denominada "sector pelagial del Lago" corresponde a todo el cuerpo de agua pelágico cuyo límite horizontal está definido por la línea del veril 25 metros y cuyo límite vertical comprende desde la superficie hasta la profundidad máxima del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 1:

Tabla 1. Detalle área de vigilancia PEL

CÓDIGO: PEL-CE			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)	N (m)	
			-	-	
Estación de monitoreo			750.473	5.650.192	
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Organismo Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-30-70-100	DGA
5	Nitrógeno disuelto [b]	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
Condición natural					
9	Perfil de Temperatura (pT)	°C	2	Toda la columna	DGA
10	Perfil de Oxígeno (pO)	mg/L	2	Toda la columna	DGA
11	Perfil de Conductividad (pC)	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
12	pH	u. pH	2	0-10-30-70-100	DGA
13	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-30-70-100	DGA
14	Fitoplancton (abundancia y composición)	cel/mL	2	0-10-30-70-100	DGA
Investigación					
15	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
16	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
17	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Quinto. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Bahía Pucón (LIT-PU)***. El área de vigilancia denominada "litoral sector bahía Pucón" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector oriente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 2:

Tabla 2. Detalle área de vigilancia LIT-Pucón

CÓDIGO: LIT-PU			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)		N (m)
Desde: Estero zanjón seco.			761.276		5.649.846
Hasta: Término de la playa grande de Pucón			757.909		5.646.952
Estación de monitoreo			760.636		5.648.855
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y Metaloides. (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% Cob.	1	Infralitoral	MMA
24	*Diplodon chilensis*	Ab. y Comp	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
25	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
27	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Sexto. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Norte (LIT-NO).*** El área de vigilancia denominada "litoral sector norte" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector norte del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 3:

Tabla 3. Detalle área de vigilancia LIT-Norte

CÓDIGO: LIT-NO			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)		N (m)
Desde: Término de la playa grande de Pucón			739.887		5.650.931
Hasta: Frente al km 1,6 de la ruta S-69			761.276		5.649.846
Estación de monitoreo			746.795		5.656.005
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y Metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% cob.	1	Infralitoral	MMA
24	*Diplodon chilensis*	Ab. y Comp.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
25	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
27	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Artículo Séptimo. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Bahía Villarrica (LIT-VI).*** El área de vigilancia denominada "litoral sector bahía Villarrica" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector poniente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 4:

Tabla 4. Detalle área de vigilancia LIT-Villarrica

CÓDIGO: LIT-VI			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)		N (m)
Desde: Frente al km 1,6 de la ruta S-69			742.008		5.647.546
Hasta: Limite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica			739.887		5.650.931
Estación de monitoreo			740.885		5.647.562
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. Y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	%Cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Octavo. ***Área de Vigilancia Litoral Sur Sector Molco (LIT-SU)***. El área de vigilancia denominada "litoral sur sector Molco" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector sur del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 5:

Tabla 5. Detalle área de vigilancia LIT-Sur

CÓDIGO:LIT-SU			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)		N (m)
Desde: Límite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica.			757.909		5.646.952
Hasta: Estero Zanjón seco			742.008		5.647.546
Estación de monitoreo			750.494		5.646.215
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
	Parámetros Oficiales	Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	unid. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Artículo Noveno. ***Área de Vigilancia Sector Bahía La Poza (LIT-PO)***. El área de vigilancia denominada "sector bahía La Poza" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector poniente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Detalle área de vigilancia LIT-Poza

CÓDIGO: LIT-PO			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)	N (m)	
			757.909	5.646.952	
			742.008	5.647.546	
Estación de monitoreo			759.575	5.647.905	
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	%Cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Décimo. ***Área de Vigilancia Sector Balseadero Quelhue (TRA-Quelhue), correspondiente a la red de observación de la norma.*** El área de vigilancia denominada "sector balseadero Quelhue" corresponde al río Trancura, afluente del Lago Villarrica. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 7.

Tabla 7. Detalle área de vigilancia TRA-Quelhue

CÓDIGO: TRA-Quelhue			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			765.690	5.648.772	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Condición natural					
Parámetros a medir		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)	Responsable
1	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
2	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
3	pH	u. pH	2	Superficial	DGA
4	Turbidez	u. nefel.	2	Superficial	DGA
5	Fósforo total	mg/L	2	Superficial	DGA
6	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
7	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
8	Nitrógeno total	mg/L	2	Superficial	DGA
Investigación					
9	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	Superficial	DGA
10	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	Superficial	DGA
11	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA

Artículo Undécimo. ***Área de Vigilancia Sector Río Toltén en Villarrica (TOL-Villarrica), correspondiente a la red de observación de la norma.*** El área de vigilancia denominada "sector río Toltén en Villarrica" corresponde al río Toltén, efluente del Lago Villarrica. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 8.

Tabla 8. Detalle área de vigilancia TOL-Villarrica

Detalle estación red de Observación					
CODIGO: TOL-Villarrica			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			738.167	5.649.347	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Condición natural					
Parámetros a medir		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)	Responsable
1	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
2	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
3	pH	u. pH	2	Superficial	DGA
4	Turbidez	u. nefel.	2	Superficial	DGA
5	Fósfoto total	mg/L	2	Superficial	DGA
6	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
7	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
8	Nitrógeno total	mg/L	2	Superficial	DGA
Investigación					
9	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	Superficial	DGA
10	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	Superficial	DGA
11	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA
12	Fosfato ($P\text{-}PO_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA

Artículo Duodécimo. ***Área de Vigilancia Estación pelagial Sector Villarrica (PEL-VILL), correspondiente a la red de observación de la norma***. El área de vigilancia denominada "estación pelagial sector Villarrica" que, al igual que PEL-CE, corresponde a todo el cuerpo de agua pelágico cuyo límite horizontal está definido por la línea del veril 25 metros y cuyo límite vertical comprende desde la superficie hasta la profundidad máxima del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 9.

Tabla 9. Detalle área de vigilancia PEL-VILL

CÓDIGO: PEL - VILL (Sector Villarrica)			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			742.585	5.648.367	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Fundamentales					
Parámetros a medir		**Unidad**	**Frecuencia (veces/año)**	**Profundidad (m)[a]**	**Responsable**
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-30-70-100	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
Condición natural					
8	Perfil de Temperatura (pT)	°C	2	Toda la columna	DGA
9	Perfil de Oxígeno (pO)	mg/L	2	Toda la columna	DGA
10	Perfil de conductividad (pC)	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
11	pH	u. pH	2	0-10-30-70-100	DGA
12	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-30-70-100	DGA
13	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-30-70-100	DGA
Investigación					
14	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
15	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
16	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Párrafo 3°

De las campañas de monitoreo

Artículo Decimotercero. ***Campañas de monitoreo***. Cada campaña de monitoreo comprende el aviso previo del organismo responsable a la Superintendencia del Medio Ambiente, la ejecución de las actividades de muestreo y análisis, y la remisión del reporte técnico.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Decimocuarto. ***Frecuencia de las campañas de monitoreo***. El programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica considera dos campañas de monitoreo al año, una en primavera y otra en verano.

La campaña de medición de primavera se ejecutará entre los meses de octubre a diciembre, mientras que la campaña de verano se ejecutará entre los meses de febrero a marzo.

Se exceptúan de lo anterior los parámetros *Diplodon chilensis*, con un monitoreo anual que se realizará preferentemente entre los meses de marzo a abril, y macrófitas acuáticas, con un monitoreo anual que se realizará preferentemente entre los meses de octubre a enero.

Artículo Decimoquinto. ***Aviso previo***. El organismo responsable de la campaña de monitoreo deberá informar a la Superintendencia del Medio Ambiente, con quince días de anticipación, la fecha de realización de la campaña de monitoreo.

Artículo Decimosexto. ***Metodología de muestreo y análisis***. Para la ejecución de las actividades de muestreo y análisis deberá seguirse lo establecido en el compendio de métodos de medición, muestreo y análisis de la Superintendencia del Medio Ambiente.

La ejecución de las actividades de muestreo y análisis deberán ser realizadas entidades técnicas autorizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Artículo Decimoséptimo. ***Remisión de los reportes técnicos***. El organismo responsable de la campaña de monitoreo deberá remitir el reporte técnico dentro de los veinte días hábiles siguientes a la entrega de los resultados de los análisis, en la forma y modo establecido por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Artículo Decimoctavo. ***Metodología de cálculo de la concentración media por área de vigilancia***. La concentración media de un parámetro en un área de vigilancia, para cada campaña de monitoreo, corresponde a la integración de los resultados obtenidos en las diferentes profundidades del Lago Villarrica, según el porcentaje del volumen de agua del punto donde se obtiene la muestra, de acuerdo a lo indicado en las tablas 10 y 11.

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

N° Rango (i)	Rango de Profundidades (m)	Norte	Sur	Villarrica	La Poza	Pucón
1	0 a 5	39%	43%	41%	44%	41%
2	5 a 15	45%	46%	47%	50%	46%
3	15 a 25[(a)]	16%	11%	13%	6%	13%

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

Tabla 11. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia pelagial y rango de profundidades del lago.

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

El procedimiento de cálculo se representa con la siguiente fórmula:

$$\textit{Promedio Ponderado de un parámetro en una zona de vigilancia: } \sum_{i=1}^{n} (P_i \cdot X_i)$$

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 pelagial)

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

X_i= concentración del parámetro en el estrato "i"

Párrafo 4°

De la evaluación de cumplimiento

Artículo Decimonoveno. ***Criterios de validación de datos***. Para los efectos de la evaluación de la norma por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, se utilizarán los siguientes criterios para analizar y validar los datos reportados por el organismo responsable de la campaña de monitoreo:

a) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:

- 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.
- 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.

b) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:

- Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
- El dato será válido si y solo si la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.

c) Solo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y profundidades de medición establecidas en el presente

programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas que han sido calificadas fundadamente 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.

d) 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.

Artículo Vigésimo. ***Evaluación de cumplimiento***. La evaluación de las normas de calidad de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica será realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, considerando los reportes remitidos por los organismos responsables de las campañas de monitoreo.

Mientras no se complete el periodo de evaluación establecido en la norma secundaria de calidad ambiental o cuando en un periodo no se cuente con los resultados de alguna campaña de monitoreo, la Superintendencia del Medio Ambiente realizará una evaluación referencial.

En ningún caso, la Superintendencia podrá sustituir datos no existentes o que no pudiesen ser validados.

Artículo Vigésimo primero. ***Informe de cumplimiento***. Anualmente, la Superintendencia del Medio Ambiente elaborará un informe técnico de cumplimiento en base a los reportes entregados por los organismos responsables de la campaña de monitoreo y las actividades de fiscalización que hubiese realizado durante este periodo. En este informe, se presentarán de manera consolidada los resultados del examen y validación de los datos, la evolución de la calidad del agua de acuerdo a los resultados de los periodos anteriores y 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.

El informe será remitido al Ministerio del Medio Ambiente dentro del primer semestre del año siguiente al evaluado y será publicado en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Disposiciones transitorias

Artículo único transitorio. Durante el período que no se encuentren disponibles en el Compendio de Métodos de Medición, Muestreo y Análisis de la Superintendencia del Medio Ambiente, los parámetros considerados en el programa de medición y control de la calidad

ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, se utilizarán los siguientes métodos:

a) Metodologías de muestreo:

Identificación	Título de la Norma
Norma Chilena 411/2, Of. 1996, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 501, de fecha 11 de julio de 1996, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 2: guía sobre técnicas de muestreo
Norma Chilena 411/3, Of. 1996, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 501, de fecha 11 de julio de 1996, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 3: guía sobre la preservación y manejo de las muestras
Norma Chilena 411/4, Of. 1997, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 47, de fecha 24 de enero de 1997, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 4: guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales
Norma Chilena 411/6, Of. 1998, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 84, de fecha 4 de febrero de 1998, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 6: guía para el muestreo de ríos y cursos de agua

b) Metodologías de análisis:

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Acuosa	Clorofila "a"	Espectroscopia absorción molecular. Método Scor Unesco; DGALGOCL1/2009: Método interno. DGA.	-
Acuosa	Conductividad eléctrica	Standard Methods N° 2510 B. Celda de conductividad.	0,1 mhos/cm
Acuosa	DBO_5	Std. Method Ed. 21, 2005, 5210-B.	2 mg/L
Acuosa	Diplodon chilensis	Protocolo MMA. Metodología estándar para el muestreo de *Diplodon chilensis* en los Lagos Araucanos.	-
Acuosa	DQO	Espectrofotometría de absorción molecular; Standard Methods Ed 21th 2005 Método 5220 D.	2 mg/L
Acuosa	Fitoplancton	Método Uthermol	-
Acuosa	Fósforo disuelto	Espectroscopia de absorción molecular. Standard Method.	0,003 mg/L
Acuosa	Fósforo total	Método de ácido ascórbico y digestión ácida con persulfato. Standard method, método 4500 P-B-5.	0,003 mg/L
Acuosa	Hidrocarburos Totales	H. Fijos SM 5520 D,F, Hidrocarburos Vólatiles EPA 8015,EPA 5021.	2 mg/L
Acuosa	Macrófitas acuáticas	Protocolo MMA. Determinación de trofía por la aplicación del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitos (ITFM) y método propuesto por San Martín et al, 2003.	-
Acuosa	N-Amonio (NH_4^+)	Espectroscopia absorción molecular. Método Nessler	0,03 mg/L
Acuosa	Nitrógeno disuelto	Cálculo: $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2 + N\text{-}NH_4$ $N\text{-}NO_3$ SM 4500 NO3E (2005) $N\text{-}NO_2$ ME-17-2007 $N\text{-}NH_4$ SM 4500-NH3 D (2005)	NO_3: 0,003 mg/L NO_2: 0,001 mg/L NH_4: 0,02 mg/L

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Acuosa	Nitrógeno total	Cálculo: $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2 + NKT$ NKT SM 4500-Norg B-C/NH3-F	NKT: 0,001 mg/L
Acuosa	N-Nitrato (NO_3^-)	Espectroscopia de absorción molecular. Rodier, 1981.	0,01 mg/L
Acuosa	N-Nitrito (NO_2^-)	Espectroscopia de absorción molecular. Rodier, 1981.	0,01 mg/L
Acuosa	Oxígeno disuelto	Medición con sensor óptico de Oxígeno disuelto LDO	Rango medición: 0 - 30 mg/L Precisión: ± 0,01 mg/L para valores >0 <8 mg/L; ± 0,02 mg/L para valores ≥ 8 mg/L Resolución: 0,1 mg/L
Acuosa	pH	Electrodo específico. Standard Methods 4500-H	0,01 u. pH
Acuosa	Saturación de Oxígeno	Membrane Electrode Method; Standard Methods 4500-O G.	-
Acuosa	Sílice	ICP; Standard Methods Ed 21, 2005 Método 3120 B.	0,1 mg/L
Acuosa	Temperatura	Standard Methods N° 2550 B.Termométrica	0,01 °C
Acuosa	Transparencia (Secchi)	Disco Secchi; DGALGOTR1/2009: Método Interno.	0,5 m
Acuosa	Trofía deseada	Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI: Trophic State Index) (1977); Clasificación de condición trófica indicada por Smith et al. (1999)	-
Acuosa	Turbidez	Medición con sensor de Turbidez	Rango medición 0 - 3000 NTU Precisión ± 1% para valores < 100 NTU; ± 3% para valores ≥ 100 <400 NTU; ± 5% para valores ≥ 400 ≤ 3000 NTU Resolución ≤ 400 NTU: 0,1 NTU; > 400 NTU: 1 NTU
Sedimentos	Arsénico (As)	Espectroscopía de absorción atómica, con horno de grafito. EPA 3051 A, SM 3114 A B C	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Cadmio (Cd) y Cobre (Cu)	Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito; EPA 3050 B, SM 3111 B.	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Carbono Orgánico Total (COT)	TMECC 0.5.07. Combustión a alta temperatura	1,0 gr/Kg
Sedimentos	Fósforo Total	Espectrofotometría de absorción molecular	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Granulometría	Escala Wentworth 1922 /ASTM E-11-70, Malla 10,18,35,60120 y 230 mesh.	Granos de 400 micrones (7 fracciones)
Sedimentos	Hidrocarburos totales	I-ENVI-LAB-231 basado en EPA3540C, EPA8015, NCh 2313/7.Of97	10 mg/kg
Sedimentos	Mat. Orgánica Total (MOT)	PPC 450 a 550°C Sernapesca	0,10%

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Sedimentos	Mercurio (Hg)	Espectroscopía de absorción atómica. Basado en Método EPA-7471-A y B SM 3112B	0,01 mg/Kg
Sedimentos	Nitrógeno Total Kjeldahl	Standard Methods Ed 21th 2005, Método 4500-N org B.	12,5 mg/kg
Sedimentos	Plomo (Pb)	Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito; EPA 3050 B, SM 3111 B	0,5 mg/Kg

Artículo final. ***Vigencia.*** La presente resolución entrará en vigencia desde la fecha de su publicación en el Diario Oficial.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE EN EL DIARIO OFICIAL, DESE CUMPLIMIENTO Y ARCHÍVESE.

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE ★ SUPERINTENDENTE ★ GOBIERNO DE CHILE

RUBEN VERDUGO CASTILLO
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE (S)

DHE/RVC/JMO/DLF/VGD

Distribución:
- Ministerio del Medio Ambiente
- SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía
- Dirección General de Aguas
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante

c.c.:
- Fiscalía
- División de Fiscalización

DICTA EL PROGRAMA DE MEDICIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA PARA LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES DEL LAGO VILLARRICA

RESOLUCIÓN EXENTA N° 671

Santiago, 21 JUL 2016

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley 20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Ley 19.300, que establece las Bases Generales del Medio Ambiente; en el artículo 12 y siguientes del Decreto Supremo N°19, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica; en la Ley 19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en el Decreto con Fuerza de Ley N° 3, de 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija la planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; en el Decreto Supremo N° 76, de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente; y en la Resolución N° 1600, de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón;

CONSIDERANDO

1°. La Superintendencia del Medio Ambiente es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización del contenido de las normas de calidad ambiental, entre otros instrumentos de gestión ambiental;

2°. Que, de acuerdo a las letras n) y ñ) del artículo 2 de la Ley 19.300, las normas de calidad establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población

(normas primarias); o para la protección o la conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza (normas secundarias);

3°. El artículo 33 de la Ley 19.300, que establece que el Ministerio del Medio Ambiente administrará la información de los programas de medición y control de la calidad ambiental del aire, agua y suelo para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación;

4°. La letra u) del artículo 70 de la Ley 19.300, que establece que corresponde al Ministerio del Medio Ambiente administrar la información de los programas de monitoreo de calidad del aire, agua y suelo, proporcionada por los organismos competentes, cuando corresponda;

5°. La letra ñ) del artículo 3 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que establece que corresponde a la Superintendencia del Medio Ambiente impartir directrices técnicas de carácter general y obligatorio, definiendo los protocolos, procedimientos y métodos de análisis que los organismos fiscalizadores, las entidades acreditadas conforme a esta ley y, en su caso, los sujetos de fiscalización, deberán aplicar para el examen, control y medición del cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental y de Emisión;

6°. El Oficio ORD. N° 155313, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, que remite propuesta de programa de medición y control de la calidad ambiental del agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica;

7°. El artículo 48 bis de la Ley 19.300 que establece que los actos administrativos que se dicten por los Ministerios o servicios para la ejecución o implementación de normas de calidad, emisión y planes de prevención o descontaminación, señalados en tales instrumentos, deberán contar siempre con informe previo del Ministerio del Medio Ambiente;

8°. El Oficio ORD. D.E. N° 162332, de 2016, del Ministerio del Medio Ambiente, que emite informe previo del artículo 48 bis de la Ley N° 19.300;

9°. Que la Superintendencia del Medio Ambiente, en el ejercicio de su función de dar seguimiento y fiscalización al contenido de las normas de calidad ambiental, tiene el rol de asegurar la fiabilidad de los datos obtenidos de acuerdo a los programas de medición y control de calidad ambiental que administra el Ministerio del Medio

Ambiente, definiendo las condiciones bajo las cuales es posible obtener datos representativos de acuerdo al estado del arte en la comunidad científico-técnica.

RESUELVO:

APRUÉBASE el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, en los siguientes términos.

Párrafo 1°

Disposiciones Generales

Artículo Primero. ***Destinatarios.*** Son destinatarios del programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales del Lago Villarrica el Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y la Dirección General del Territorio Marítimo y Mercante, quienes para estos efectos son los organismos responsables de las campañas de monitoreo, en los términos establecidos en la presente resolución.

Artículo Segundo. ***Ámbito de aplicación.*** El programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales del Lago Villarrica establece las condiciones bajo las cuales se realizará el monitoreo destinado a caracterizar, medir, controlar y evaluar la variación de las aguas en un periodo de tiempo y en un espacio determinado.

Párrafo 2°

De las áreas de vigilancia

Artículo Tercero. ***Áreas de Vigilancia.*** Para efectos de la caracterización de la calidad de las aguas del Lago Villarrica, se han establecido seis áreas de vigilancia, integrando todas ellas la red de control de la norma de calidad. En cada una de ellas se realizarán campañas de monitoreo respecto de los siguientes parámetros:

a) Transparencia;
b) Fósforo disuelto;
c) Fósforo total;
d) Saturación oxígeno;
e) Nitrógeno disuelto;
f) Nitrógeno total;
g) Clorofila "a"

Gobierno de Chile

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Junto a lo anterior, se determinará un indicador denominado "Trofía deseada" el que se obtiene a partir de algunos de los parámetros antes mencionados.

Adicionalmente, se establecen tres áreas de vigilancia complementarias para estos efectos, las cuales integran la red de observación. Sin perjuicio de lo anterior, en este programa se considera el monitoreo de otros parámetros de interés en las áreas de vigilancia que integran la red de control.

Artículo Cuarto. ***Área de Vigilancia Sector Pelagial del Lago (PEL-CE)***. El área de vigilancia denominada "sector pelagial del Lago" corresponde a todo el cuerpo de agua pelágico cuyo límite horizontal está definido por la línea del veril 25 metros y cuyo límite vertical comprende desde la superficie hasta la profundidad máxima del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 1:

Tabla 1. Detalle área de vigilancia PEL

CÓDIGO: PEL-CE			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)	N (m)	
			-	-	
Estación de monitoreo			750.473	5.650.192	
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Organismo Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-30-70-100	DGA
5	Nitrógeno disuelto [b]	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
Condición natural					
9	Perfil de Temperatura (pT)	°C	2	Toda la columna	DGA
10	Perfil de Oxígeno (pO)	mg/L	2	Toda la columna	DGA
11	Perfil de Conductividad (pC)	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
12	pH	u. pH	2	0-10-30-70-100	DGA
13	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-30-70-100	DGA
14	Fitoplancton (abundancia y composición)	cel/mL	2	0-10-30-70-100	DGA
Investigación					
15	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
16	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
17	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Quinto. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Bahía Pucón (LIT-PU)***. El área de vigilancia denominada "litoral sector bahía Pucón" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector oriente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 2:

Tabla 2. Detalle área de vigilancia LIT-Pucón

CÓDIGO: LIT-PU			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)		N (m)
Desde: Estero zanjón seco.			761.276		5.649.846
Hasta: Término de la playa grande de Pucón			757.909		5.646.952
Estación de monitoreo			760.636		5.648.855
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y Metaloides. (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% Cob.	1	Infralitoral	MMA
24	*Diplodon chilensis*	Ab. y Comp	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
25	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
27	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Sexto. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Norte (LIT-NO)***. El área de vigilancia denominada "litoral sector norte" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector norte del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 3:

Tabla 3. Detalle área de vigilancia LIT-Norte

CÓDIGO: LIT-NO			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Ubicación geográfica			E (m)		N (m)
Desde: Término de la playa grande de Pucón			739.887		5.650.931
Hasta: Frente al km 1,6 de la ruta S-69			761.276		5.649.846
Estación de monitoreo			746.795		5.656.005
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis en matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono Orgánico Total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y Metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% cob.	1	Infralitoral	MMA
24	*Diplodon chilensis*	Ab. y Comp.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
25	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-20	DGA
27	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Séptimo. ***Área de Vigilancia Litoral Sector Bahía Villarrica (LIT-VI).*** El área de vigilancia denominada "litoral sector bahía Villarrica" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector poniente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 4:

Tabla 4. Detalle área de vigilancia LIT-Villarrica

CÓDIGO: LIT-VI			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)		N (m)
Desde: Frente al km 1,6 de la ruta S-69			742.008		5.647.546
Hasta: Limite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica			739.887		5.650.931
Estación de monitoreo			740.885		5.647.562
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. Y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	%Cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Octavo. ***Área de Vigilancia Litoral Sur Sector Molco (LIT-SU)***. El área de vigilancia denominada "litoral sur sector Molco" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector sur del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 5:

Tabla 5. Detalle área de vigilancia LIT-Sur

CÓDIGO:LIT-SU			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)		N (m)
Desde: Límite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica.			757.909		5.646.952
Hasta: Estero Zanjón seco			742.008		5.647.546
Estación de monitoreo			750.494		5.646.215
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
	Parámetros Oficiales	Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)[a]	Responsable
Nº	Fundamentales				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	unid. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	% cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Artículo Noveno. ***Área de Vigilancia Sector Bahía La Poza (LIT-PO)***. El área de vigilancia denominada "sector bahía La Poza" corresponde al cuerpo de agua que abarca desde el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno, en el sector poniente del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Detalle área de vigilancia LIT-Poza

CÓDIGO: LIT-PO			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Límites de la zona de vigilancia			E (m)	N (m)	
			757.909	5.646.952	
			742.008	5.647.546	
Estación de monitoreo			759.575	5.647.905	
PARÁMETROS RED DE CONTROL					
Parámetros Oficiales		**Unidad**	**Frecuencia (veces/año)**	**Profundidad (m)[a]**	**Responsable**
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-20	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-20	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-20	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-20	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-20	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-20	DGA
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Intervención antrópica					
	Análisis matriz acuosa				
8	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
9	Sílice reactiva (SiO_2-)	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
10	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
11	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Análisis en matriz sedimentos				
12	Materia Orgánica Total (MOT)	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
13	Nitrógeno Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
14	Fósforo Total	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
15	Carbono orgánico total	%	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
16	Hidrocarburos Totales (HT)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
17	Metales pesados y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	mg/kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
18	Granulometría	textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
Condición natural					
19	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
20	pH	u. pH	2	0-10-20	DGA
21	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-20	DGA
22	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-20	DGA
23	Macrófitas acuáticas	%Cob.	1	Infralitoral	MMA
Investigación					
24	Nitrato (N-NO_3)	mg/L	2	0-10-20	DGA
25	Nitrito (N-NO_2)	mg/L	2	0-10-20	DGA
26	Amonio (N-NH_4)	mg/L	2	0-10-20	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Gobierno de Chile

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Décimo. ***Área de Vigilancia Sector Balseadero Quelhue (TRA-Quelhue), correspondiente a la red de observación de la norma.*** El área de vigilancia denominada "sector balseadero Quelhue" corresponde al río Trancura, afluente del Lago Villarrica. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 7.

Tabla 7. Detalle área de vigilancia TRA-Quelhue

CÓDIGO: TRA-Quelhue			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			765.690	5.648.772	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Condición natural					
Parámetros a medir		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)	Responsable
1	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
2	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
3	pH	u. pH	2	Superficial	DGA
4	Turbidez	u. nefel.	2	Superficial	DGA
5	Fósforo total	mg/L	2	Superficial	DGA
6	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
7	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
8	Nitrógeno total	mg/L	2	Superficial	DGA
Investigación					
9	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	Superficial	DGA
10	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	Superficial	DGA
11	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA

Artículo Undécimo. ***Área de Vigilancia Sector Río Toltén en Villarrica (TOL-Villarrica), correspondiente a la red de observación de la norma.*** El área de vigilancia denominada "sector río Toltén en Villarrica" corresponde al río Toltén, efluente del Lago Villarrica. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 8.

Tabla 8. Detalle área de vigilancia TOL-Villarrica

Detalle estación red de Observación					
CODIGO: TOL-Villarrica			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			738.167	5.649.347	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Condición natural					
Parámetros a medir		Unidad	Frecuencia (veces/año)	Profundidad (m)	Responsable
1	Conductividad eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
2	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
3	pH	u. pH	2	Superficial	DGA
4	Turbidez	u. nefel.	2	Superficial	DGA
5	Fósfoto total	mg/L	2	Superficial	DGA
6	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
7	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
8	Nitrógeno total	mg/L	2	Superficial	DGA
Investigación					
9	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	Superficial	DGA
10	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	Superficial	DGA
11	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA
12	Fosfato ($P\text{-}PO_4$)	mg/L	2	Superficial	DGA

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Duodécimo. ***Área de Vigilancia Estación pelagial Sector Villarrica (PEL-VILL), correspondiente a la red de observación de la norma***. El área de vigilancia denominada "estación pelagial sector Villarrica" que, al igual que PEL-CE, corresponde a todo el cuerpo de agua pelágico cuyo límite horizontal está definido por la línea del veril 25 metros y cuyo límite vertical comprende desde la superficie hasta la profundidad máxima del lago. Las campañas de monitoreo tendrán las características y objetivos que se indican en la tabla 9.

Tabla 9. Detalle área de vigilancia PEL-VILL

CÓDIGO: PEL - VILL (Sector Villarrica)			Coordenadas UTM Datum WGS84, Huso 18 S.		
Estación de monitoreo			E (m)	N (m)	
			742.585	5.648.367	
PARÁMETROS RED DE OBSERVACIÓN					
Fundamentales					
Parámetros a medir		**Unidad**	**Frecuencia (veces/año)**	**Profundidad (m)[a]**	**Responsable**
Nº	**Fundamentales**				
1	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
2	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
3	Fósforo total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
4	Saturación de Oxígeno	%	2	0-10-30-70-100	DGA
5	Nitrógeno disuelto[b]	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
6	Nitrógeno total	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
7	Clorofila "a"	µg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
Condición natural					
8	Perfil de Temperatura (pT)	°C	2	Toda la columna	DGA
9	Perfil de Oxígeno (pO)	mg/L	2	Toda la columna	DGA
10	Perfil de conductividad (pC)	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
11	pH	u. pH	2	0-10-30-70-100	DGA
12	Turbidez	u. nefel.	2	0-10-30-70-100	DGA
13	Fitoplancton (Ab. y comp.)	cel/mL	2	0-10-30-70-100	DGA
Investigación					
14	Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
15	Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
16	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA

(a) 0 m se refiere a la medición en superficie. 100 m tiene una alternativa de medición que es a 5 m desde el fondo, si corresponde.
(b) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

Párrafo 3°

De las campañas de monitoreo

Artículo Decimotercero. ***Campañas de monitoreo***. Cada campaña de monitoreo comprende el aviso previo del organismo responsable a la Superintendencia del Medio Ambiente, la ejecución de las actividades de muestreo y análisis, y la remisión del reporte técnico.

Gobierno de Chile

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Artículo Decimocuarto. ***Frecuencia de las campañas de monitoreo.*** El programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica considera dos campañas de monitoreo al año, una en primavera y otra en verano.

La campaña de medición de primavera se ejecutará entre los meses de octubre a diciembre, mientras que la campaña de verano se ejecutará entre los meses de febrero a marzo.

Se exceptúan de lo anterior los parámetros *Diplodon chilensis*, con un monitoreo anual que se realizará preferentemente entre los meses de marzo a abril, y macrófitas acuáticas, con un monitoreo anual que se realizará preferentemente entre los meses de octubre a enero.

Artículo Decimoquinto. ***Aviso previo.*** El organismo responsable de la campaña de monitoreo deberá informar a la Superintendencia del Medio Ambiente, con quince días de anticipación, la fecha de realización de la campaña de monitoreo.

Artículo Decimosexto. ***Metodología de muestreo y análisis.*** Para la ejecución de las actividades de muestreo y análisis deberá seguirse lo establecido en el compendio de métodos de medición, muestreo y análisis de la Superintendencia del Medio Ambiente.

La ejecución de las actividades de muestreo y análisis deberán ser realizadas entidades técnicas autorizadas por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Artículo Decimoséptimo. ***Remisión de los reportes técnicos.*** El organismo responsable de la campaña de monitoreo deberá remitir el reporte técnico dentro de los veinte días hábiles siguientes a la entrega de los resultados de los análisis, en la forma y modo establecido por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Artículo Decimoctavo. ***Metodología de cálculo de la concentración media por área de vigilancia.*** La concentración media de un parámetro en un área de vigilancia, para cada campaña de monitoreo, corresponde a la integración de los resultados obtenidos en las diferentes profundidades del Lago Villarrica, según el porcentaje del volumen de agua del punto donde se obtiene la muestra, de acuerdo a lo indicado en las tablas 10 y 11.

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

N° Rango (i)	Rango de Profundidades (m)	Norte	Sur	Villarrica	La Poza	Pucón
1	0 a 5	39%	43%	41%	44%	41%
2	5 a 15	45%	46%	47%	50%	46%
3	15 a 25[(a)]	16%	11%	13%	6%	13%

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

Tabla 11. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia pelagial y rango de profundidades del lago.

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

El procedimiento de cálculo se representa con la siguiente fórmula:

$$\textit{Promedio Ponderado de un parámetro en una zona de vigilancia: } \sum_{i=1}^{n} (P_i \cdot X_i)$$

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 pelagial)

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

X_i= concentración del parámetro en el estrato "i"

Párrafo 4°

De la evaluación de cumplimiento

Artículo Decimonoveno. ***Criterios de validación de datos***. Para los efectos de la evaluación de la norma por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, se utilizarán los siguientes criterios para analizar y validar los datos reportados por el organismo responsable de la campaña de monitoreo:

a) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:

- 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.
- 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.

b) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:

- Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
- El dato será válido si y solo si la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.

c) Solo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y profundidades de medición establecidas en el presente

programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas que han sido calificadas fundadamente 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.

d) 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.

Artículo Vigésimo. ***Evaluación de cumplimiento***. La evaluación de las normas de calidad de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica será realizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, considerando los reportes remitidos por los organismos responsables de las campañas de monitoreo.

Mientras no se complete el periodo de evaluación establecido en la norma secundaria de calidad ambiental o cuando en un periodo no se cuente con los resultados de alguna campaña de monitoreo, la Superintendencia del Medio Ambiente realizará una evaluación referencial.

En ningún caso, la Superintendencia podrá sustituir datos no existentes o que no pudiesen ser validados.

Artículo Vigésimo primero. ***Informe de cumplimiento***. Anualmente, la Superintendencia del Medio Ambiente elaborará un informe técnico de cumplimiento en base a los reportes entregados por los organismos responsables de la campaña de monitoreo y las actividades de fiscalización que hubiese realizado durante este periodo. En este informe, se presentarán de manera consolidada los resultados del examen y validación de los datos, la evolución de la calidad del agua de acuerdo a los resultados de los periodos anteriores y 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.

El informe será remitido al Ministerio del Medio Ambiente dentro del primer semestre del año siguiente al evaluado y será publicado en el Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental.

Disposiciones transitorias

Artículo único transitorio. Durante el período que no se encuentren disponibles en el Compendio de Métodos de Medición, Muestreo y Análisis de la Superintendencia del Medio Ambiente, los parámetros considerados en el programa de medición y control de la calidad

ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, se utilizarán los siguientes métodos:

a) Metodologías de muestreo:

Identificación	Título de la Norma
Norma Chilena 411/2, Of. 1996, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 501, de fecha 11 de julio de 1996, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 2: guía sobre técnicas de muestreo
Norma Chilena 411/3, Of. 1996, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 501, de fecha 11 de julio de 1996, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 3: guía sobre la preservación y manejo de las muestras
Norma Chilena 411/4, Of. 1997, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 47, de fecha 24 de enero de 1997, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 4: guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales
Norma Chilena 411/6, Of. 1998, declarada Norma Oficial de la República por medio del Decreto Supremo N° 84, de fecha 4 de febrero de 1998, del Ministerio de Obras Públicas, o su versión vigente.	Calidad del agua - muestreo - parte 6: guía para el muestreo de ríos y cursos de agua

b) Metodologías de análisis:

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Acuosa	Clorofila "a"	Espectroscopia absorción molecular. Método Scor Unesco; DGALGOCL1/2009: Método interno. DGA.	-
Acuosa	Conductividad eléctrica	Standard Methods N° 2510 B. Celda de conductividad.	0,1 mhos/cm
Acuosa	DBO_5	Std. Method Ed. 21, 2005, 5210-B.	2 mg/L
Acuosa	Diplodon chilensis	Protocolo MMA. Metodología estándar para el muestreo de *Diplodon chilensis* en los Lagos Araucanos.	-
Acuosa	DQO	Espectrofotometría de absorción molecular; Standard Methods Ed 21th 2005 Método 5220 D.	2 mg/L
Acuosa	Fitoplancton	Método Uthermol	-
Acuosa	Fósforo disuelto	Espectroscopia de absorción molecular. Standard Method.	0,003 mg/L
Acuosa	Fósforo total	Método de ácido ascórbico y digestión ácida con persulfato. Standard method, método 4500 P-B-5.	0,003 mg/L
Acuosa	Hidrocarburos Totales	H. Fijos SM 5520 D,F, Hidrocarburos Vólatiles EPA 8015,EPA 5021.	2 mg/L
Acuosa	Macrófitas acuáticas	Protocolo MMA. Determinación de trofía por la aplicación del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitos (ITFM) y método propuesto por San Martín et al, 2003.	-
Acuosa	N-Amonio (NH_4^+)	Espectroscopia absorción molecular. Método Nessler	0,03 mg/L
Acuosa	Nitrógeno disuelto	Cálculo: $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2 + N\text{-}NH_4$ $N\text{-}NO_3$ SM 4500 NO3E (2005) $N\text{-}NO_2$ ME-17-2007 $N\text{-}NH_4$ SM 4500-NH3 D (2005)	NO_3: 0,003 mg/L NO_2: 0,001 mg/L NH_4: 0,02 mg/L

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Acuosa	Nitrógeno total	Cálculo: $N\text{-}NO_3 + N\text{-}NO_2 + NKT$ NKT SM 4500-Norg B-C/NH3-F	NKT: 0,001 mg/L
Acuosa	N-Nitrato (NO_3^-)	Espectroscopia de absorción molecular. Rodier, 1981.	0,01 mg/L
Acuosa	N-Nitrito (NO_2^-)	Espectroscopia de absorción molecular. Rodier, 1981.	0,01 mg/L
Acuosa	Oxígeno disuelto	Medición con sensor óptico de Oxígeno disuelto LDO	Rango medición: 0 - 30 mg/L Precisión: ± 0,01 mg/L para valores >0 <8 mg/L; ± 0,02 mg/L para valores ≥ 8 mg/L Resolución: 0,1 mg/L
Acuosa	pH	Electrodo específico. Standard Methods 4500-H	0,01 u. pH
Acuosa	Saturación de Oxígeno	Membrane Electrode Method; Standard Methods 4500-O G.	-
Acuosa	Sílice	ICP; Standard Methods Ed 21, 2005 Método 3120 B.	0,1 mg/L
Acuosa	Temperatura	Standard Methods N° 2550 B.Termométrica	0,01 °C
Acuosa	Transparencia (Secchi)	Disco Secchi; DGALGOTR1/2009: Método Interno.	0,5 m
Acuosa	Trofía deseada	Índice de Estado Trófico de Carlson (TSI: Trophic State Index) (1977); Clasificación de condición trófica indicada por Smith et al. (1999)	-
Acuosa	Turbidez	Medición con sensor de Turbidez	Rango medición 0 - 3000 NTU Precisión ± 1% para valores < 100 NTU; ± 3% para valores ≥ 100 <400 NTU; ± 5% para valores ≥ 400 ≤ 3000 NTU Resolución ≤ 400 NTU: 0,1 NTU; > 400 NTU: 1 NTU
Sedimentos	Arsénico (As)	Espectroscopía de absorción atómica, con horno de grafito. EPA 3051 A, SM 3114 A B C	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Cadmio (Cd) y Cobre (Cu)	Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito; EPA 3050 B, SM 3111 B.	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Carbono Orgánico Total (COT)	TMECC 0.5.07. Combustión a alta temperatura	1,0 gr/Kg
Sedimentos	Fósforo Total	Espectrofotometría de absorción molecular	0,1 mg/Kg
Sedimentos	Granulometría	Escala Wentworth 1922 /ASTM E-11-70, Malla 10,18,35,60120 y 230 mesh.	Granos de 400 micrones (7 fracciones)
Sedimentos	Hidrocarburos totales	I-ENVI-LAB-231 basado en EPA3540C, EPA8015, NCh 2313/7.Of97	10 mg/kg
Sedimentos	Mat. Orgánica Total (MOT)	PPC 450 a 550°C Sernapesca	0,10%

Matriz	Parámetro	Metodología (s) analítica	Límite de detección
Sedimentos	Mercurio (Hg)	Espectroscopía de absorción atómica. Basado en Método EPA-7471-A y B SM 3112B	0,01 mg/Kg
Sedimentos	Nitrógeno Total Kjeldahl	Standard Methods Ed 21th 2005, Método 4500-N org B.	12,5 mg/kg
Sedimentos	Plomo (Pb)	Espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito; EPA 3050 B, SM 3111 B	0,5 mg/Kg

Artículo final. ***Vigencia.*** La presente resolución entrará en vigencia desde la fecha de su publicación en el Diario Oficial.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE EN EL DIARIO OFICIAL, DESE CUMPLIMIENTO Y ARCHÍVESE.

SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE ★ SUPERINTENDENTE ★ GOBIERNO DE CHILE

RUBEN VERDUGO CASTILLO
SUPERINTENDENTE DEL MEDIO AMBIENTE (S)

DHE/RVC/JMV/ODLF/VGD

Distribución:
- Ministerio del Medio Ambiente
- SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía
- Dirección General de Aguas
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante

c.c.:
- Fiscalía
- División de Fiscalización

000058

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 DEL LAGO VILLARRICA

Sección Técnica
División de Fiscalización
DFZ-2016-4695-IX-NC-EI

Agosto 2017

	Nombre	Firma
Aprobado	**Juan Pablo Rodríguez F.**	X Juan Pablo Rodríguez F. Jefe Sección Técnica
Revisado	**Verónica González D.**	X Verónica González D. Profesional DFZ
Elaborado	**Elizabeth Sepúlveda E.**	X Elizabeth Sepúlveda E. Fiscalizadora DFZ

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 3
2. INTRODUCCIÓN 5
3. OBJETIVOS 6
4. ALCANCE 6
5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL 8
   5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control 9
   5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control 10
   5.3. Metodologías de muestreo y análisis 12
   5.4. Otros 15
6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO 15
7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN 29
   7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación 29
   7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación 29
   7.3. Metodologías de muestreo y análisis 35
8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN 36
9. CONCLUSIONES 37
10. ANEXOS 41

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 2014 a diciembre de 2015, 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 Marina Mercante (DIRECTEMAR).

El análisis de datos se realizó con la mediciones del período comprendido entre el 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2015. Los datos correspondientes a los períodos verano y primavera 2014 y verano 2015, utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo, fueron revisados en informe de fiscalización según expediente DFZ-2015-6193-IX-NC-EI.

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 Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para el Lago Villarrica (PMCCA Lago Villarrica).

Red de Control

Se establece la realización del análisis de cumplimiento normativo del parámetro Transparencia y Clorofila "a", debido a que estos cumplen con los requerimientos establecidos tanto en la norma (D.S. 19/2013 MMA, que establece NSCA para el Lago Villarrica), como en el PMCCA Lago Villarrica.

Para el parámetro Saturación de Oxígeno, el análisis sólo fue desarrollado de forma referencial, dada la imposibilidad de su medición en la campaña de primavera de 2014, al igual que el Fósforo Disuelto debido a que el periodo verano 2014 fue invalidado por SMA, a causa que el límite de detección de la metodología implementada no cumple con el artículo N° 19 del PMCCA Lago Villarrica. También como análisis referencial se establecen los parámetros Nitrógeno Disuelto y Total a causa de la falta de registros de la especie N-amonio, considerada en el cálculo del

parámetro Nitrógeno Disuelto y por presentar tiempos de preservación fuera de límites establecidos en el caso del Nitrógeno Total.

Respecto al parámetro Fósforo total, no fue considerado, a causa de la invalidación presentada por DGA (Ord. N° 7, de 2016), dada la ocurrencia de problemas durante la ejecución del ensayo de laboratorio.

En relación al parámetro Clorofila "a", en la evaluación de los datos obtenidos, sólo se realizó el análisis considerando el inciso 1 del artículo N° 7 del D.S. 19/2013 MMA, el cual establece las condiciones de excedencia en la evaluación bienal. En éste punto se establece excedencia del parámetro en todas las estaciones de control, tanto en el límite promedio como en el límite máximo normado. Respecto a la evaluación que considera el inciso 3 del artículo N° 7, ésta no es posible de realizar debido a que no se cumple con la condición definida en cantidad de periodos en evaluación.

En referencia al parámetro Trofía deseada, éste no ha podido ser informado ni evaluado su cumplimiento, a causa de que es obtenido a partir de los datos empíricos de Clorofila "a", Transparencia, Fósforo Total y Nitrógeno Total, éstos últimos parámetros, invalidados debido a inconsistencias existentes entre las fracciones menores y las totales.

Red de Observación

Se constató que dentro de todas las áreas de vigilancia, durante los dos años de monitoreo incluidos en el presente análisis, se han cuantificado al menos en una oportunidad los parámetros: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, N-nitrito, N-nitrato, N-amoniacal, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto y Clorofila "a", en la columna de agua, en tanto que en la componente sedimentos se realizó el análisis de Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total para todas las áreas litorales del lago, a la vez que se sumaron tres estaciones para la evaluación de parámetros de aguas: Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto, Fósforo Total, Fósforo Disuelto y Clorofila "a", en el área pelagial del lago, en el afluente (río Pucón) y efluente (río Toltén) de éste. Respecto a mediciones de biológicos, se observó muestreo y análisis de Fitoplancton, en todas las estaciones de la red de control.

El seguimiento de esta Red de Observación se ha realizado de forma paralela al monitoreo de la Red de Control para la gran parte del período analizado.

2. INTRODUCCIÓN

La Norma Secundaria Calidad Ambiental (NSCA) para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica, 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 norma de calidad formalizada mediante D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente; Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del 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, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Saturación de Oxígeno, Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total, Clorofila "a" 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 12° del D.S. MINSEGPRES N° 19/2003 MMA. En este documento se definen las estaciones de monitoreo que conforman la Red de Control que son utilizadas para verificar la calidad de las aguas en cada una de las áreas de vigilancia establecidas en la norma, además de incorporar áreas, estaciones y parámetros adicionales como parte de una Red de Observación que permita recabar información integral relativa a la situación ambiental de los cursos de agua normados y generar información para las revisiones futuras de las normas para su perfeccionamiento.

De acuerdo al artículo 7° del mencionado Decreto, la evaluación de los niveles de calidad requieren la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos. Considerando lo establecido en los artículos 2 y 16, del Título II de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, y a modo de completar la información necesaria para la evaluación bienal de la norma, en el presente informe se realiza una revisión y análisis de los datos levantados durante el período de primavera de 2015, a la vez que se incluyen los resultados del período comprendido entre verano y primavera de 2014 y verano de 2015, los que fueron analizados en el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2015-6193-IX-NC-EI**, dando cuenta así, de seis actividades de fiscalización.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la Dirección General de Aguas, mediante los Oficios Ord. DCPRH N° 182, de 2014 (**Anexo 1**); ORD. N° 97, de 2015 (**Anexo 2**), ORD. N° 7, de

2016 (**Anexo 3**) y ORD. N°109 de 2016/Minuta DCPRH N°86 DGA 2016 (**Anexo 4**); complementados con antecedentes remitidos mediante el ORD. N°25, de 2017 (**Anexo 5**). Por su parte, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRECTEMAR) entregó antecedentes complementarios, correspondientes a la red de observación, mediante Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de 2014 (**Anexo 6**), Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/MMA de 2015 (**Anexo 7**) y Oficio Ord. DGTM MM N° 12.600/05/317/MMA de 2016 (**Anexo 8**).

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permitirá 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.

3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica para el período bienal que comprende los meses de enero 2014 a diciembre 2015, para todas las estaciones de control incluidas en D.S. N° 19/2013 del MMA y en su PMCCA Lago Villarrica, de 2016, en el cual se establece el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua.

4. ALCANCE

En el marco de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica, se verificará la información levantada durante el período de primavera de 2015, para determinar la factibilidad de evaluación del cumplimiento normativo para el período bienal móvil comprendido entre enero 2014 y diciembre de 2015, en cuanto a los parámetros y las estaciones dentro de la Red de control (**Figura 1**).

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, muestreos y análisis se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, en el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua, y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

a) Solo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y a profundidades de medición establecidas en el programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales

superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas han sido calificadas fundadamente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8 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 de muestra, 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:

- 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.
- 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:

- Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
- 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.

De manera adicional, se verificará el desarrollo del monitoreo de la Red de Observación en lo que respecta a áreas de vigilancia, estaciones de monitoreo, parámetros medidos y frecuencia anual de muestreo según las condiciones fijadas en el respectivo programa de medición y control de la calidad ambiental del agua.

Es necesario reiterar que el análisis de los datos de las campañas realizadas durante 2014 y de la campaña de verano 2015, ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2015-6193-IX-NC-EI**, por tanto, en el presente informe se realizó el análisis de los datos del periodo primavera 2015, la validez de los resultados de las campañas y la evaluación de los datos considerados durante dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 diciembre de 2015.

5. VALIDACIÓN DE LOS DATOS RED DE CONTROL

A continuación, la Figura 1 presenta el listado y ubicación de todas las estaciones que componen el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua de la norma, incluyendo tanto las estaciones incluidas en la red de control, como las correspondientes a la red de observación.

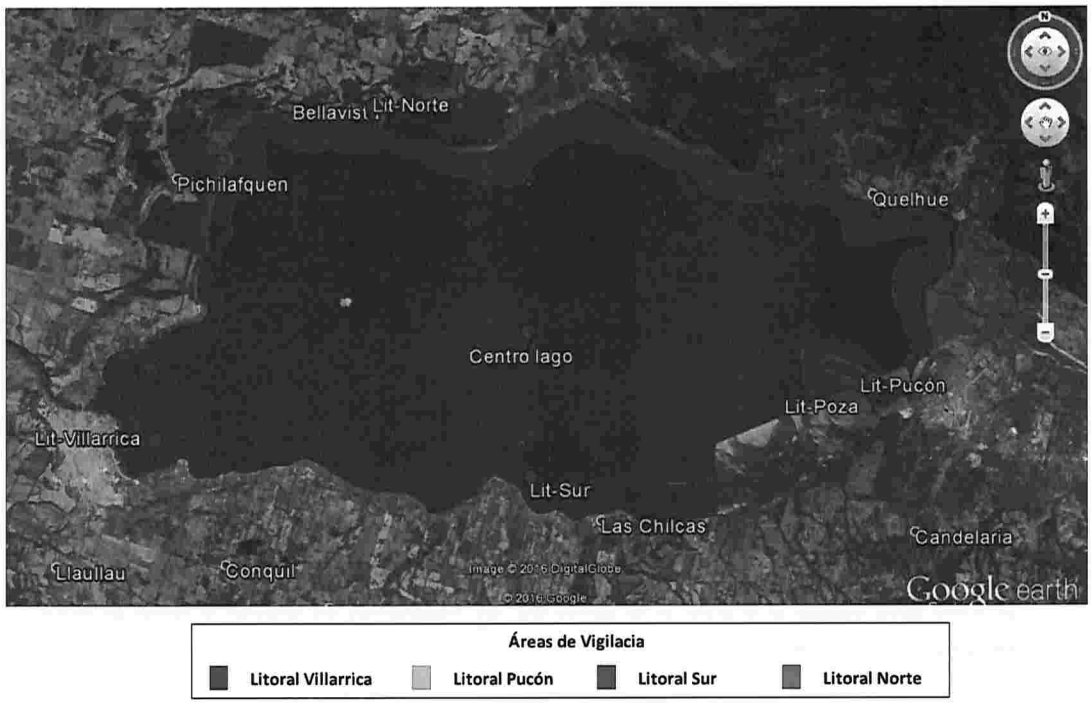


Figura 1. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas (Fuente: elaboración propia).

La información de las mediciones ejecutadas durante el período primavera de 2015, se reportó a esta Superintendencia por parte de la Dirección General de Agua (DGA), por medio de Oficio Ordinario DGA N° 109, del 23 de diciembre de 2016, lo que es expuesto en Tabla 1. Todos los antecedentes fueron complementados con información adicional reportados mediante Oficio Ord. DGA N° 25, del 03 de mayo de 2017.

Tabla 1. Antecedentes

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DCPRH N° 182 de fecha 10 de diciembre de 2014. Envía antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	17 de diciembre de 2014	enero 2014 a diciembre 2014

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
2	Oficio Ord. DGA N° 97, del 03 de noviembre de 2015. Envía antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	04 de noviembre de 2015	enero 2015
3	Oficio Ord. N° 7, de 22 de enero de 2016. Envía aclaraciones a los antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	25 de enero de 2016	enero 2014 a febrero 2015
4	Oficio Ord. DGA N° 109, del 23 de diciembre de 2016. Envía antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	26 de diciembre de 2016	enero 2015 a diciembre 2016
5	Oficio Ord. DGA N° 25, del 03 de mayo 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, período 2014-2015.	07 de mayo de 2017	enero 2014 a diciembre 2015

5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control

En los Oficios Ord DCPRH N°182/2014 (**Anexo 1**), Ord. N° 97/2015 (**Anexo 2**), Ord. N° 7/2016 (**Anexo 3**), Ord. N° 109/2016/Minuta DCPRH N° 86 DGA 2016 (**Anexo 4**) y Ord. N° 25/2017 (**Anexo 5**), se detallan las actividades de medición efectuadas por la Dirección General de Aguas (DGA), todas en el marco del monitoreo de la Red de Control definida en la Norma Secundaria de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica entre los años 2014 y 2015.

En ellos, es posible constatar que durante el período en análisis (enero 2014 a diciembre 2015) se han efectuado monitoreos en las áreas de control detalladas en Tabla 2.

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

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Campañas 2014	Campañas 2015
PEL - CE	Centro lago	03-02-2014 06-10-2014	27-01-2015 19-10-2015
LIT - Pucón	Litoral Pucón	03-02-2014 06-10-2014	26-01-2015 19-10-2015
LIT - Norte	Litoral Norte	04-12-2014 07-10-2014	26-01-2015 19-10-2015
LIT - Villarrica	Litoral Villarrica	04-02-2014 07-10-2014	27-01-2015 20-10-2015
LIT - Sur	Litoral Sur	03-02-2014 07-10-2014	27-01-2015 20-10-2015
LIT - Poza	Bahía La Poza	03-02-2014 06-10-2014	26-01-2015 19-10-2015

Tal como se indica en el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2015-6193-IX-NC-EI**, los documentos anteriormente señalados para el período de verano 2014, primavera de 2014 y verano de 2015, identificaron las coordenadas de ubicación de los puntos de control utilizados para el monitoreo, verificándose su correspondencia con las áreas de vigilancia establecidas en la NSCA. Lo mismo ocurre para el monitoreo realizado en el periodo primavera 2015, donde se realizó mediciones en los 6 puntos establecidos en la Tabla 2. En vista de lo anterior, es posible indicar que se efectuaron monitoreos en todas las áreas de vigilancias y estaciones definidas para la Red de Control en D.S. N° 19/2013 MMA y en el PMCCA Lago Villarrica.

5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control

Al respecto, la norma secundaria da a entender la realización de al menos 1 monitoreo al año en cada estación, sin embargo el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del 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), en consideración que durante invierno el lago presenta dificultades en su navegación, 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 establecen además, las diferentes profundidades para mediciones en la columna de agua.

Considerando lo antes mencionado, durante el período evaluado (enero 2014 a diciembre 2015) se realizaron cuatro monitoreos en toda la Red de Control, correspondientes a los parámetros controlados durante las épocas de primavera y verano (ver Tabla 2). También se establece que sólo 3 de estas actividades fueron realizadas dentro de los meses establecidos en el artículo N° 14 del PMCCA Lago Villarrica (verano 2014, primavera 2014 y primavera 2015).

El detalle de los muestreos con sus respectivas profundidades de monitoreo por estación son detalladas en Tabla 3 (en metros).

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

Estación	Parámetro	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015
PEL – CE	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	*0/10/30
	Nitrógeno Disuelto	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Nitrógeno Total	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Clorofila "a"	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100

Estación	Parámetro	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015
LIT – Sur	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	*	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	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
LIT - Norte	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	*	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	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
LIT-Villarrica	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	*	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	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
LIT - La Poza	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	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
LIT - Pucón	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	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

*Destacados en rojo, parámetros no medidos o medidos con una frecuencia menor a la establecida en el PMCCA Lago Villarrica.

Según lo anteriormente informado por la DGA, se constató la realización de dos campañas de medición al año en las estaciones de la red de control, para la mayoría de los parámetros establecidos en el período considerado, siendo las únicas excepciones, las estaciones LIT-Sur; LIT-Norte y LIT-Villarrica durante el periodo Primavera 2014, en las cuales no se logró obtener el parámetro Saturación de Oxigeno, lo que ocurrió también durante el periodo primavera 2015, pero en la estación PEL Centro Lago, en las profundidades 70 y 100 metros.

Se exceptúa de lo antes mencionado, el parámetro Nitrógeno Disuelto, que al ser calculado considerando N-nitrato, N-nitrito y N-amonio, y considerando que ésta última especie no ha podido ser medida de forma regular durante primavera 2015, no ha podido ser calculado para todo el periodo bienal en análisis. Anexo a esto, se informa que las muestras de la especies N-

nitrito, N-nitrato y N-Kjeldahl en la estación Lit-Sur, durante la campaña verano 2014, (en las profundidades 0 y 10 m), debieron ser descartadas debido a error en su identificación.

5.3. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 9° del D.S. N° 19, de 2013, así como también en el PMCCA Lago Villarrica, se indica que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental se efectuará de acuerdo a los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras en la Tabla 4 siguiente, o sus versiones actualizadas:

Tabla 4. Métodos de Muestreo (Adaptado de D.S. N°19/2013 MMA y PMCCA Lago Villarrica).

Identificación	Título de la norma
NCh 411/1 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh 411/2 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh 411/3 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
NCh 411/4 Of.98. DS. N°84, de 1998, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
Collection and Preservation of Samples.	Descritas en el número 1060 del "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater. 21th edition 2005. APHA-AWWA-WPCF.

El Artículo 10° del mismo cuerpo normativo señala que la determinación de los parámetros podrá efectuarse de acuerdo a los métodos analíticos, o su versión actualizada, que se indican a continuación (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):

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 de análisis interno DGA)
Saturación Oxígeno	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
Oxígeno disuelto	Medición con Sensor Óptico de Oxígeno disuelto LDO.	
Temperatura	Método de laboratorio y campo. Termométrica.	2550 B. Standard Methods
Fósforo Soluble Reactivo	Método de Ácido Ascórbico	4500-P B-5. Standard Methods
	Método de reducción automatizada de ascórbico	4500-P F. Standard Methods
	Método de inyección de flujo para orto fosfato	4500-P G. Standard Methods
	Método de Ácido Ascórbico	Hach 8048, USEPA
	Espectroscopia de absorción Molecular	4500-P E. Standard Methods
Fósforo Total	Método de Ácido Ascórbico	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[(2)]	Método Nessler	Hach 8038, USEPA
	Método de Fenato	4500-NH_3 F. Standard Methods
	Métodos automatizados de Fenato	4500-NH_3 G. Standard Methods

Parámetro	Metodología	Referencia
	Análisis de inyección de flujo	4500-NH_3 H. Standard Methods
Nitrito[1][2]	Método de Diazotización	Hach 8507, USEPA
	Método colorimétrico	4500-NO_2 B. Standard Methods
	Método Espectroscopia de adsorción molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Nitrato[1][2]	Método por reducción de Cadmio	4500-NO_3 E. Standard Methods
	Método automatizado por reducción de Cadmio	4500-NO_3 F. Standard Methods
	Método por inyección de flujo por reducción de Cadmio	4500-NO_3 I. Standard Methods
	Método Espectroscopia de adsorción molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito} + N_{Nitrato} + N_{amoniacal}$	-
Nitrógeno Total	Método de Persulfato	4500-N C. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods
	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito} + N_{Nitrato} + K_{jeldahl}$	-
Nitrógeno Total Kjeldahl[1]	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH_3- F Standard Methods
Sílice	ICP	3120 B. Standard Methods Ed 21, 2005
DQO	Espectrofotometría de absorción molecular	5220 D. Standard Methods Ed 21/2005
Clorofila "a"	Método de análisis interno DGA Espectroscopia absorción molecular.	10200 H. Standard Methods Método Scor Unesco

[1]Metodología utilizada para las especies consideradas en el cálculo del parámetro Nitrógeno Total.
[2]Metodología utilizada para las especies consideradas en el cálculo del parámetro Nitrógeno Disuelto.

En base a lo anterior, mediante el Ord DGA N° 97/2015, la Dirección General de Aguas (DGA) remitió los resultados de los análisis de laboratorio para el monitoreo realizado en octubre 2015, necesarios para la elaboración del Informe de NSCA de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica, identificando los métodos analíticos empleados durante el período en evaluación, los que se describen a continuación, en Tabla 6.

Tabla 6. Metodología de Análisis DGA (Adaptado a partir de Ord. N°97/2015, Ord. N° 109/2016 y Ord. N°25/2017)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Saturación de Oxígeno	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X.	-
Nitrógeno de Nitrato + Nitrito (N- NO_2 + NO_3)	Espectroscopia de absorción molecular.	Rodier, 1981
Nitrito[1]	ME-17-2007 Método Colorimétrico.	4500-NO_2 B. Standard Methods
Nitrato[1]	Método por reducción de Cadmio.	4500-NO_3 E. Standard Methods
Nitrógeno Total	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito} + N_{Nitrato} + N_{Kjeldhal}$	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH_3)[1]	Espectroscopia absorción molecular, Método Nessler.	Hach Method 8038, USEPA
Nitrógeno Total Kjeldahl	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH3-F Standard Methods
Fósforo Disuelto	Espectroscopia de absorción molecular.	4500-P E. Standard Methods
Fósforo Total	Método de ácido ascórbico y digestión ácida con Persulfato.	4500-P B-5. Standard Methods

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

[1] Metodologías utilizadas para la obtención del parámetro Nitrógeno Disuelto.

De lo anterior, se identificó que para la campaña de octubre 2015, se aplicó la metodología analítica establecida en el D.S. N° 19/2013 del MMA y complementada por el PMCCA Lago Villarrica para la cuantificación de los parámetros de los parámetros: Transparencia (*in situ*), N-amoniacal (Método Nessler), N-nitrato (Método por reducción de Cadmio), N-nitrito (Método Colorimétrico), Nitrógeno Total Kjeldahl (Método Kjeldahl), Nitrógeno Total (Cálculo de $N_{nitrito}$ + $N_{nitrato}$ + $N_{Kjeldahl}$), Nitrógeno Disuelto (Cálculo $N_{nitrito}$ + $N_{nitrato}$ + N_{Amonio}), Fósforo disuelto (Método EAM), Fósforo total (Método del Persulfato) y Clorofila "a" (Método EAM).

En el período verano 2014 el método establecido para el Fósforo disuelto, cuenta con un límite de detección igual al 80% del valor límite establecido en la norma, por lo cual el análisis bienal de dicho parámetro no podrá ser evaluado respecto a cumplimiento normativo, sino que sólo de tipo referencial.

En referencia a metodologías de muestreo, se cita el Instructivo de Muestreo para Aguas Superficiales (LADGA-IM-01, versión 1/2014), en el cual se describe las acciones realizadas en el procedimiento de muestreo (preparación, recolección, etiquetado de muestras y preservación de muestras en general), el equipamiento e instrumentación utilizada, los registros y procedimientos de seguridad tanto para el personal que desarrolla el muestreo como para las muestras.

Adicionalmente, en el artículo N° 19 parte a) del PMCCA Lago Villarrica, referido a la validación de los datos entregados, se establece como requerimiento la realización de los análisis de todas las especies existentes de un parámetro en un mismo laboratorio. En referencia a éste punto, durante el periodo bienal (2014 – 2015), fueron realizados en laboratorio externo ANAM los análisis de N-nitrito, N-nitrato, Nitrógeno Total y N-Kjeldahl, mientras que la especie nitrogenada N-amoniacal, fue analizada en laboratorio de la DGA, donde sólo fue posible realizar éste análisis, durante las campañas verano 2014, primavera 2014 y verano 2015 (informado por DGA en la Minuta DCPRH N°86 en **Anexo 4**). Por lo tanto, y considerando la información antes expuesta, se define el incumplimiento del punto 4 e) inciso primero, respecto a las especies nitrogenadas.

En referencia a las fechas de los muestreos realizados por estación y el tiempo de preservación de las muestras previo a su análisis (ver **Anexo 9)**, se determinó lo siguiente:

- La información expuesta fue obtenida a partir de Ord. DGA N° 182/2014, Ord. DGA N° 97/2015, Ord. DGA N° 109/2016 y Ord. DGA 25/2017.
- Se utilizó como referencia los métodos fijados en NCh 411/3 Of. 96 y/o "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater, ambos definidos en D.S. N° 19/2013 del MMA como en PMCCA Lago Villarrica.

- No se consideran en este análisis los parámetros Transparencia y Saturación de Oxígeno debido a que sus mediciones son realizadas en terreno.
- De las especies nitrogenadas, el Nitrógeno Kjeldahl, presenta tiempos de preservación fuera de los establecidos en NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, en el periodo primavera 2015 en todas las estaciones.
- El resto de las especies nitrogenadas (amonio -excepto primavera 2015-, N-nitrito y N-nitrato), presentan tiempos de preservación dentro de los plazos definidos.
- El parámetro Clorofila "a", cuenta con tiempos de preservación, dentro de los límites establecidos en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (21st Edition), Collection and Preservation of Samples. Se hace mención que si bien el parámetro cuenta con dos métodos de tiempo de preservación de muestra, de acuerdo a lo informado por DGA, se utilizó el que considera mayor tiempo de preservación con filtrado y congelamiento de muestra.
- Respecto al parámetro Fósforo Disuelto se definen tiempos de preservación dentro de los límites establecidos para el método.

5.4. Otros

Cabe hacer mención, que los resultados informados para el parámetro Fósforo Total, tanto en los períodos analizados anteriormente (verano 2014, primavera 2014 y verano 2015), como en el período primavera 2015, fue invalidado por la propia Dirección General de Aguas a través del ORD. N°7/2016, debido a inconsistencias evidenciadas entre los valores de Fósforo Disuelto y Fósforo Total (valores de Fósforo Disuelto > Fósforo Total) informadas en dicho documento.

6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

El Artículo 5° de la norma de calidad indica que para la protección de la calidad de las aguas es necesario mantener los siguientes niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia (Tabla 7):

Tabla 7. 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	LIT- Poza	Lit - Pucón	LIT- Norte	LIT- Villarrica	LIT-Sur
Trofía deseada	-	-	Oligotrófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico
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

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

(*) Nitrógeno disuelto es la suma de las especies N-Nitrito, N-Nitrato y N-amonio.
(**) Nitrógeno total es la suma de las especies N-Nitrito, N-Nitrato y N-Kjeldahl.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N° 19/2013 MMA, se entenderán sobrepasadas las normas de calidad cuando se presenten una o más de las siguientes condiciones:

- 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 5°. La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, los que tienen un límite mínimo, por tanto en su caso se evalúa en base a que el resultado sea menor a los límites establecidos en el artículo 5°; y/o
- Cuando para el área Pelagial (Centro del lago) la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año; y/o
- Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°; y/o
- Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo.

De acuerdo a los Ord. DCPRH N° 182/2014; Ord. DGA N° 97/2015, Ord. DGA N° 7/2016, Ord. DGA N° 109/2016 y Ord. DGA N° 25/2017, se presenta la verificación por estación, del cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del Lago Villarrica (NSCA), considerando el período de campañas de monitoreo comprendido entre enero 2014 y diciembre de 2015 (2 años).

Considerando la validez de los datos (ver sección 5), la evaluación de cumplimiento de la norma será abordada como sigue:

a) Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Transparencia y Clorofila "a".
b) Parámetros analizables de forma referencial: Saturación de Oxígeno, Fósforo disuelto, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total.
c) Parámetros invalidados: Fósforo total.

Para cada una de las Áreas de Vigilancia se ponderó las concentraciones obtenidas a las distintas profundidades, según el volumen representativo de estas (Tabla 8 y Tabla 9), 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 pelagial)
P_i= Porcentaje del volumen que representa un rango de profundidades i-ésimo sobre el volumen total de la zona de vigilancia.
X_i = Concentración del parámetro en el estrato "i".

Tabla 8. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia pelagial y rango de profundidades del lago.

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

Tabla 9. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia litoral y rango de profundidades del lago.

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

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

En las Tabla 10 a Tabla 15, se presentan los datos medidos en el seguimiento para el período enero de 2014 a diciembre de 2015, junto con un breve análisis efectuado para cada estación de monitoreo y parámetro. Junto a esto, se exponen en el Anexo 9, los datos registrados en los monitoreos de aguas efectivamente realizados para el período en estudio, junto con su análisis.

Para una mejor comprensión a continuación se describe la nomenclatura de colores de celdas utilizada:

- Color rojo: 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 (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno).

- Color naranja: corresponden, a modo de advertencia, a los parámetros cuyo resultado es 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 (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno).

- Color azul: corresponden a campañas en que no se monitoreó el parámetro respectivo, pese a estar normado (SM: Sin Medición).

- Color amarillo: corresponden a resultados bajo el límite de detección (LD), pero que dicho límite analítico es mayor o igual al 80% del límite normativo, por lo que se desconoce el estado de cumplimiento respecto de la Norma.

Tabla 70. Verificación NSCA en estación Centro Lago, Área de Vigilancia Pelagial (PEL)

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	5,4	11,4	9,4	6,4	8,2	≥ 9	5,4	≥ 5	El promedio de los valores registrados durante 2014 y 2015 se observa por debajo del promedio anual normado, pero por sobre el valor mínimo normado. En tanto, el valor más bajo registrado se encontró por sobre el mínimo. Por medio de estos datos, se logra establecer incumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno (columna de agua)	%	91	88,6	91,3	SM[3]	N/A	-	N/A[4]	≥ 80	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que el valor mínimo, se encuentra por sobre el límite mínimo normativo, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Saturación de Oxígeno (fondo)	%	87,8	85,1	84	SM[3]	N/A[4]	≥ 50	-	-	Se efectuó evaluación referencial debido a falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información entregada, todos los datos informados se encuentran sobre el límite promedio normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	2,097	0,593	8,156	9,912	5,19	≤ 3	9,912	≤ 6	Si bien se observa un comportamiento variable en los datos registrados durante 2014 y 2015, el promedio bienal superó el valor promedio normado, al igual que el valor máximo del período, lo que permite establecer incumplimiento normativo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[2]	0,003	0,009	0,021	N/A[4]	≤ 0,010	0,021	≤ 0,015	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo en la campaña primavera 2015. Respecto del resto de los datos informados, se observa excedencia en la campaña primavera 2015 respecto al límite máximo normado, lo que también afectaría en el cálculo del valor promedio, en caso de sólo considerar éstos 3 datos en su evaluación (0,011 mg/L), por lo que referencialmente se determinó incumplimiento normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,056	0,101	0,113	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,10	N/A[4]	≤ 0,15	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información reportada, se observa que los valores durante primavera 2014 y verano 2015 se encuentran sobre el valor promedio, sin embargo al considerar éstos tres valores en el cálculo promedio, se encontrarían bajo el límite normativo. Por tanto, se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,035	0,102	0,103	0,102	0,086	≤ 0,15	0,103	≤ 0,20	Respecto del análisis del parámetro, se exponen valores por debajo de los límites promedio y máximo normado, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial (a causa de incumplimiento en tiempo de preservación).

[1] No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.
[2] Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.
[3] SM: Sin medición realizada.
[4] N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado supera la norma	Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 8. Verificación NSCA en estación Litoral - Pucón, Área de Vigilancia LIT – Pucón

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	4,5	9	10,5	6	7,5	≥ 7	4,5	≥ 4	El promedio de los valores registrados durante 2014 y 2015 estuvo por sobre el valor promedio límite normativo, pero sobre el 80% de lo normado. En referencia al límite mínimo normativo, los datos registrados se encontraron por sobre éste. De acuerdo a lo anterior, se establece cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	104,9	99,8	109,5	104,2	-	-	99,8	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el límite mínimo normativo, durante todos los periodos evaluados. Por lo tanto, se logra establecer que el parámetro se encuentra en cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	5,6	1,6	14,8	8,5	7,7	≤ 5	14,8	≤ 10	Se observa comportamiento variable en los datos reportados durante el periodo bienal, con superación tanto de los límites promedio como máximo normativo. Por medio de ésta información se establece incumplimiento normativo efectivo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[2]	0,003	0,011	0,020	N/A[4]	≤ 0,015	0,020	≤ 0,025	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo, (campaña primavera 2015). Respecto del resto de los datos informados, si bien se observa un valor sobre el límite promedio (primavera 2015), la concentración promedio de los tres datos medidos (0,011 mg/L) en su evaluación. Esta información permite establecer cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,046	0,077	0,060	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectuó evaluación normativa referencial, debido a la falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información reportada, se observan valores bajo los límites promedio y máximo normativo. Por tanto, se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,010	0,094	0,101	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial de los valores, debido a falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información reportada, se observan valores bajo los límites promedio y máximo normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

(2) Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.

(3) SM: Sin medición realizada.

(4) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma	Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 12 Verificación NSCA en estación Litoral - Norte, Área de Vigilancia LIT – Norte

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	7	8,5	10,5	7,5	8,4	≥ 7	7	≥ 4	El análisis bienal del parámetro expone valores que se encuentran por sobre los límites promedio y mínimo de la norma, lo que permite establecer cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	108,8	SM[3]	111,3	106,3	-	-	N/A[4]	≥ 70	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que el máximo, se encuentra sobre el límite normativo, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	2,9	1,2	14,9	8,2	6,8	≤ 5	14,9	≤ 10	Respeto del análisis del parámetro, si bien se observa comportamiento variable en los datos registrados durante 2014 y 2015, el análisis de promedio bienal supera el valor promedio normado, al igual que el valor máximo del período, opuesto con el definido en la norma. Esto permite establecer incumplimiento normativo efectivo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[2]	0,003	0,008	0,022	N/A[4]	≤ 0,015	0,022	≤ 0,025	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo, (campaña primavera 2015). Respecto del resto de los datos informados, si bien se observa un valor sobre el límite promedio (primavera 2015), el cálculo del valor promedio, en caso de sólo considerar estos tres datos (0,011 mg/L) permite establecer cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,048	0,073	0,045	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectuó evaluación normativa referencial, debido a la falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información reportada, se observa que los valores se encuentran por debajo de los límites máximo y promedio normativo. Esta información permite definir cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,010	0,096	0,094	0,051	0,063	≤ 0,15	0,096	≤ 0,30	Respecto del análisis del parámetro, se exponen valores por debajo de los límites promedio y máximo normado, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

[1] No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

[2] Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.

[3] SM: Sin medición realizada.

[4] N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información) | Resultado supera la norma | Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 13. Verificación NSCA en estación Litoral - Villarrica, Área de Vigilancia LIT - Villarrica

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	5,6	9,6	8,1	6,9	7,5	≥ 7	5,6	≥ 4	El promedio de los valores registrados durante 2014 y 2015, se observó por sobre el valor promedio límite normativo, pero sobre el 80% del valor normado. En referencia al límite máximo normativo, los datos registrados estuvieron por sobre el valor mínimo. Por medio de esta información, se logra establecer cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	108,1	SM[3]	110,5	102,2	-	-	N/A[4]	≥ 70	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que la concentración mínima se encuentra sobre el límite normativo, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	4,1	1,1	17,3	17,9	10,1	≤ 5	17,9	≤ 10	La evaluación de los datos reportados durante el periodo bianual, presenta excedencia tanto del límite promedio como del máximo normativo, lo que permite establecer incumplimiento normativo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[2]	0,003	0,008	0,035	N/A[4]	≤ 0,015	0,035	≤ 0,025	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo, (campaña primavera 2015). Respecto del resto de los datos informados, se observa excedencia en la campaña primavera 2015 respecto al límite máximo normado, a la vez que el cálculo la concentración promedio de los datos existentes (0,015 mg/L) permitiría determinar incumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,025	0,078	0,054	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que tanto el valor promedio como el máximo, se encuentran bajo los límites normativos, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,010	0,080	0,073	0,040	0,051	≤ 0,15	0,080	≤ 0,30	Respecto del análisis del parámetro, se exponen valores por debajo de los límites promedio y máximo normado, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

(2) Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.

(3) SM: Sin medición realizada.

(4) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma	Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 14. Verificación NSCA en estación Litoral - Sur, Área de Vigilancia LIT – Sur

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	7	9	8	6	7,5	≥ 7	6	≥ 4	El promedio de los valores registrados durante 2014 y 2015, se observó por sobre el valor promedio límite normativo, pero considerando latencia. En referencia al límite mínimo normativo, los datos registrados también sobrepasan el valor mínimo. Por medio de esta información, se logra establecer cumplimiento normativo efectivo.
Saturación de Oxígeno	%	121,4	SM[3]	109	105,4	-	-	N/A[4]	≥ 70	El análisis de las 3 campañas reportadas (a causa de la imposibilidad de medición durante la campaña primavera 2014), expone 3 valores informados de los 4 solicitados para su evaluación, lo que establece evaluación de tipo referencial. Respecto al análisis de los datos, se observa que los 3 valores informados se encuentran sobre el límite mínimo normativo (única norma que rige al parámetro), permitiendo establecer cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	2,6	1,4	14,4	14,9	8,3	≤ 5	14,9	≤ 10	Respeto del análisis del parámetro, si bien se observa comportamiento variable en los datos registrados durante 2014 y 2015, el análisis de promedio bienal supera el valor promedio normado, al igual que el valor máximo del período, opuesto con el definido en la norma. Esto permite establecer incumplimiento normativo efectivo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[1]	0,003	0,008	0,027	N/A[4]	≤ 0,015	0,027	≤ 0,025	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo, (campaña primavera 2015). Respecto del resto de los datos informados, se observa excedencia en la campaña primavera 2015 respecto al límite máximo normado, incumpliéndose así la normativa. Por otra parte, si se calcula el promedio de los datos válidos (0,013 mg/L), éste se encuentra por debajo del límite normativo.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,020	0,072	0,053	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que tanto el valor promedio como el máximo, se encuentran bajo los límites normativos, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	SM[3]	0,102	0,087	0,048	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial de los valores, debido a falta de medición del parámetro en la campaña de verano de 2014. Respecto de la información entregada, se observa que los valores promedio y máximo, se encuentran por debajo de los límites normativos, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

[1] No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

[2] Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.

[3] SM: Sin medición realizada.

[4] N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma	Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 15. Verificación NSCA en estación Litoral – Bahía La Poza, Área de Vigilancia LIT - Poza

Parámetro[1]	Unidad	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015	Primavera 2015	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	5	7	10,5	5,5	7	≥ 7	5	≥ 4	El promedio de los valores registrados durante 2014 y 2015, se observó por sobre el valor promedio límite normativo, pero por sobre el 80% de la norma. En referencia al límite mínimo normativo, los datos registrados también se encontraron por sobre el valor mínimo. Por medio de esta información, se logra establecer cumplimiento normativo efectivo.
Saturación de Oxígeno	%	106,9	99	111,4	107	-	-	99	≥ 70	La evaluación de los datos reportados durante el periodo bianual, presenta valores por sobre el mínimo normativo (única norma que rige al parámetro), lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial
Clorofila "a"	µg/L	3,1	2,3	13,2	10,7	7,3	≤ 5	13,2	≤ 10	La evaluación de los datos reportados durante el periodo bianual, presenta excedencia tanto del límite promedio como del máximo normativo, lo que permite establecer incumplimiento normativo.
Fósforo disuelto	mg/L	LD ≥ 80% Norma[2]	0,003	0,010	0,030	N/A[4]	≤ 0,015	0,030	≤ 0,025	Se efectuó evaluación normativa referencial debido a la existencia de datos con valor menor al límite de detección que a su vez es mayor o igual al 80% del Límite Normativo, (campaña primavera 2015). Respecto del resto de los datos informados, se observa excedencia en la campaña primavera 2015 respecto al límite máximo normado, evidenciándose incumplimiento normativo. Respecto al análisis del valor promedio, referencialmente, el cálculo de la media de los datos válidos (0,014 mg/L), indica que ´peste se encuentra por debajo del máximo promedio fijado en la norma.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,030	0,060	0,050	SM[3]	N/A[4]	≤ 0,15	N/A[4]	≤ 0,30	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que tanto el valor promedio como el máximo, se encuentran bajo los límites normativos, logrando establecer cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,010	0,083	0,090	0,010	0,048	≤ 0,15	0,090	≤ 0,30	Respecto del análisis del parámetro, se exponen valores por debajo de los límites promedio y máximo normado, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) No se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total debido a inconsistencia informada por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

(2) Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD), cuyo LD ≥ 80% respecto del límite de la Norma.

(3) SM: Sin medición realizada.

(4) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma	Sin evaluación por resultados <LD, donde el Límite de Detección ≥ al 80% del Límite Normativo

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de los análisis de parámetros realizados en el período bienal 2014-2015, se puede establecer por estación de monitoreo, lo siguiente:

Estación de vigilancia PEL: Se observa que el valor promedio del periodo 2014- 2015, se encuentra bajo el promedio normado para el parámetro Transparencia, lo que representa incumplimiento normativo efectivo. Respecto al análisis referencial del parámetro Saturación de Oxígeno (debido a la falta del dato primavera 2015), se observa en el análisis de la columna de agua que el valor mínimo registrado es inferior a lo referido en la norma, mientras que para el análisis del parámetro en el fondo, los tres datos validados se presentan sobre el 50%. En el caso del parámetro Clorofila "a", se presentan valores que superan los requerimientos normativos, por lo cual se establece incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo disuelto, durante el periodo verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método analítico, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto al límite máximo normativo, considerando el resto de los datos expuestos. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), se observa superación normativa en el caso del valor máximo.

Respecto de los datos obtenidos respecto a los parámetros Nitrógeno disuelto y Nitrógeno total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro en su fracción disuelta de forma referencial. En relación al análisis de los dos datos informados, es posible observar que éstos se encuentran en cumplimiento normativo referencial (sólo si se consideran los 3 datos informados), aun cuando los datos informados durante las campañas primavera 2014 y verano 2015, por sí solos, se observan por sobre el valor límite promedio.
- En referencia al análisis de datos expuesto, respecto al parámetro Nitrógeno total, es posible definir cumplimiento normativo referencial tanto en el valor límite promedio como en el valor límite máximo.

Estación de vigilancia LIT Pucón: Se observó para el parámetro Transparencia, cumplimiento de los requerimientos normativos efectivo, sin embargo se presenta estado de latencia. Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, el análisis expone resultados que se encuentran dentro de los requerimientos establecidos en la norma. Situación opuesta es lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", el cual supera ambos requerimientos (máximo y promedio), por lo cual se establece incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo disuelto, durante el periodo verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de

éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto del límite máximo normativo, considerando el resto de los datos expuestos. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), se observa que todos los datos se encuentran bajo el límite normativo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos validados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo.
- En referencia al análisis de datos respecto al parámetro N- total, no es posible definir cumplimiento normativo, debido a que no se cuenta con información de la campaña primavera 2015. Sin embargo, respecto a los datos que se encuentran validados, es posible establecer cumplimiento normativo referencial del parámetro.

Estación de vigilancia LIT Norte: el parámetro Transparencia presenta cumplimiento normativo efectivo en ambos requerimientos (mínimo y promedio). Por su parte, el análisis referencial de los datos del parámetro Saturación de Oxígeno (a causa de la falta de datos), se presentan sobre el valor establecido como máximo normado. Similar situación es lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", el cual supera ambos requerimientos (máximo y promedio), por lo cual se establece incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo disuelto, durante el periodo Verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto al límite máximo normativo. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), se observa que todos los datos se encuentran bajo el límite normativo, sin embargo el resultado de la primavera 2015 se encuentra cercano al límite establecido.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos validados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo.
- En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro N- total, es posible definir cumplimiento normativo referencial, tanto en el valor límite promedio como en el valor límite máximo.

Estación de vigilancia LIT Villarrica: Se observó cumplimiento normativo efectivo del parámetro Transparencia, sin embargo el resultado promedio se encuentra cercano al límite establecido.

Respecto al análisis referencial del parámetro Saturación de Oxígeno (debido a la falta de datos en primavera 2014), se observa que los datos informados se encuentran sobre el límite normativo lo que establece cumplimiento normativo referencial, a diferencia de lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", en el cual tanto el valor promedio del periodo total como el valor máximo, se encontraron por sobre los valores normados estableciéndose para éste parámetro, incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, durante el periodo verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto al límite máximo normativo, considerando el resto de los datos expuestos. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), sólo se observa superación normativa en el caso del valor máximo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos validados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo.
- En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro N- total, es posible definir cumplimiento normativo referencial, tanto en el valor límite promedio como en el valor límite máximo.

Estación de vigilancia LIT Sur: Se observó cumplimiento normativo efectivo del parámetro Transparencia, sin embargo el resultado promedio se encuentra cercano al límite establecido.

Respecto al análisis referencial del parámetro Saturación de Oxígeno (debido a la falta de datos en primavera 2014), se observa que los datos informados se encuentran sobre el límite normativo por lo cual se establece cumplimiento normativo referencial, a diferencia de lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", en el cual tanto el valor promedio del periodo bienal como el valor máximo, se encontraron por sobre los valores normados, estableciéndose incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo disuelto, durante el periodo verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de

éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto al límite máximo normativo, considerando el resto de los datos expuestos. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), se observa superación normativa en el caso del valor máximo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos validados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo.
- En referencia al análisis de datos respecto al parámetro N- total, no es posible definir cumplimiento normativo, debido a que no se cuenta con información de la campaña verano 2014. Sin embargo, respecto a los datos que se encuentran validados, es posible establecer cumplimiento referencial del parámetro.

Estación de vigilancia LIT Poza: Se observó cumplimiento normativo efectivo del parámetro Transparencia, sin embargo el resultado promedio se encuentra cercano al límite establecido. Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, el análisis expone resultados que se encuentran dentro de los requerimientos establecidos en la norma definiéndose cumplimiento normativo referencial, a diferencia de lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", en el cual, tanto el valor promedio del periodo bienal como el valor máximo, se encontraron por sobre los valores normados, estableciéndose con esto, incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, durante el periodo verano 2014 se presentan valores bajo el límite de detección del método, por lo cual se realizó evaluación para la validación del dato, de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 19 del PMCCA, lo que concluyó en la invalidación de éste, derivando sólo en la posibilidad de evaluar el periodo bienal de forma referencial, y sólo respecto al límite máximo normativo, considerando el resto de los datos expuestos. En referencia a los datos analizados (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), se observa superación normativa en el caso del valor máximo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

- Debido a la imposibilidad de contar con los datos de la campaña primavera 2015, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos validados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo.
- En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro N- total, es posible definir cumplimiento normativo referencial tanto en el valor límite promedio como en el valor límite máximo.

7. VALIDACIÓN DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El artículo 13° de la norma secundaria de calidad del lago Villarrica, indica que el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, 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 tres 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 ellas en la Tabla .

Tabla 16. Estaciones de Observación Adicionales (Adaptado de PMCCA Lago Villarrica Res. Ex. N° 671/2016)

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.

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 ésta información es posible encontrarla en el PMCCA Lago Villarrica, Resolución N°671/2016, y se expone a continuación en la Tabla 17.

Tabla 9. Estaciones y parámetros a monitorear en la Red de Observación (Fuente: PMCCA Lago Villarrica).

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
PEL	**Intervención antrópica**				
	Matriz acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Condición Natural				
	Perfil de Temperatura	°C	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Oxígeno	mg/L	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Conductividad [1]	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-30-70-100	DGA

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Turbidez	unidades nefel	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fitoplancton [2]	cel/mL	2	0-10-30-70-100	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Amonio	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
LIT – Pucón	**Intervención Antrópica**				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	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

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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 – Villarrica	**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 – 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

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA
LIT – Poza	**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	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
TRA-Quelhue	**Condición natural**				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	unidades de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	Superficial	DGA
	Fósforo Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrógeno Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
TOL-Villarrica	**Condición natural**				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	unidades de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	Superficial	DGA
	Fósforo Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrógeno Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
	Fosfato	mg/L	2	Superficial	DGA
PEL-VILL	**Condición natural**				
	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	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 Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, mediante Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de 2014 (**Anexo 6**), Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/MMA de 2015 (**Anexo 7**) y Oficio Ord. DGTM MM N° 12.600/05/317/MMA de 2016 (**Anexo 8**), remite el detalle de las actividades de medición efectuadas por los mencionados servicios en el marco del monitoreo de la Red de Observación entre los años 2014 y 2015 (Tabla 18).

Tabla 18. Antecedentes entregados para análisis de Red de Observación.

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de fecha 24 de marzo de 2014. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	24 de marzo de 2014	noviembre 2013 a febrero 2014
2	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/MMA de fecha 31 de marzo de 2015. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	31 de marzo de 2015	noviembre 2013 a enero 2015
3	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de fecha 8 de abril de 2016. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	13 de marzo de 2016	octubre 2015 a febrero 2016

De acuerdo a estos antecedentes, fue posible constatar que respecto de la Red de Observación, durante el período comprendido entre enero 2014 y diciembre 2015, se ejecutaron los monitoreos indicados en la Tabla .

Tabla 19. Resumen muestreos en Red de Observación.

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	PEL-VILL	TRA-Quelhue	TOL-Villarrica
Componente Agua									
Hidrocarburos totales	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Sílice Reactiva	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	-	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	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	1/2	1/2
Nitrógeno Total	-	-	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2
Nitrógeno disuelto	-	-	-	-	-	-	2/2	-	-
Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Amonio ($N\text{-}NH_4$)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Conductividad eléctrica	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Temperatura	2/2	-	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2
Oxígeno disuelto	2/2	-	-	-	-	-	2/2	0/2	0/2
Saturación de oxigeno	-	-	-	-	-	-	2/2	0/2	0/2
Transparencia	-	-	-	-	-	-	2/2	-	-
Fósforo Total	-	-	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2
Fósforo disuelto	-	-	-	-	-	-	2/2	-	-
Clorofila "a"	-	-	-	-	-	-	2/2	-	-
Fitoplancton	S.I/2	S.I/2	S.I/2	S.I/2	S.I/2	S.I/2	S.I/2	-	-
Macrófitas Acuáticas	-	*	*	*	*	*	-	-	-
Diplodon Chilensis	-	*	*	-	-	-	-	-	-
Componente Sedimentos									
MOT (Materia Orgánica Total)	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
Fósforo Total	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
COT (Carbono Orgánico Total)	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
HT (Hidrocarburos Totales)	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
Metales y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-
Granulometría	-	2/2	2/2	2/1	2/1	2/2	-	-	-

X/Y: Número de campañas efectuadas en período 2014/Número de campañas efectuadas en período 2015.
(*): Información dependiente de entrega por parte del Ministerio del Medio Ambiente.
(-): No requerido en Tabla N° 19.

En rojo: Estaciones de monitoreo donde no se realizó la cantidad de campañas definidas según tabla N° 19.
S.I: Sin información por parte de DGA en periodo 2014.

En términos generales, en lo que respecta a la calidad del agua, se identificó que los parámetros asociados a la Red de Observación, en su mayoría, han sido monitoreados con la misma frecuencia que los correspondientes a la Red de Control, es decir dos veces por año. Se exceptúan a ésta mención los parámetros, pH, Turbidez, Oxígeno disuelto y Saturación de Oxígeno para las estaciones TRA-Quelhue y TOL-Villarrica, en los cuales no se logró medición debido a fallas en el equipo de medición en terreno (Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X).

Respecto a parámetros biológicos (Fitoplancton, Macrófitas acuáticas y Diplodon Chilensis), sólo se entregó información respecto del parámetro Fitoplancton durante las campañas de verano 2015 y primavera 2015.

En cuanto a calidad de sedimento, sólo se considera el muestreo en las estaciones litorales, y en la mayoría se ellas se controlaron en cada campaña del periodo 2014-2015, la excepción fueron las estaciones Litoral Villarrica y Litoral Sur durante la campaña de verano 2015. En el **Anexo 10,** se presentan los datos registrados en los monitoreos de aguas y sedimentos efectivamente realizados para el período en estudio.

7.3. Metodologías de muestreo y análisis

En referencia a metodologías de muestreo, se cuenta con información tanto de DGA como de DIRECTEMAR.

La información entregada por DIRECTEMAR, detalla los equipos utilizados para muestreo en aguas y sedimentos, como también el tipo de recipiente y preservantes utilizados (Detallado en INFOTEC SEMESTRAL "Monitoreo Norma Secundaria de Calidad Lago Villarrica" febrero 2015 y en el informe INFOTEC SEMESTRAL correspondientes a octubre 2015). Mientras que DGA entrega la información mediante un Instructivo de muestreo, en el cual se detalla, el procedimiento, los materiales, uso de equipos y tiempos de preservación (Detallado en Instructivos LADGA-IM-01, LADGA-IM-03, LADGA-IM-06, LADGA-IM-09 y LADGA-ITA-03)

Respecto a las metodologías de análisis utilizadas, éstas se detallan a continuación en Tabla .

Tabla 20. Metodología de Análisis de DGA (Adaptado a partir de Ord. DGA N°97/2015, Ord. DGA N°109/2016 y Ord. DGA N°25/2017) y de DIRECTEMAR (según Informes de Ensayo SGS ES15-04506, ES15-04096, ES15-49645)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Matriz acuosa		
Conductividad eléctrica	Obtenido en terreno por medio de Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X	No se especifican referencias del método utilizado.
DBO_5	Electrodo de Membrana Incubación 5 días.	5210 B Standard Methods
Diplodon Chilensis	Protocolo MMA.	Metodología standard para el muestreo de Diplodon Chilensis en los Lagos Araucanos

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
DQO	Espectroscopia de absorción molecular	5220 D- Standard Methods
Fitoplancton	Método Utermohl	-
Hidrocarburos Totales	H. Fijos	5520 D, F Hidrocarburos Volátiles EPA 8015, EPA 5021. Standard Methods
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	ME-17-2007 Método Colorimétrico.	4500-NO_2 B. Standard Methods
Nitrato	Método por reducción de Cadmio.	4500-NO_3 E. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH_3) [2]	Espectroscopia absorción molecular, Método Nessler.	Hach Method 8038, USEPA
pH	Electrodo específico	Standard Methods 4500-H
Sílice	ICP	Standard Methods Ed 21, 2005 Metodo 3120 B.
Temperatura	Termométrica	Standard Methods N° 2550 B
Trofía 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		
Arsénico	I-ENVI-LAB-116	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3114B Ed.22, 2012.
Carbono Orgánico Total (COT)	Combustión a alta temperatura.	TMECC 0,5.07.
Fósforo Total	I-ENVI-LAB-206	Basado en 4500-P C. Standard Methods, Ed. 22, 2012.
Granulometría	Escala Wentworth 1922/ASTM E-11-70, Malla 10,18, 35, 60, 120 y 230 mesh	-
Hidrocarburos totales	Determinación de HT por gravimetría y cromatografía	Basado en EPA3540C, EPA8015, N.Ch. 2313/7.Of97
	I-ENVI-LAB-231	
Materia Orgánica Total (MOT)	PPC 4500 A 550 °C Sernapesca.	-
Metales (Cd, Hg, Pb y Cu)	I-ENVI-LAB-116	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3111B Ed.22 2012.
Nitrógeno Total Kjeldahl	Destilación electrodo específico	4500- N Orgánico B Standard Methods

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 20, las metodologías utilizadas en el análisis de muestras de agua y sedimentos se encuentran dentro de las definidas en la norma, complementadas con las fijadas en el PMCCA Lago Villarrica.

8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

En el **Anexo 10**, se presentan los resultados de los monitoreos efectivamente realizados para el período 2014-2015, sin considerar los parámetros que no se monitorearon durante todo el período evaluado.

9. CONCLUSIONES

La actividad de examen de la información, 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 2014 y el 31 de diciembre de 2015, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 19, de 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.

En relación a la calidad de la columna de agua en análisis y por tanto al cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) correspondiente, es posible señalar que:

Red de Control

El período de verificación contemplado correspondió a enero de 2014 a diciembre de 2015, lo que incluye dos años móviles. El primer período considerado fue desde enero de 2014 a diciembre de 2014, y el segundo desde enero de 2015 a diciembre de 2015.

Cada período contempló dos campañas de monitoreo correspondientes a los períodos de primavera y verano de cada año, incluyendo a las seis (6) áreas de vigilancia definidas en el D.S. MMA N° 19/2013 MMA y confirmadas en el PMCCA Lago Villarrica.

De acuerdo a lo anterior, se estableció cumplimiento respecto a la ejecución de muestreos en todas las estaciones establecidas por la Red de Control durante el periodo bienal, considerado entre los años 2014 y 2015.

En referencia al periodo en el que se desarrollaron las campañas de muestreo, éstas se registraron principalmente en los meses que establece el PMCCA Lago Villarrica (febrero y octubre), sólo se identificó como excepción la campaña de verano 2015, la que fue realizada durante el mes de enero. De acuerdo a lo que establece el PMCCA Lago Villarrica, la campaña de verano debe ser realizada entre los meses de febrero a marzo y la de primavera entre octubre y diciembre. Debido a que este requerimiento ha sido solicitado en el PMCCA Lago Villarrica generado en julio de 2016, tiempo en el cual ya habían sido realizadas todas las campañas detalladas en el presente informe, no será considerada como exigencia de cumplimiento.

En cuanto a las metodologías de muestreo utilizadas, se constata información entregada por DGA, por medio del Instructivo de Muestreo para Aguas Superficiales (LADGA-IM-01, versión 1/2014), en el cual se describen las acciones realizadas en el procedimiento de muestreo.

Respecto a los tiempos de preservación de las muestras previo a su análisis, y considerando lo establecido en la NCh 411/3 Of. 96 y Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (21st edition), de las cuatro campañas analizadas, sólo el parámetro Nitrógeno Total

Kjeldahl, en el periodo Primavera 2015, se observó que no se cumplió con el tiempo máximo de preservación de muestras para su posterior análisis.

En relación al uso de laboratorios externos para la realización de análisis de parámetros, el PMCCA Lago Villarrica en su artículo N° 19 b) establece dos consideraciones:

a) Uso de sólo un (1) laboratorio que se encargue de hacer todos los análisis de las fracciones de un parámetro. Respecto a éste punto, se establece incumplimiento, debido a que DGA contrató los servicios de un laboratorio externo (ANAM), para desarrollar los análisis de los compuestos nitrogenados de las especies N-Nitrito, N-Nitrato, N-Kjeldahl y Nitrógeno Total (durante el periodo 2014 – 2015), mientras que la especie N-Amonio fue analizada en laboratorio de la DGA (durante verano 2014, primavera 2014 y verano 2015). Esta información fue entregada por DGA mediante la Minuta DCPRH N°86 (**Anexo 4**).

b) Dato validado si y sólo sí la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total. Respecto a éste punto, se han validado los datos informados respecto a las especies nitrogenadas.

Respecto de los métodos de análisis, se pudo verificar que los métodos usados concuerdan con los propuestos por la norma o por los definidos en el PMCCA Lago Villarrica, para los parámetros de control: Transparencia, Fósforo disuelto, Clorofila "a", Saturación de Oxígeno, N-Nitrato, N-Nitrito, Nitrógeno Total y N-amoniacal. Aun así, se informa la existencia de incumplimiento respecto al límite de detección del método de análisis de Fósforo Disuelto durante el periodo verano 2014 (su valor corresponde al 80% del valor establecido en la norma), lo que invalida el análisis del parámetro debido al requerimiento de ventana de dos años, establecido en la norma.

Respecto al análisis de datos, se establece lo siguiente:

c) El parámetro Fósforo total, se encuentra invalidado por la DGA por medio del Oficio Ordinario N° 7/2016, debido a la inconsistencia en los datos generados a causa de problemas en el procedimiento de ensayo de laboratorio.

d) Nitrógeno Total[1]: Respecto a éste parámetro, es posible establecer cumplimiento normativo tanto en el valor límite promedio como máximo en las estaciones PEL-CEL, LIT-Norte, LIT-Villarrica y LIT-Poza. Situación distinta a lo que ocurre con las estaciones LIT-Sur y LIT-Pucón, donde se establece cumplimiento referencial, a causa de la imposibilidad de la obtención de la concentración de las especies comprometidas a causa de un error en el etiquetado de las muestras (en el caso de LIT-Sur en la campaña verano 2014) y de la falta

[1] Se establece como cálculo de N_{total}: $N_{NO3} + N_{NO2} + N_{KT}$

de información de datos por parte del laboratorio contratado, en el caso de las especies N-Nitrito, N-Nitrato y N-Kjeldahl en la campaña primavera 2015.

e) Nitrógeno Disuelto[2]: A causa de la imposibilidad de realizar la determinación del parámetro Amonio, en todas las estaciones, durante la campaña primavera 2015, no fue posible realizar el cálculo del valor del parámetro Nitrógeno Disuelto en éste periodo, por tanto, el parámetro fue analizado de forma referencial. Respecto a su evaluación por estación, se establece cumplimiento normativo referencial en todas las estaciones a excepción de PEL-CEL, donde se observa superación del límite normativo promedio.

f) El parámetro Saturación de Oxígeno se encuentra evaluado referencialmente, debido a que durante el periodo bienal no pudo ser medido de forma regular en todas las estaciones de la Red de Control, a causa de fallas presentadas en el equipo de medición utilizado (Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X).

g) Respecto al parámetro Clorofila "a", en el análisis de evaluación de promedio y mínimo bienal de los cuatro (4) periodos analizados (inciso 1 del artículo N° 7 del D.S. 19/2013 MMA), se presenta superación del límite normativo por tanto incumplimiento normativo efectivo, en todas las estaciones controladas. Con esta información es posible establecer incumplimiento normativo para éste parámetro respecto a ésta condición.

h) Por otra parte, no fue posible definir el estado de cumplimiento que asocia a la Clorofila "a" con otros parámetros (establecido en el inciso 3 del artículo N° 7 del D.S. 19/2013 MMA), debido a que no se cuenta con los registros suficientes para establecer la condición (3 años y/o 5 años).

i) Respecto del parámetro Transparencia, se presenta superación respecto al mínimo establecido en la estación pelagial PEL-CE (Centro Lago). En el resto de las estaciones se establece cumplimiento normativo efectivo, sin embargo se encuentra cercano al límite establecido en LIT Pucón, LIT Villarrica, LIT Sur y LIT Poza.

j) Respecto al parámetro Fósforo Disuelto, se establece imposibilidad de evaluación debido a que no se cuenta con información validada durante el periodo verano 2014, a causa de la utilización de un método analítico con límite de detección mayor al permitido, según artículo 19 parte a) del PMCCA Lago Villarrica.

---

[2] Se establece como cálculo de $N_{disuelto}$: $N_{NO3} + N_{NO2} + N_{NH4}$

k) Al igual que lo indicado en el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2015-6193-IX-NC-EI,** donde se analiza el muestreo realizado durante el periodo verano 2014, primavera 2014 y verano 2015, el indicador Trofía deseada no ha podido ser determinado debido a que dicho indicador se obtiene de manera indirecta a partir de los datos empíricos generados para los parámetros Clorofila "a", Transparencia y nutrientes como el Fósforo Total y Nitrógeno Total, siendo éstos últimos dos considerados como no válidos en todas las estaciones monitoreadas.

Red de Observación

Se constató que el monitoreo de la Red de Observación se ha realizado tanto en la componente Agua como en la componente Sedimentos en forma paralela al monitoreo de la Red de Control.

También se determinó que las metodologías utilizadas tanto por DGA como por DIRECTEMAR, en los análisis de cada uno de los parámetros, coinciden con las establecidas en la norma junto con definidas en el PMCCA Lago Villarrica.

Los parámetros medidos en el componente Aguas fueron: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sílice Reactiva, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Hidrocarburos Totales, N-nitrito, N-nitrato, N-amoniacal y Clorofila "a", en todas las campañas (verano 2014, primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015) y en las correspondientes áreas de vigilancia para cada parámetro (de acuerdo a Tabla 19). En tanto que, en las tres estaciones adicionales y de acuerdo a lo requerido en tabla 19, se midieron de forma complementaria: Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto, Fósforo Total, Fósforo Disuelto y Clorofila "a" en al menos 2 campañas.

Por su parte, en el componente Sedimentos, se analizaron los parámetros Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total, en al menos una ocasión en cada período anual 2014-2015 en las estaciones de control (no se observa información referente a éstos parámetros en las estaciones PEL-CE, TRA-Quelhue, TOL-Villarrica y PEL-VILL).

Anexa a éstas mediciones, el laboratorio de DGA realizó muestreo y análisis del parámetro biológico Fitoplancton, durante las dos campañas realizadas en el periodo 2015, lo cual, es expuesto en el Minuta DCPRH N° 86 de diciembre de 2016 **(Anexo 4)**. No se expone información del parámetro biológico durante el periodo 2014.

Respecto a muestreo de Macrófitas Acuáticas y Diplodón Chilensis, no se cuenta con información por parte del Ministerio del Medio Ambiente para los periodos 2014 y 2015.

10. ANEXOS

N° Anexo	Nombre de Anexo
1	Oficio ORD. DCPRH N° 182, de 10 de diciembre de 2014
2	Oficio ORD. DGA N° 97, de 03 de noviembre de 2015
3	Oficio ORD. DGA N° 7, de 22 de enero de 2016
4	Oficio ORD. DGA N° 109, de 23 de diciembre de 2016 /Minuta DCPRH N° 86 DGA 2016
5	Oficio ORD. DGA N° 25, de 03 de mayo de 2017
6	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/317/M.M.A., de 24 de marzo de 2014
7	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/432/M.M.A., de 31 de marzo 2015
8	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/317/M.M.A., de 8 de abril de 2016
9	Resumen de datos Red de Control período 2014 - 2015
10	Resumen de datos Red de Observación período 2014 - 2015

8 U n U 0 0

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 DEL LAGO VILLARRICA

Sección Técnica
División de Fiscalización
DFZ-2017-5420-IX-NC-EI

Agosto 2017

	Nombre	Firma
Aprobado	**Juan Pablo Rodríguez F.**	X Juan Pablo Rodríguez F. Jefe Sección Técnica
Revisado	**Verónica González D.**	X Verónica González D. Profesional DFZ
Elaborado	**Elizabeth Sepúlveda E.**	X Elizabeth Sepúlveda E. Fiscalizadora DFZ

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 3
2. INTRODUCCIÓN 5
3. OBJETIVO 6
4. ALCANCE 6
5. VALIDACIÓN DE LOS DATOS RED DE CONTROL 7
   - 5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control 9
   - 5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control 9
   - 5.3. Metodologías de muestreo y análisis 11
   - 5.4. Otros 14
6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO 15
7. VALIDACIÓN 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 34
8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN 36
9. CONCLUSIONES 36
10. ANEXOS 41

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 2015 a diciembre de 2016, 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 Marina Mercante (DIRECTEMAR).

El análisis de datos se realizó con la mediciones del período comprendido entre el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2016. El análisis de datos se realizó con la mediciones del período comprendido entre el 1 de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2015. Los datos correspondientes a los períodos verano y primavera 2015, utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo, fueron revisados en informe de fiscalización según expediente DFZ-2016-4695-IX-NC-EI.

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 Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para el Lago Villarrica (PMCCA Lago Villarrica).

Red de Control

Se establece la realización del análisis de cumplimiento normativo de los parámetros: Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila "a" y Fósforo disuelto, debido a que son los parámetros que cumplen con los requerimientos establecidos tanto en la norma como en el PMCCA Lago Villarrica.

En el caso del parámetro Fósforo total, éste será evaluado referencialmente debido a la invalidación de los datos de las campañas realizadas durante el año 2015 e informado por la Dirección General de Aguas. El parámetro Saturación de Oxígeno de fondo medido en la estación PEL-CE, también será analizado referencialmente debido a la imposibilidad de su medición en la campaña primavera 2015. También como análisis referencial se establecen los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, a causa de la falta de registros de la especie N-amonio,

considerada en el cálculo del parámetro N-disuelto y por presentar tiempos de preservación fuera de límites establecidos en el caso del N-total (en especies nitrato y N-kjeldahl).

Red de Observación

Se constató que dentro de todas las áreas de control, durante los dos años de monitoreo incluidos en el presente análisis, se han cuantificado al menos en una oportunidad, en las 5 estaciones litorales junto con la estación PEL-CE, los parámetros: Hidrocarburos Totales, Sílice Reactiva, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sílice Reactiva, pH, N-nitrito, N-nitrato, N-amoniacal, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto, en la columna de agua. Se anexan a éstos análisis, los realizados en las estaciones área pelagial del lago, en el afluente (río Pucón) y efluente (río Toltén), las cuales consideraron Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, N-total, N-disuelto, Fósforo Total, Fósforo Disuelto y Clorofila "a".

En tanto que en la componente sedimentos se incorporó el análisis de Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total, los que fueron medidos sólo en las 5 estaciones litorales.

El seguimiento de esta red de Observación se ha realizado de forma paralela al monitoreo de la Red de Control para la gran parte del período analizado.

2. INTRODUCCIÓN

La Norma Secundaria Calidad Ambiental (NSCA) para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica, 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 norma de calidad formalizada mediante D.S. N° 19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente; Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del 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, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Saturación de Oxígeno, Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total, Clorofila "a" 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 12° del D.S. MINSEGPRES N° 19/2003. En este documento se definen las estaciones de monitoreo que conforman la red de control que son utilizadas para verificar la calidad de las aguas en cada una de las áreas de vigilancia establecidas en la norma, además de incorporar áreas, estaciones y parámetros adicionales como parte de una Red de Observación que permita recabar información integral relativa a la situación ambiental de los cursos de agua normados y generar información para las revisiones futuras de las normas para su perfeccionamiento.

De acuerdo al artículo 7° del mencionado Decreto, la evaluación de los niveles de calidad requieren la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos. Considerando lo establecido en los artículos 2 y 16, del Título II de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, y a modo de completar la información necesaria para la evaluación bienal de la norma, en el presente informe se realiza una revisión y análisis de los datos levantados durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2016, a la vez que se incluyen los resultados del período comprendido entre verano y primavera de 2015, los que fueron analizados en el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2016-4695-IX-NC-EI**, dando cuenta así, de seis actividades de fiscalización.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la Dirección General de Aguas, mediante los Oficios ORD. N° 97, de 2015 (**Anexo 1**), ORD. N° 7, de 2016 (**Anexo 2**) y ORD. N°109 de 2016 (**Anexo 3**); complementados con antecedentes remitidos mediante el ORD. N°25, de 2017 (**Anexo**

4). Por su parte, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRECTEMAR) entregó antecedentes complementarios, correspondientes a la red de observación, mediante Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/M

MA, de 2015 (**Anexo 5**), Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de 2016 (**Anexo 6**) y Oficio Ord. DGTM MM N° 12.600/05/362/MMA de 2017 (**Anexo 7**).

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permitirá 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.

3. OBJETIVO

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica, para todas las estaciones de control incluidas en D.S. N° 19/2013 MMA y en su PMCCA Lago Villarrica, de 2016, en el cual se establece el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua, durante el período enero 2015 a diciembre 2016.

4. ALCANCE

En el marco de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica se verificará la información levantada durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2016, para determinar la factibilidad de evaluación del cumplimiento normativo, en cuanto a los parámetros y las estaciones dentro de la Red de control (Figura 1).

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, muestreos y análisis se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, en el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua, y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

a) Solo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y a profundidades de medición establecidas en el programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales

superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas han sido calificadas fundadamente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8 del Decreto Supremo N° 19, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente. Falta mencionar PMCCA

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:
   - 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.
   - 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:
   - Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
   - 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.

De manera adicional, se verificará el desarrollo del monitoreo de la Red de Observación en lo que respecta a áreas de vigilancia, estaciones de monitoreo, parámetros medidos y frecuencia anual de muestreo según las condiciones fijadas en el respectivo programa de medición y control de la calidad ambiental del agua.

5. VALIDACIÓN DE LOS DATOS RED DE CONTROL

A continuación, la Figura 1 presenta el listado y ubicación de todas las estaciones que componen el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua de la norma, incluyendo tanto las estaciones incluidas en la Red de control, como las correspondientes a la Red de observación.

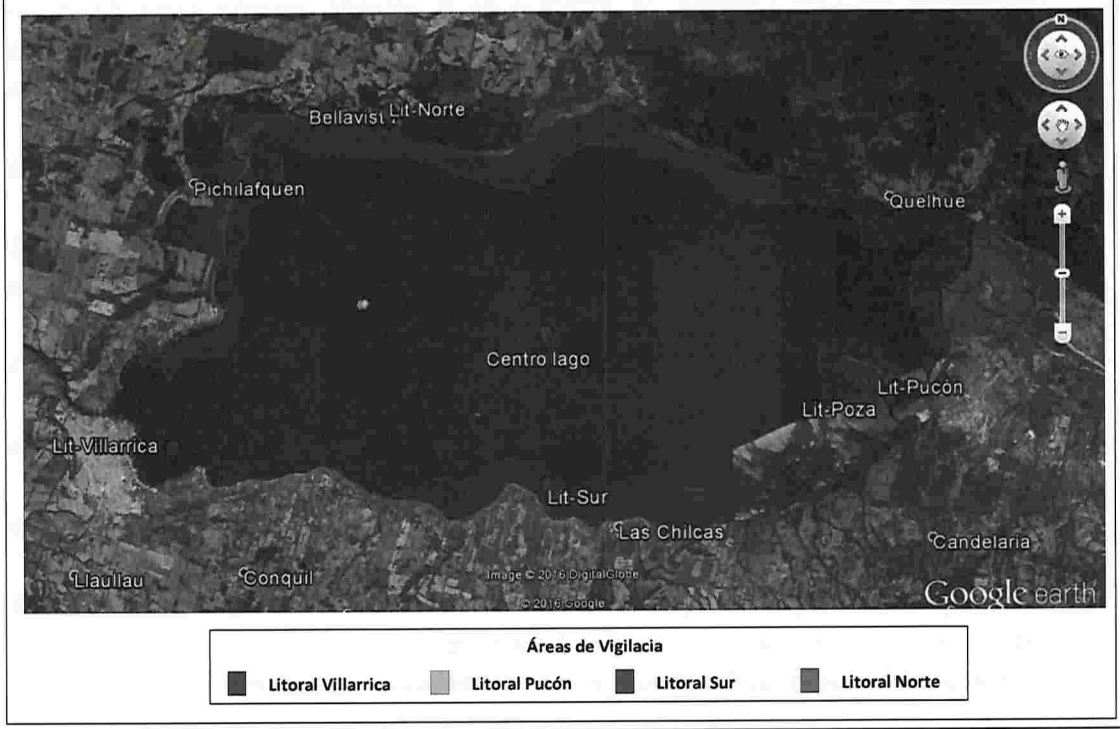


Figura 1. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas (Fuente: elaboración propia SMA).

La información de las mediciones ejecutadas durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2015 al 31 de diciembre de 2016, se reportó a esta Superintendencia por parte de la Dirección General de Aguas (DGA), por medio de los Oficios expuestos en Tabla 1.

Tabla 1. Antecedentes

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGA N° 97, del 03 de noviembre de 2015. Envía antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	04 de noviembre de 2015	enero 2015
2	Oficio Ord. N° 7, de 22 de enero de 2016. Envía aclaraciones a los antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	25 de enero de 2016	enero 2014 a febrero 2015
3	Oficio Ord. DGA N° 109, del 23 de diciembre de 2016. Envía antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica.	26 de diciembre de 2016	enero 2015 a diciembre 2016
4	Oficio Ord. DGA N° 25, del 03 de mayo 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, período 2014-2015.	07 de mayo de 2017	enero 2014 a diciembre 2015

5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control

En los Oficios Ord. N° 97 de fecha 03 de noviembre de 2015 (**Anexo 1**), Ord. N° 7/2016 (**Anexo 2**), Ord. N° 109/2016 (**Anexo 3**) y Ord. N° 25/2017 (**Anexo 4**), se detallan las actividades de medición efectuadas por la Dirección General de Aguas (DGA), todas en el marco del monitoreo de la Red de Control definida en la Norma Secundaria de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica entre los años 2015 y 2016.

En ellos, es posible constatar que durante el período en análisis (enero 2015 a diciembre 2016) se han efectuado monitoreos en las áreas de control detalladas 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 2015	Campañas 2016
PEL - CE	Centro lago	27-01-2015 19-10-2015	01-03-2016 13-12-2016
LIT - Pucón	Litoral Pucón	26-01-2015 19-10-2015	01-03-2016 18-10-2016
LIT - Norte	Litoral Norte	26-01-2015 19-10-2015	01-03-2016 18-10-2016
LIT - Villarrica	Litoral Villarrica	27-01-2015 20-10-2015	02-03-2016 20-10-2016
LIT - Sur	Litoral Sur	27-01-2015 20-10-2015	02-03-2016 20-10-2016
LIT - Poza	Bahía La Poza	26-01-2015 19-10-2015	01-03-2016 18-10-2016

Los documentos anteriormente señalados para el período 2015-2016, identificaron las coordenadas de ubicación de los puntos de control utilizados para el monitoreo, verificándose su correspondencia con las áreas de vigilancia establecidas en la NSCA y según D.S. N° 19/2013 MMA y PMCCA Lago Villarrica.

5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control

Al respecto, la norma secundaria da a entender la realización de al menos 1 monitoreo al año en cada estación, sin embargo el programa de medición y control de la calidad ambiental del agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del 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), en consideración que durante invierno el lago presenta dificultades en su navegación, 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 establecen además, las diferentes profundidades para mediciones en la columna de agua.

Considerando lo antes mencionado, se informa que durante el período evaluado (enero 2015 a diciembre 2016) se realizaron cuatro monitoreos en toda la Red de Control, correspondientes a los parámetros controlados durante las épocas de primavera y verano (ver Tabla 2). También se establece que sólo 3 de estas actividades fueron realizadas dentro de los meses establecidos en el artículo N° 14 del PMCCA Lago Villarrica (primavera 2015, verano 2016 y primavera 2016).

El detalle de los muestreos con sus respectivas profundidades de monitoreo por estación son detalladas en Tabla 3 (en metros).

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

Estación	Parámetro	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016
PEL - CE	Transparencia	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
	Saturación de Oxígeno	0/10/30/70/100	0/10/30	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
	Nitrógeno Disuelto	0/10/30/70/100	*	0/10/30/70/100	*
	Nitrógeno Total	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0
	Clorofila "a"	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
LIT - Sur	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	**	**	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	*	0/10/20	*
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	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
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	**	**	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	*	0/10/20	*
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	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
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	**	**	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	*	0/10/20	*
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	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
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	**	**	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	*	0/10/20	*
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - Pucón	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	**	**	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto	0/10/20	*	0/10/20	*

Estación	Parámetro	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20

*Desatacado en rojo los parámetros no medidos o medidos con una frecuencia menor a la establecida en el PMCCA Lago Villarrica.
** Parámetro invalidado para el período 2015, según Oficio Ordinario N° 7/2016

De acuerdo a lo observado en tabla 3, es posible establecer que la mayoría de los parámetros fueron medidos en las distintas profundidades y en cada estación contemplada dentro de la Red de Control. Se exceptúa de lo antes mencionado, el parámetro Nitrógeno Disuelto, que al ser calculado considerando N-Nitrato, N-Nitrito y N-Amonio, y considerando que ésta última especie no ha podido ser medida de forma regular en los periodos primavera 2015 y primavera 2016, no ha podido ser evaluado durante todo el periodo bienal del análisis.

Otra excepción se produce con el parámetro Nitrógeno total en los periodos primavera 2015 y primavera 2016, en los cuales:

- No se informó valor respecto de mediciones realizadas en la estación LIT-Pucón, en profundidad 20 metros, en las especies N-Nitrito, N-Nitrato y N-Kjeldahl, por parte del laboratorio contratado (primavera 2015).
- Sin información disponible respecto de las mediciones obtenidas en las profundidades 10/30/70/100, en la estación PEL-CE.

Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno, no se informa medición en las profundidades 70 y 100, durante el periodo primavera 2015, en la estación PEL-CE.

5.3. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 9° del D.S. N° 19, de 2013, así como también en el PMCCA Lago Villarrica, se indica que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental se efectuará de acuerdo a los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras en la Tabla 4 siguiente, o sus versiones actualizadas:

Tabla 4. Métodos de Muestreo (Adaptado de D.S. N°19/2013 MMA y PMCCA Lago Villarrica).

Identificación	Título de la norma
NCh 411/1 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 1: Guía para el diseño de programas de muestreo.
NCh 411/2 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh 411/3 Of.96. DS. N°501, de 1996, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras.
NCh 411/4 Of.98. DS. N°84, de 1998, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
Collection and Preservation of Samples.	Descritas en el número 1060 del "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater. 21th edition 2005. APHA-AWWA-WPCF.

En referencia a los métodos analíticos validados a ser utilizados en la verificación del cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, se consideran los definidos tanto en el Artículo 10° del D.S. N°19/2013 (o su versión actualizada) junto con los definidos en el artículo único transitorio del PMCCA Lago Villarrica. Las metodologías se exponen a continuación en 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 de análisis interno DGA)
Saturación Oxígeno	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
Oxígeno Disuelto	Medición con Sensor Óptico de Oxígeno Disuelto LDO.	
Temperatura	Método de laboratorio y campo. Termométrica.	2550 B. Standard Methods
Fósforo Soluble Reactivo	Método de Ácido Ascórbico	4500-P B-5. Standard Methods
	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	Hach 8048, USEPA
	Espectroscopia de absorción Molecular	Standard Methods
Fósforo Total	Método de Ácido Ascórbico	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 Espectroscopia 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 Espectroscopia de adsorción molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por cromatografía iónica	4110. Standard Methods
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito} + N_{Nitrato} + N_{amoniacal}$	
Nitrógeno Total	Método de Persulfato	4500-N C. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods
	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito} + N_{Nitrato} + K_{jeldahl}$	
Nitrógeno Kjeldahl[1)]	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH_3- F Standard Methods
Clorofila "a"	Método de análisis interno DGA Espectroscopia absorción molecular.	10200 H. Standard Methods Método Scor Unesco

[1)] Metodología utilizada para la obtención del parámetro Nitrógeno Total.

En base a lo anterior, mediante el Ord DGA N° 97/2015, la Dirección General de Aguas (DGA) remitió los resultados de los análisis de laboratorio para el monitoreo realizado en octubre 2015, necesarios para la elaboración del Informe de NSCA de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica, identificando los métodos analíticos empleados durante el período en evaluación, los que se describen a continuación, en Tabla 6.

Tabla 6. Metodología de Análisis DGA (Adaptado a partir de Ord. N°97/2015, Ord. N° 109/2016 y Ord. N°25/2017)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Saturación de Oxígeno	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X.	Sin referencia indicada.
Nitrógeno de Nitrato + Nitrito (N- NO_2 + NO_3)	Espectroscopia de absorción molecular.	Rodier, 1981
Nitrito[(1)]	ME-17-2007 Método Colorimétrico.	4500-NO_2 B. Standard Methods
Nitrato[(1)]	Método por reducción de Cadmio.	4500-NO_3 E. Standard Methods
N-total	Por medio de cálculo: $N_{Nitrito}$ + $N_{Nitrato}$ +$N_{Kjeldhal}$	-
Nitrógeno Amoniacal (N-NH_3) [(1)]	Espectroscopia absorción molecular, Método Nessler.	Hach Method 8038, USEPA
Nitrógeno Total Kjeldahl	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH3-F Standard Methods
Fósforo Disuelto	Espectroscopia de absorción molecular.	4500-P E. Standard Methods
Fósforo Total	Método de ácido ascórbico y digestión ácida con Persulfato. Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P B-5. Standard Methods 4500-P J. Standard Methods
Clorofila "a"	Espectroscopia de absorción molecular.	Método Scor, UNESCO

[(1)] Metodologías utilizadas para la obtención del parámetro Nitrógeno Disuelto.

De lo anterior, se identificó que para el periodo bienal 2015-2016, se aplicó la metodología analítica establecida en el D.S. N° 19/2013 MMA y complementada por el PMCCA Lago Villarrica para la cuantificación de los parámetros: Transparencia (In situ), N-Amoniacal (Método Nessler), N-Nitrato (Método por reducción de Cadmio), N-Nitrito (Método Colorimétrico), Nitrógeno Total Kjeldahl (Método Kjeldahl), Nitrógeno Total (Cálculo de $N_{nitrito}$ + $N_{nitrato}$ + $N_{Kjeldahl}$), Nitrógeno Disuelto (Cálculo $N_{nitrito}$ + $N_{nitrato}$ + N_{Amonio}), Fósforo Disuelto (Método EAM), Fósforo Total (Método del Persulfato) y Clorofila "a" (Método EAM).

En referencia al artículo 19, en el cual se establecen los criterios para validar los datos reportados, se establece que los límites de detección informados en las metodologías utilizadas, se encuentran bajo el 80% de los límites normativos establecidos.

En referencia a metodologías de muestreo, se referencia el Instructivo de Muestreo para Aguas Superficiales (LADGA-IM-01, versión 1/2014), en el cual se describe las acciones realizadas en el procedimiento de muestreo (preparación, recolección, etiquetado de muestras y preservación de muestras en general), el equipamiento e instrumentación utilizada, los registros y procedimientos de seguridad tanto para el personal que desarrolla el muestreo como para las muestras.

Respecto a las fechas de los muestreos realizados por estación y el tiempo de preservación de las muestras previo a su análisis, en **Anexo 9**, se expone lo siguiente:

- La información expuesta fue obtenida a partir de Ord. DGA N° 97/2015, Ord. DGA N° 109/2016 y Ord. DGA 25/2017.
- Se utilizó como referencia los métodos expuestos en N.Ch. 411/3 Of. 96 y/o "Standard Methods" for Examination of Water and Wastewater, ambos definidos en D.S. N° 19/2013 del MMA como en PMCCA Lago Villarrica.
- No se consideran en este análisis los parámetros Transparencia y Saturación de Oxígeno debido a que sus mediciones son realizadas en terreno.
- De las especies nitrogenadas, Nitrato en LIT-POZA durante período verano de 2015 y Nitrógeno Kjeldahl en LIT-POZA durante verano 2015 y en todas las estaciones durante la primavera de 2015, presentaron tiempos de preservación de muestra, fuera de los establecidos en la NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.
- El resto de las especies nitrogenadas (Amonio y N-Nitrito), presentaron tiempos de preservación dentro de los plazos definidos.
- El parámetro Clorofila "a", cuenta con tiempos de preservación, dentro de los límites establecidos en Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (21st Edition), Collection and Preservation of Samples. Se hace mención que si bien el parámetro cuenta con dos métodos de tiempo de preservación de muestra, de acuerdo a lo informado por DGA, se utilizó el que considera mayor tiempo de preservación con filtrado y congelamiento de muestra.
- Respecto al parámetro Fósforo Disuelto se definen tiempos de preservación dentro de los límites establecidos para el método.

5.4. Otros

Cabe hacer mención, que los resultados informados para el parámetro Fósforo Total, fueron invalidados para las dos campañas realizadas en el año 2015, por la propia Dirección General de Aguas a través del ORD. N°7/2016, debido a inconsistencias evidenciadas entre los valores de Fósforo Disuelto y Fósforo Total (valores de Fosforo Disuelto > Fósforo Total) e informadas en dicho documento.

6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

El Artículo 5° de la norma de calidad indica que para la protección de la calidad de las aguas es necesario mantener los siguientes niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia (Tabla):

Tabla 7. 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	LIT- Poza	LIT - Pucón	LIT- Norte	LIT- Villarrica	LIT-Sur
Trofía deseada	-	-	Oligotrófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico	Oligomeso-trófico
Transparencia (Secchi)	m	Promedio anual	≥ 9	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7
		Mínimo	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Fósforo (P) Disuelto	mg P/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Fósforo (P) Total	mg P/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Saturación de Oxígeno	%	Mínimo	≥ 80	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Nitrógeno (N) Disuelto*	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,10	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Nitrógeno (N) Total	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Clorofila "a"	µg/L	Promedio anual	≤ 3	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
		Máximo	≤ 6	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10

(*) Nitrógeno Disuelto es la suma de N-Nitrito, N-Nitrato y N-amonio.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N° 19/2013 MMA, se entenderán sobrepasada la norma de calidad cuando se presente una o más de las siguientes condiciones:

- 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 5°. La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, los que tienen un límite mínimo, por tanto en su caso se evalúa en base a que el resultado sea menor a los límites establecidos en el artículo 5°; y/o

- Cuando para el área Pelagial (Centro del lago) la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año; y/o
- Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°; y/o
- Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo.

De acuerdo a los Ord. DGA N° 97/2015, Ord. DGA N° 7/2016, Ord. DGA N° 109/2016 y Ord. DGA N° 25/2017, se presenta la verificación por estación, del cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del lago Villarrica (NSCA), considerando el período de campañas de monitoreo comprendido entre enero 2015 y diciembre de 2016 (2 años).

Considerando la validez de los datos verificada en la sección 5 del presente informe, la evaluación de cumplimiento de la norma, será abordada como sigue:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Transparencia, Saturación de oxígeno, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto.
- Parámetros analizables de forma referencial: Fósforo Total, Nitrógeno Total y Nitrógeno Disuelto.

Para cada una de las Áreas de Vigilancia se ponderó las concentraciones obtenidas a las distintas profundidades, según el volumen representativo de estas (Tabla y Tabla), 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 pelagial)
P_i= Porcentaje del volumen que representa un rango de profundidades i-ésimo sobre el volumen total de la zona de vigilancia.
X_i = Concentración del parámetro en el estrato "i".

Tabla 8. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia pelagial y rango de profundidades del lago.

N° Rango (i)	Rango de Profundidad (m)	Pelagial
1	0 a 5	4%

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

Tabla 9. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia litoral y rango de profundidades del lago.

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

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

En las Tabla 7 a Tabla 12 se presentan los datos medidos en el seguimiento para el período enero de 2015 a diciembre de 2016, junto con un breve análisis efectuado para cada estación de monitoreo y parámetro. Junto a esto, se exponen en **Anexo 8**, los datos registrados en los monitoreos de aguas efectivamente realizados para el período en estudio, junto con su análisis.

Para una mejor comprensión a continuación se describe la nomenclatura de colores de celdas utilizada:

- Color rojo: 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 (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno).

- Color naranja: corresponden, a modo de advertencia, a los parámetros cuyo resultado es 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 (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno).

- Color azul: corresponden a campañas en que no se monitoreó el parámetro respectivo, pese a estar normado (SM: Sin Medición).

Tabla 7. Verificación NSCA en estación Centro Lago, Área de Vigilancia Pelagial (PEL)

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx/Mín.	Observaciones
Transparencia	m	9,4	6,4	9,9	7,4	8,3	≥ 9	6,4	≥ 5	El promedio de los valores registrados durante 2015 y 2016 se observa por debajo del promedio anual normado, pero por sobre el valor mínimo normado. En tanto, el valor más bajo registrado se encontró por sobre el mínimo. Por medio de estos datos, se logra establecer incumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno (columna de agua)	%	91,3	SM [1]	91,6	92,7	-	-	N/A [2]	≥ 80	Se efectuó evaluación referencial, debido a falta de medición durante la campaña primavera 2015. Respecto de la información reportada, se observa que el valor mínimo, se encuentra por sobre el límite mínimo normativo. Esta información determinaría el cumplimiento normativo referencial.
Saturación de Oxígeno (fondo)	%	84	SM [1]	86,7	90,1	N/A [2]	≥ 50	-	-	Se efectuó evaluación referencial debido a falta de medición del parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de la información entregada, todos los datos informados se encuentran sobre el límite promedio normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.
Clorofila "a"	µg/L	8,156	9,912	2,342	1,497	5,477	≤ 3	9,912	≤ 6	Respecto del análisis de Clorofila "a", si bien se observa comportamiento variable en los datos registrados durante 2015 y 2016, el análisis de promedio bienal supera el valor promedio normado, al igual que el valor máximo del periodo, opuesto con el definido en la norma. Esto permite establecer incumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,009	0,021	0,004	0,003	0,009	≤ 0,010	0,021	≤ 0,015	A partir de la información entregada, se observa que el promedio bienal se encuentra bajo el límite promedio normado, pero sobre el 80% de la norma. Por otra parte, el valor máximo registrado excede el valor máximo establecido. Debido a esto, el parámetro Fósforo Disuelto se encontraría en incumplimiento normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I. [3]	D.I. [3]	0,007	0,005	N/A [2]	≤ 0,010	N/A [2]	≤ 0,015	El análisis referencial del parámetro Fósforo Total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, a la vez que el cálculo del promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo. Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,113	SM [1]	0,064	SM [1]	N/A [2]	≤ 0,10	N/A [2]	≤ 0,15	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,088 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,103	0,103	0,047	SM [1]	N/A [2]	≤ 0,15	N/A [2]	≤ 0,20	Se efectúa evaluación referencial, debido a la falta de datos de las especies que conforman el parámetro en la campaña de primavera de 2016. Respecto de los valores informados, se observa que todos cumplen con el valor límite máximo y que por tanto, no afectaría el cálculo del valor promedio, en caso que se consideraran sólo los datos expuestos (0,084 mg/L). Por lo tanto se logra establecer cumplimiento normativo referencial.

[1] SM: Sin medición realizada de forma total o parcial en las profundidades definidas.

[2] N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

[3] D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 8. Verificación NSCA en estación Litoral - Pucón, Área de Vigilancia LIT – Pucón

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	10,5	6	11,5	6,5	8,6	≥ 7	6,0	≥ 4	El promedio obtenido del parámetro en el periodo en análisis, se registró por sobre el valor límite promedio al igual que el valor mínimo definido en la norma. Por lo cual, se logra cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	109,5	104,2	107,0	100,9	-	-	100,9	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todos los periodos evaluados. Por medio de esta información se logra establecer cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	14,8	8,5	2,8	1,5	6,9	≤ 5	14,8	≤ 10	Para el parámetro Clorofila "a", se observan valores sobre el valor límite promedio, al igual que para el valor máximo normado en todo el periodo analizado. Por lo que se determinó incumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,011	0,020	0,004	0,003	0,010	≤ 0,015	0,020	≤ 0,025	Respecto de la información entregada, se observa que tanto el límite promedio como el valor máximo, se encuentran bajo el límite establecido en la norma, estableciéndose cumplimiento normativo efectivo, no obstante lo anterior el máximo medido fue de 80% el límite normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I.[3]	D.I.[3]	0,014	0,006	N/A[2]	≤ 0,015	N/A[2]	≤ 0,025	El análisis referencial del parámetro Fósforo total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, , a la vez que el cálculo del límite promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo. Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,060	SM[1]	0,024	SM[1]	N/A[2]	≤ 0,15	N/A[2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo del promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,15 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,102	SM[1]	0,009	0,020	N/A[2]	≤ 0,15	N/A[2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que conforman el parámetro en la campaña de primavera de 2015. Respecto de los valores informados, se observa que todos cumplen con el valor límite, a la vez que el cálculo del promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,044 mg/L). Por lo tanto se logra establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) SM: Sin medición realizada.

(2) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

(3) D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 9. Verificación NSCA en estación Litoral - Norte, Área de Vigilancia LIT – Norte

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	10,5	7,5	10,0	8,5	9,1	≥ 7	7,5	≥ 4	El valor promedio obtenido del parámetro en el periodo en análisis, se registró por sobre el valor límite promedio al igual que el valor mínimo definido en la norma. Por lo cual, se logra cumplimiento normativo.
Saturación de Oxígeno	%	111,3	106,3	115,1	104,6	-	-	104,6	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxigeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todos los períodos evaluados. Por medio de esta información se logra establecer cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	14,9	8,2	2,0	1,5	6,6	≤ 5	14,9	≤ 10	Para el parámetro Clorofila "a", se observa sobre el valor normativo tanto el valor límite promedio como para el valor máximo normado en todo el periodo analizado. Por lo que determinó incumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,008	0,022	0,003	0,003	0,009	≤ 0,015	0,022	≤ 0,025	Respecto de la información entregada, se observa que tanto el límite promedio como el valor máximo, se encuentran bajo el límite establecido en la norma, por lo cual, se determinó cumplimiento normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I.[3]	D.I.[3]	0,009	0,005	N/A[2]	≤ 0,015	N/A[2]	≤ 0,025	El análisis referencial del parámetro Fósforo total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,014 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,045	SM[1]	0,021	SM[1]	N/A[2]	≤ 0,15	N/A[2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,033 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,094	0,051	0,005	0,054	0,051	≤ 0,15	0,094	≤ 0,30	El análisis tanto de promedio como de máximo anual, expone datos por debajo de los límites promedio y máximo normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial

[1] SM: Sin medición realizada.

[2] N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

[3] D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

SMA Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 10. Verificación NSCA en estación Litoral - Villarrica, Área de Vigilancia LIT – Villarrica

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	8,1	6,9	10,6	7,1	8,2	≥ 7	6,9	≥ 4	El valor promedio obtenido, durante el periodo en análisis, se registró por sobre el valor límite promedio al igual que el valor mínimo definido en la norma. Por lo cual, se logra establecer que el parámetro se encuentra en cumplimiento normativo, pese a que la concentración promedio estuvo por debajo del 120% del límite fijado.
Saturación de Oxígeno	%	110,5	102,2	114,8	105,1	-	-	102,2	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todos los períodos evaluados. Por medio de esta información se logra establecer cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	17,3	17,9	2,0	1,8	9,8	≤ 5	17,9	≤ 10	Para el parámetro Clorofila "a", se observa sobre el valor normativo tanto el valor límite promedio como para el valor máximo normado en todo el periodo analizado. Por lo que establece incumplimiento normativo efectivo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,008	0,035	0,004	0,003	0,013	≤ 0,015	0,035	≤ 0,025	Respecto de la información entregada, se observa que el valor promedio se encuentra bajo el límite promedio normado (entre 80 a 100%), mientras que el valor máximo supera el límite establecido. Considerando el análisis expuesto, se establece incumplimiento normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I. [3]	D.I.[3]	0,006	0,004	N/A [2]	≤ 0,015	N/A[2]	≤ 0,025	El análisis referencial del parámetro Fósforo total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,01 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,055	SM [1]	0,022	SM [1]	N/A [2]	≤ 0,15	N/A [2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,038 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,073	0,040	0,008	0,060	0,045	≤ 0,15	0,073	≤ 0,30	El análisis tanto del valor promedio como de máximo obtenido, se expone por debajo de los límites promedio y máximo normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) SM: Sin medición realizada.

(2) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

(3) D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 11. Verificación NSCA en estación Litoral - Sur, Área de Vigilancia LIT – Sur

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	8,0	6,0	12,3	5,5	8,0	≥ 7	5,5	≥ 4	El promedio obtenido del parámetro Transparencia, durante el periodo en análisis, se registró por sobre el valor límite promedio (entre 100 y 120%), al igual que el valor mínimo definido en la norma. Por lo cual, se logra establecer que el parámetro se encuentra en cumplimiento normativo efectivo.
Saturación de Oxígeno	%	109,0	105,4	114,4	111,5	-	-	105,4	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todos los períodos evaluados. Por medio de esta información se logra establecer cumplimiento normativo efectivo
Clorofila "a"	µg/L	14,4	14,8	2,1	1,8	8,3	≤ 5	14,8	≤ 10	Para el parámetro Clorofila "a", se observa sobre el valor normativo tanto el valor límite promedio como para el valor máximo normado en todo el periodo analizado. Por lo que establece incumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,008	0,027	0,003	0,003	0,010	≤ 0,015	0,027	≤ 0,025	Respecto de la información entregada, se observa que el valor promedio se encuentra bajo el límite establecido, mientras que el valor máximo se presenta sobre la norma. Considerando éstos resultados, se establece incumplimiento normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I.[3]	D.I.[3]	0,006	0,003	N/A[2]	≤ 0,015	N/A[2]	≤ 0,025	El análisis referencial del parámetro Fósforo total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,004 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,053	SM[1]	0,021	SM[1]	N/A[2]	≤ 0,15	N/A[2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,037 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,087	0,048	0,006	0,051	0,048	≤ 0,15	0,087	≤ 0,30	El análisis tanto de promedio como de máximo anual, expone datos por debajo de los límites promedio y máximo normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial

(1) SM: Sin medición realizada.

(2) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

(3) D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

SMA | Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

Tabla 12. Verificación NSCA en estación Litoral – Bahía La Poza, Área de Vigilancia LIT - Poza

Parámetro	Unidad	Verano 2015	Primavera 2015	Verano 2016	Primavera 2016	Promedio campañas	Norma promedio	Máx. /Mín. campañas	Norma Máx./Mín.	Observaciones
Transparencia	m	10,5	5,5	9,5	5,5	7,8	≥ 7	5,5	≥ 4	El valor promedio obtenido, durante el periodo en análisis, se registró por sobre el valor límite promedio (entre 100 y 120%) al igual que el valor máximo definido en la norma. Por lo cual, se logra establecer cumplimiento normativo efectivo.
Saturación de Oxígeno	%	111,4	107,0	112,6	104,7	-	-	104,7	≥ 70	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todos los períodos evaluados. Por medio de esta información, se logra establecer que el parámetro se encuentra en cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	µg/L	13,2	10,7	2,2	1,9	7,0	≤ 5	13,2	≤ 10	Para el parámetro Clorofila "a", se presenta sobre el valor normativo tanto para el valor límite promedio como para el valor máximo normado en todo el periodo analizado. Por lo que establece incumplimiento normativo.
Fósforo Disuelto	mg/L	0,010	0,030	0,004	0,003	0,012	≤ 0,015	0,030	≤ 0,025	Respecto de la información entregada, se observa que el valor promedio se encuentra bajo el límite normado, mientras que el valor máximo supera el límite establecido. Considerando el análisis expuesto, se establece incumplimiento normativo.
Fósforo Total	mg/L	D.I.[3]	D.I.[3]	0,012	0,005	N/A[2]	≤ 0,015	N/A[2]	≤ 0,025	El análisis referencial del parámetro Fósforo total (a causa de la invalidación de los datos generados en las campañas realizadas durante el año 2015), expone registros bajo el valor máximo normativo durante el periodo 2016, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,017 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Disuelto	mg/L	0,050	SM[1]	0,021	SM[1]	N/A[2]	≤ 0,15	N/A[2]	≤ 0,30	Se efectúa evaluación referencial, debido a falta de datos de las especies que componen el parámetro en las campañas de primavera de 2015 y primavera 2016. Respecto de los valores informados, se observa que el valor máximo se encuentra bajo el límite máximo normativo, a la vez que el cálculo de la concentración promedio de los datos válidos se determinó bajo límite normativo (0,035 mg/L). Finalmente se establece cumplimiento normativo referencial.
Nitrógeno Total	mg/L	0,090	0,009	0,006	0,066	0,043	≤ 0,15	0,090	≤ 0,30	El análisis tanto de promedio como de máximo anual, expone datos por debajo de los límites promedio y máximo normativo, lo que permite establecer cumplimiento normativo referencial.

(1) SM: Sin medición realizada.

(2) N/A: No aplica evaluación bienal por falta de datos.

(3) D.I.: Dato invalido. Informado por la DGA mediante en Oficio Ord. N° 7/2016.

Parámetro sin medición (Evaluación referencial del periodo bienal por falta de información)	Resultado entre el 80% y 100% respecto del límite normativo (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno)	Resultado supera la norma

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de los análisis de parámetros realizados en el período bienal 2015-2016, se establece por estación de monitoreo, lo siguiente:

Estación de vigilancia PEL: Se observa que el valor promedio del periodo 2015- 2016, se encuentra bajo el promedio normado para el parámetro Transparencia, lo que representa incumplimiento normativo efectivo. Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno, se observa que el valor mínimo registrado en la columna de agua, es inferior a lo referido en la norma, mientras que el análisis referencial (debido a la falta del dato en la campaña primavera 2015), de este parámetro en el fondo, indicaría cumplimiento normativo referencial. Respecto al parámetro Clorofila "a", éste presenta valores que exceden los requerimientos normativos en todas las estaciones de control, por lo tanto, se establece la condición de incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, se establece excedencia del valor límite máximo a diferencia de lo que ocurre con el valor promedio, que se encuentra bajo el límite promedio, con valor cercano del 95%, por lo tanto se presentaría incumplimiento normativo efectivo. Respecto al parámetro Fósforo Total, a causa de la invalidación de los datos de las campañas realizadas durante el periodo 2015, se observaron valores bajo los límites promedio y máximo definidos en la norma.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos informados, se observa cumplimiento normativo referencial.

b) En referencia al análisis de los datos respecto al parámetro Nitrógeno Total, no es posible definir cumplimiento normativo, debido a que no se cuenta con información de las concentraciones reportadas por las especies que lo componen, durante la campaña primavera 2016. Sin embargo, respecto a los datos que se encuentran informados, es posible establecer cumplimiento normativo referencial.

Estación de vigilancia LIT Pucón: Se observó para el parámetro Transparencia el cumplimiento de los requerimientos normativos. Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, el análisis expone resultados que se encuentran dentro de los requerimientos establecidos en la norma, mientras que para el parámetro Clorofila "a" se observa excedencia tanto en límite promedio como en límite máximo en todas las estaciones de la red de control, lo que permite establecer incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, se observa cumplimiento normativo efectivo en ambos límites normativos con valor cercano al límite (cumple con el 82% del valor normativo), situación similar a lo ocurrido con el análisis referencial (debido a la invalidación de los datos de las campañas verano y primavera 2015) de los datos existentes del parámetro Fósforo Total, el cual

presenta registros bajo el límite máximo, lo que en éste caso consideraría cumplimiento normativo referencial.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos informados, es posible definir cumplimiento normativo referencial.

b) En referencia al análisis de los datos respecto al parámetro Nitrógeno Total, no es posible definir cumplimiento normativo referencial, debido a que no se cuenta con información de los valores de las concentraciones de las especies que lo componen, durante la campaña primavera 2016. Sin embargo, respecto a los datos que se encuentran informados, es posible establecer cumplimiento referencial.

Estación de vigilancia LIT Norte: el parámetro Transparencia presenta cumplimiento normativo efectivo en ambos requerimientos (mínimo y promedio). Por su parte, el parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, presenta valores sobre el mínimo requerido, lo que permite establecer cumplimiento normativo efectivo. En el caso del parámetro Clorofila "a", se observa excedencia de los valores límites tanto en el promedio como en el valor máximo en todas las estaciones de la red de control, lo que permite establecer incumplimiento normativo efectivo.

Respecto del parámetro Fósforo Disuelto, se observa cumplimiento en ambos límites normativos con valor cercano al límite (cumple con el 87% del límite máximo normativo). Situación similar a lo ocurrido con el análisis referencial (debido a la invalidación de los datos de las campañas verano y primavera 2015) de los datos válidos del parámetro Fósforo Total, el cual presenta registros bajo los límites máximo normativo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto con los datos existentes de forma referencial. En relación a éste análisis, es posible definir cumplimiento normativo referencial.

b) En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro Nitrógeno Total, es posible definir cumplimiento normativo referencial, respecto tanto del valor límite promedio como del valor límite máximo normativo.

Estación de vigilancia LIT Villarrica: Se observó cumplimiento para el parámetro Transparencia en ambos requerimientos normativos (con cumplimiento normativo del 117% respecto del valor promedio normativo). Respecto al parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, se

observa cumplimiento normativo, a diferencia de lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", en el cual, tanto el valor promedio del periodo total como el valor máximo, se encontraron por sobre los valores normados en todas las estaciones de la red de control, lo que permite establecer incumplimiento normativo efectivo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, se observa cumplimiento del límite promedio de los datos (con cumplimiento normativo del 84% respecto al valor promedio límite normativo), mientras que el valor máximo presentado durante el periodo primavera 2015, se presenta sobre el valor límite máximo en el periodo bienal, por lo tanto se establece incumplimiento normativo efectivo. El análisis referencial de los datos válidos para el parámetro Fósforo Total (debido a la invalidación de los datos de las campañas verano y primavera 2015), presenta valores bajo los requerimientos normativos.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos informados, es posible definir cumplimiento normativo referencial.

b) En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro Nitrógeno Total, es posible definir cumplimiento normativo referencial, respecto tanto del valor límite promedio como del valor límite máximo normativo.

Estación de vigilancia LIT Sur: Se observó cumplimiento normativo efectivo, del parámetro Transparencia (con cumplimiento normativo del 114% del límite promedio normativo). Respecto al análisis del parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, los valores promedio y máximo cumplen con los requerimientos normativos, a diferencia de lo ocurrido con el parámetro Clorofila "a", en el cual tanto el valor promedio como el valor máximo, se encontraron por sobre los valores normados en todas las estaciones de la red de control, lo que permite establecer incumplimiento normativo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, se establece excedencia en el valor límite máximo, el que fue registrado durante la campaña primavera 2015. Para el análisis referencial del parámetro Fósforo Total (debido a la invalidación de los datos de las campañas verano y primavera 2015 y considerando los datos existentes), se observan valores bajo los límites promedio y máximo requerido.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de

forma referencial. En relación al análisis de los datos informados, es posible indicar el cumplimiento referencial respecto a los límites promedio y máximo normativo.

b) En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro Nitrógeno Total, es posible definir cumplimiento normativo respecto tanto del valor límite promedio como del valor límite máximo normativo.

Estación de vigilancia LIT Poza: Se observó cumplimiento con cumplimiento normativo del 111% respecto del límite promedio normativo del parámetro Transparencia, a su vez el análisis del parámetro Saturación de Oxígeno en la columna de agua, presenta cumplimiento del límite máximo normativo, opuesto a lo que ocurre con el parámetro Clorofila "a", donde se observa excedencia en límite promedio y máximo normativo en todas las estaciones de la red de control, lo que permite establecer incumplimiento normativo.

En el caso del parámetro Fósforo Disuelto, se establece excedencia en el valor límite máximo, el que fue registrado durante la campaña primavera 2015. Para el análisis referencial del parámetro Fósforo Total (debido a la invalidación de los datos de las campañas verano y primavera 2015) y considerando los datos existentes, se presenta cumplimiento referencial normativo.

Respecto de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, se establece lo siguiente:

a) Debido a la imposibilidad de contar con los datos de las campañas primavera 2015 y primavera 2016, sólo es posible realizar evaluación del parámetro Nitrógeno Disuelto de forma referencial. En relación al análisis de los datos informados, es posible definir cumplimiento normativo referencial respecto a los límites promedio y máximo normativo.

b) En referencia al análisis de datos expuesto respecto al parámetro Nitrógeno Total, es posible definir cumplimiento normativo referencial, respecto tanto del valor límite promedio como del valor límite máximo normativo.

7. VALIDACIÓN DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El artículo 13° de la norma secundaria de calidad del lago Villarrica, indica que el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, 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 tres estaciones de monitoreo adicionales para conformar la Red de Observación temporal, una de ellas dentro de un área de vigilancia ya establecida, y dos en áreas adicionales, señalándose todas ellas en la Tabla 13.

Tabla 13. Estaciones de Observación Adicionales (Adaptado de PMCCA Lago Villarrica Res. Ex. N° 671/2016)

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.

7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación

La Red de Observación temporal, 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 ésta información es posible encontrarla en el PMCCA Lago Villarrica, Resolución N°671/2016, y se expone a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14. Estaciones y parámetros a monitorear en la Red de Observación (Fuente: PMCCA Lago Villarrica).

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
PEL	**Intervención antrópica**				
	Matriz acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Condición Natural				
	Perfil de Temperatura	°C	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Oxígeno	mg/L	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Conductividad [1]	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
	pH	unidades de pH	2	0-10-30-70-100	DGA
	Turbidez	unidades nefel	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fitoplancton [2]	cel./mL	2	0-10-30-70-100	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	Amonio	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
LIT – Pucón	**Intervención Antrópica**				
	Matriz Acuosa				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO_5	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	Matriz sedimentos				

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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
LIT – Villarrica	**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

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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				
	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

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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
TRA-Quelhue	**Condición natural**				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	unidades de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	Superficial	DGA
	Fósforo Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrógeno Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
TOL-Villarrica	**Condición natural**				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	unidades de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefel.	2	Superficial	DGA
	Fósforo Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Saturación de Oxígeno	%	2	Superficial	DGA
	Oxígeno disuelto	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrógeno Total	mg/L	2	Superficial	DGA
	Investigación				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
	Fosfato	mg/L	2	Superficial	DGA
PEL-VILL	**Condición natural**				
	Transparencia (Secchi)	m	2	Columna de agua	DGA
	Fósforo disuelto	mg/L	2	0-10-30-70-100	DGA
	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

Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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 Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, mediante Oficio Ord. DGTM Y MM, N° 12.600/05/432/MMA de 2015 **(Anexo 5)**, Oficio Ord. DGTM MM N° 12.600/05/317/MMA de 2016 **(Anexo 6)** y Oficio Ord. DGTM MM N° 12.600/05/362/MMA de 2017 **(Anexo 7)**, remite el detalle de las actividades de medición efectuadas por los mencionados servicios en el marco del monitoreo de la Red de Observación entre los años 2015 y 2016 (Tabla).

Tabla 18. Antecedentes entregados para análisis de Red de Observación.

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/MMA de fecha 31 de marzo de 2015. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	10 de abril de 2015	noviembre 2013 a marzo 2015
2	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de fecha 8 de abril de 2016. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	13 de marzo de 2016	noviembre 2013 a marzo 2016
3	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/362/SMA de fecha 7 de abril de 2017. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica.	12 de abril de 2017	Noviembre 2013 a marzo 2017

De acuerdo a estos antecedentes, fue posible constatar que respecto de la Red de Observación, durante el período comprendido entre enero 2015 y diciembre 2016, se ejecutaron los monitoreos indicados en la Tabla 15.

Tabla 15. Resumen muestreos en Red de Observación.

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	PEL-VILL	TRA-Quelhue	TOL-Villarrica
Componente Agua									
Hidrocarburos totales	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	1/2	-	-	-

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	PEL-VILL	TRA-Quelhue	TOL-Villarrica
Sílice Reactiva	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
pH	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Turbidez	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0	2/0
Nitrógeno Total	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Nitrógeno disuelto	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/0	2/1
Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Nitrito ($N\text{-}NO_2$)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Amonio ($N\text{-}NH_4$)	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/0	2/1
Conductividad eléctrica	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Temperatura	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Oxígeno disuelto	1/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Saturación de oxigeno	1/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Transparencia	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	-	-
Fósforo Total	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Fósforo disuelto	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Clorofila "a"	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/1	2/2	2/2
Fitoplancton	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Macrófitas Acuáticas	-	*	*	*	*	*	-	-	-
Diplodón Chilensis	-	*	*	-	-	-	-	-	-
Componente Sedimentos									
MOT (Materia Orgánica Total)	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
Fósforo Total	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
COT (Carbono Orgánico Total)	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
HT (Hidrocarburos Totales)	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
Metales y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-
Granulometría	-	2/1	2/2	1/1	1/1	2/2	-	-	-

X/Y: Número de campañas efectuadas en período 2015/Número de campañas efectuadas en período 2016.
(*): Información pendiente de entrega por parte del Ministerio del Medio Ambiente.
En rojo, parámetros no muestreados de acuerdo a lo establecido en Tabla N° 19.
(-): Parámetros no considerados para su medición en Tabla N° 19.

En términos generales, en lo que respecta a la calidad del agua, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 14, se observó medición de los parámetros en general, durante los dos años definidos en este análisis (2015-2016). Sin embargo, se observan situaciones específicas en las cuales no se realiza la medición en todas las estaciones, como es el caso del parámetro Turbidez durante el

periodo verano y primavera 2016 , que no pudo ser realizada debido a fallas generadas en el Sensor de turbidez del equipo muestreador (Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X).

Sumado a lo anterior se informa que la estación de observación Pelagial Villarrica, no pudo ser muestreada durante el periodo primavera 2016, debido a que las condiciones climáticas perjudicaron el procedimiento.

Respecto a parámetros biológicos (Fitoplancton, Macrófitas acuáticas y *Diplodon Chilensis*), sólo se entregó información respecto del parámetro Fitoplancton durante las campañas de verano 2015, primavera 2015 y verano 2016.

En cuanto a calidad de sedimento, sólo es considerada la realización de muestreos en las estaciones litorales (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Villarrica, LIT- La Poza y LIT-Pucón). De ellas, se establece medición en las cuatro campañas realizadas durante los años 2015-2016 sólo en LIT-Norte y LIT-Poza y en la mayoría se ellas se controlaron en cada campaña del periodo 2015-2016 (se establece como excepción de medición de todos los parámetros para esta matriz, la campaña de verano 2015 y primavera 2016 en las estaciones Litoral Villarrica y Litoral Sur). En **Anexo 9,** se presentan los datos registrados en los monitoreos de aguas y sedimentos efectivamente realizados para el período en estudio.

7.3. Metodologías de muestreo y análisis

En referencia a metodologías de muestreo, se cuenta con información tanto de DGA como de DIRECTEMAR.

La información entregada por DIRECTEMAR, detalla los equipos utilizados para muestreo en aguas como sedimentos, como también el tipo de recipiente y preservantes utilizados (Detallado en INFOTEC SEMESTRAL "Monitoreo Norma Secundaria de Calidad Lago Villarrica" febrero 2015 y en el informe INFOTEC SEMESTRAL correspondientes a octubre 2015). Mientras que DGA entrega la información mediante un Instructivo de muestreo, en el cual se detalla el procedimiento, los materiales, uso de equipos y tiempos de preservación (Detallado en Instructivos LADGA-IM-01, LADGA-IM-03, LADGA-IM-06, LADGA-IM-09 y LADGA-ITA-03)

Respecto a las metodologías de análisis utilizadas, éstas se detallan a continuación en Tabla 16.

Tabla 160. Metodología de Análisis de DGA (Adaptado a partir de Ord. DGA N°97/2015, Ord. DGA N°109/2016 y Ord. DGA N°25/2017) y de DIRECTEMAR (según Informes de Ensayo para Aguas SGS ES15-04506, ES15-04096, ES15-49645, para sedimentos Informe Técnico Semestral Monitoreo NSCA Lago Villarrica, Octubre 2016)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Matriz acuosa		
Conductividad eléctrica	Obtenido en terreno por medio de Sonda Multiparámetro HIDROLAB DS5 X.	No se especifica método utilizado

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
DBO_5	Electrodo de Membrana Incubación 5 días.	5210 B Standard Methods
Diplodon Chilensis	Protocolo MMA.	Metodología standard para el muestreo de Diplodon Chilensis en los Lagos Araucanos
DQO	Espectroscopia de absorción molecular.	5220 D- Standard Methods
Fitoplancton	Método Uthermol.	-
Hidrocarburos Totales	H. Fijos.	5520 D, F Hidrocarburos Volátiles EPA 8015, EPA 5021. Standard Methods
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	ME-17-2007 Método Colorimétrico.	4500-NO_2 B. Standard Methods
Nitrato	Método por reducción de Cadmio.	4500-NO_3 E. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH_3) [2]	Espectroscopia absorción molecular, Método Nessler.	Hach Method 8038, USEPA
pH	Electrodo específico.	Standard Methods 4500-H
Sílice	ICP.	Standard Methods Ed 21, 2005 Método 3120 B.
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		
Arsénico	I-ENVI-LAB-116.	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3114B Ed.22, 2012.
Carbono Orgánico Total (COT)	Combustión a alta temperatura.	TMECC 0,5.07.
Fósforo Total	I-ENVI-LAB-206.	Basado en 4500-P C. Standard Methods, Ed. 22, 2012.
Granulometría	Escala Wentworth 1922/ASTM E-11-70, Malla 10,18, 35, 60, 120 y 230 mesh.	-
Hidrocarburos totales	Determinación de HT por gravimetría y cromatografía.	Basado en EPA3540C, EPA8015, N.Ch. 2313/7.Of97
	I-ENVI-LAB-231.	
Materia Orgánica Total (MOT)	PPC 4500 A 550 °C Sernapesca.	
Metales (Cd, Hg, Pb y Cu)	I-ENVI-LAB-116.	Basado en EPA 3050, Standard Methods 3111B Ed.22 2012.
Nitrógeno Total Kjeldahl	Destilación electrodo específico.	4500- N Orgánico B Standard Methods

De acuerdo a lo expuesto en la Tabla 16, las metodologías utilizadas en el análisis de muestras de agua y sedimentos, se encuentran dentro de las definidas en la norma, como en el PMCCA Lago Villarrica.

8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

En el **Anexo 9**, se presentan los resultados de los monitoreos efectivamente realizados para el período 2015-2016, sin considerar los parámetros que no se monitorearon durante todo el período evaluado.

9. CONCLUSIONES

La actividad de examen de la información, 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 2015 y el 31 de diciembre de 2016, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 19, de 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.

En relación a la calidad de la columna de agua en análisis y por tanto al cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA) correspondiente, se señala lo siguiente:

Red de Control

Se establece como período de verificación correspondiente a enero de 2015 a diciembre de 2016, lo que considera dos años móviles. El primer período comprende desde enero de 2015 a diciembre de 2015, y el segundo desde enero de 2016 a diciembre de 2016. Cada período contempló dos campañas de monitoreo correspondientes a los períodos de primavera y verano de cada año, incluyendo a las seis (6) áreas de vigilancia definidas en el D.S. N° 19/2013 MMA y ratificadas por el PMCCA Lago Villarrica. Por medio de ésta información, se establece cumplimiento respecto a la realización de muestreos en todas las estaciones definidas como Red de Control y la frecuencia exigida durante el periodo bienal, considerado entre los años 2015 y 2016.

En referencia al periodo en el que se desarrollaron las campañas de muestreo, éstas se registraron en verano (enero 2015 y marzo 2016) y primavera (octubre 2015 y diciembre 2016). De acuerdo a lo que establece el PMCCA Lago Villarrica, la campaña de verano debe ser realizada entre los meses de febrero a marzo y la de primavera entre octubre y diciembre. Debido a que este requerimiento ha sido solicitado en el PMCCA Lago Villarrica generado en julio de 2016, tiempo en el cual ya fueron realizadas la mayoría de las campañas detalladas en el presente informe, no será considerada como exigencia de cumplimiento.

En cuanto a las metodología de muestreo utilizada, se constata información entregada por DGA, por medio del Instructivo de Muestreo para Aguas Superficiales (LADGA-IM-01, versión 1/2014), en el cual, se describen las acciones realizadas en el procedimiento de muestreo.

Respecto a los tiempos de preservación de las muestras previo a su análisis, y considerando lo establecido en la NCh 411/3 Of. 96 y Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (21st edition), se observa sólo en las especies nitrogenadas Nitrato y Nitrógeno Total Kjeldahl, excedencia de los tiempos de preservación, los cuales han ocurrido:

- Nitrato: campañas verano 2015, con excedencia de hasta 6 días.
- Nitrógeno Total Kjeldahl: campañas verano 2015 y primavera 2015, con excedencias de entre 2 y 5 días.

Por lo tanto, se establece incumplimiento normativo respecto a la evaluación bienal de los parámetros Nitrógeno Total y Nitrógeno Disuelto, respecto a éste ítem (considerando que las especies mencionadas son componentes del cálculo para ambos parámetros).

En relación al uso de laboratorios externos para la realización de análisis, el PMCCA Lago Villarrica en su artículo N° 19 b) establece:

a) Uso de sólo un (1) laboratorio que se encargue de hacer todos los análisis de las fracciones de un parámetro. Respecto a éste punto, se informa que las especies nitrogenadas N-Nitrito, N-Nitrato, N-Kjeldahl y N-Total, en todas las estaciones de la Red de Control, durante todas las campañas del periodo bienal fueron analizadas por un laboratorio externo (ANAM) a diferencia de lo ocurrido con la especie Amonio, de la cual se obtiene información, sólo durante las campañas de verano 2015 y verano 2016 (informado por DGA en la Minuta DCPRH N°86 **Anexo 3**). Considerando la información expuesta, se establece en la evaluación de éste punto, incumplimiento normativo.

b) Dato validado si y sólo sí la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total. Respecto a éste punto, se han invalidado los datos informados respecto a las especies nitrogenadas, debido a que las especies presentan valores mayores al parámetro total.

Respecto de los métodos de análisis, se pudo verificar que los métodos utilizados concuerdan con los propuestos por la norma o por los definidos en el PMCCA Lago Villarrica, para los parámetros de control: Transparencia, Fósforo Disuelto, Clorofila "a", Saturación de oxígeno, N-Total (N-Nitrato, N-Nitrito y N-Kjeldahl), N-Disuelto (N-Nitrato, N-Nitrito y N-Amonio).

Respecto al análisis de la información entregada en las campañas 2015-2016, se establece lo siguiente:

a) El parámetro Fósforo Total, se encuentra invalidado por la DGA por medio del Oficio Ordinario N° 7/2016, debido a inconsistencias en los datos generados durante el periodo 2015, a causa de problemas en el manejo de la muestra en el proceso de análisis de laboratorio. Debido a esto, los datos informados durante las dos campañas realizadas en el periodo 2016, serán analizados de forma referencial.

b) Respecto al parámetro Fósforo Disuelto, se establece cumplimiento efectivo de ambos límites normativos, sólo en las estaciones LIT-Norte y LIT-Pucón. En el resto de las estaciones prevalece la excedencia de límite máximo normativo y el cumplimiento del promedio normativo.

c) Nitrógeno Total[1]: Respecto a éste parámetro, es posible establecer cumplimiento normativo referencial tanto en el valor límite promedio como máximo en las estaciones LIT-Norte, LIT-Villarrica, LIT-Sur y LIT-Poza. Situación distinta a lo que ocurre con las estaciones LIT-Pucón y PEL-CE, donde se establece cumplimiento referencial, a causa de la falta de información entregada por el laboratorio contratado (concentración de Nitrito, Nitrato y N-Kjeldahl, en las campañas primavera 2015 y primavera 2016).

d) Nitrógeno Disuelto[2]: A causa de la imposibilidad de realizar la determinación del parámetro Amonio, en todas las estaciones, durante las campañas primavera 2015 y primavera 2016, no fue posible obtener la concentración de las especies consideradas en el cálculo del valor del parámetro, por tanto, se realizó análisis referencial de los datos informados durante verano 2015 y verano 2016. Respecto a ésta evaluación, se establece cumplimiento normativo referencial en relación a límites promedio y máximo normado, en todas las estaciones de la red de control.

e) El parámetro Saturación de Oxígeno se observa con cumplimiento normativo en toda la Red de Control excepto en la medición de Saturación de fondo en la estación de monitoreo PEL-CE, donde el valor mínimo establecido en la norma no se cumple a causa de la imposibilidad de su medición durante el periodo de primavera 2015, por lo cual se establece en ésa estación análisis referencial.

f) Respecto al parámetro Clorofila "a", en la evaluación que considera el análisis bienal de los límites promedio y máximo bienal (establecido en el inciso 1 del artículo N° 7 del D.S. 19/2013 MMA) que considera los cuatro (4) periodos analizados, se presenta excedencia en todas las estaciones de la red de control. Ésta situación permite establecer condición de incumplimiento normativo para éste parámetro respecto a ésta condición.

g) Para la Clorofila "a", respecto a la evaluación que considera el cumplimiento del inciso 3 del artículo N° 7 del D.S. 19/2013 MMA, respecto de los límites normativos promedio y/o máximo, generados con el fin de constatar la existencia de excedencia durante 3 años consecutivos asociado a incumplimientos de otros parámetros, se establece que durante los años 2014, 2015 y 2016, no es posible observar excedencia, debido a que ésta sólo se

---

[1] Se establece como cálculo de N_{total}: $N_{NO3} + N_{NO2} + N_{KT}$

[2] Se establece como cálculo de $N_{disuelto}$: $N_{NO3} + N_{NO2} + N_{NH4}$

presenta durante el año 2015, por lo tanto, el parámetro presenta cumplimiento normativo en relación a ésta condición.

h) Respecto del parámetro Transparencia, sólo se presentan valores sobre la norma respecto al mínimo establecido en la estación pelagial PEL-CE (Centro Lago). El resto de las estaciones presenta cumplimiento normativo efectivo, en su mayoría con alcance entre 100 y 120% del valor límite promedio.

i) Respecto al indicador Trofía deseada no ha podido ser determinado debido a que dicho indicador se obtiene de manera indirecta a partir de los datos empíricos generados para los parámetros Clorofila "a", Transparencia y nutrientes como el Fósforo Total, teniendo éste datos inválidos durante las campañas expuestas.

Red de Observación

Se constató que el monitoreo de la Red de Observación se ha realizado tanto en la componente Agua como en la componente Sedimentos en forma paralela al monitoreo de la Red de Control.

También se determinó que las metodologías utilizadas tanto por DGA como por DIRECTEMAR, en los análisis de cada uno de los parámetros, coinciden con las establecidas en la norma junto con definidas en el PMCCA Lago Villarrica.

Componente agua

Respecto a los parámetros considerados en las respectivas áreas de vigilancia de la Red de Control en el componente agua (definidos en Tabla 14), han sido medidos: Hidrocarburos Totales, Sílice Reactiva, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sílice Reactiva, pH, N-Nitrito, N-Nitrato, N-Amoniacal, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto.

En tanto que, en las tres estaciones adicionales se midieron de forma complementaria: Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto, Fósforo Total, Fósforo Disuelto y Clorofila "a" en al menos tres campañas.

Respecto al parámetro Turbidez, por problemas en el sensor de Turbiedad no se logró registrar información durante las campañas verano 2016 y primavera 2016, en todas las estaciones (tanto en Red de Control como en Red de Observación).

Anexo a estas mediciones, el laboratorio de DGA realizó muestreo y análisis del parámetro biológico Fitoplancton, durante las campañas realizadas en verano 2015, primavera 2015 y verano 2016, lo cual es expuesto en la Minuta DCPRH N° 86 de diciembre de 2016 (**Anexo 3**). No se expone información del parámetro biológico durante la campaña primavera 2016

Respecto a muestreo de Macrófitas Acuáticas y *Diplodon Chilensis*, no se cuenta con información por parte del Ministerio del Medio Ambiente para los periodos 2015 y 2016.

Componente sedimento

En sedimentos, se analizaron los parámetros Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Arsénico, Hidrocarburos Totales, Materia Orgánica, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl y Fósforo Total, en al menos una ocasión en cada período anual 2015-2016, en las estaciones LIT-Pucón, LIT-Norte, LIT-Villarrica, LIT-Sur y LIT-Poza. Para el resto de las estaciones, no se registra información concerniente a estos parámetros.

10. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Oficio ORD. DGA N° 97, de 03 de noviembre de 2015.
2	Oficio ORD. DGA N° 7, de 22 de enero de 2016.
3	Oficio ORD. DGA N° 109, de 23 de diciembre de 2016.
4	Oficio ORD. DGA N° 25, de 03 de mayo de 2017.
5	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/432/M.M.A., de 24 de marzo de 2015.
6	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/317/M.M.A., de 31 de marzo 2016.
7	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/362/M.M.A., de 8 de abril de 2017.
8	Resumen de datos Red de Control período 2015 – 2016.
9	Resumen de datos Red de Observación período 2015 – 2016.