



Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile






Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO 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-2015-6193-IX-NC-EI

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Eduardo Johnson V.	19-05-2016 X  Juan Eduardo Johnson Jefe Sección Técnica Firmado por: Juan Eduardo Johnson Vidal
Revisado	Verónica González D.	18-05-2016 X  Verónica González D. Profesional DFZ Firmado por: VERONICA ALEJANDRA GONZALEZ DELFIN
Elaborado	Elizabeth Sepúlveda E.	18-05-2016 X  Elizabeth Sepúlveda E. Fiscalizadora DFZ Firmado por: ELIZABETH HAYDEE SEPULVEDA EPPLÉ

CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	5
3. OBJETIVOS.....	6
4. ALCANCE.....	6
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	7
5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control.....	7
5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control	8
5.3. Metodologías de muestreo y análisis.....	10
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA	12
7. ANÁLISIS RED DE OBSERVACIÓN	21
8. CONCLUSIONES	27
9. ANEXOS	29

1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del agua establecida en el D.S. N°19/2013, del Ministerio del Medio Ambiente; Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica, 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”.

La actividad de fiscalización consideró la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA) y de la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), para las estaciones de control establecidas en las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica, y de la Red de Observación cuya finalidad es ampliar la información existente.

El análisis de datos se realizó con las mediciones del periodo correspondiente a noviembre de 2014 y octubre de 2015. Los datos de períodos anteriores, utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo, fueron revisados en informe de fiscalización según expediente DFZ-2014-2338-IX-NC-IA.

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

Red de Control

Se realizó el análisis del cumplimiento de las normas, en cuanto a Transparencia y Clorofila *a*. Para el parámetro Saturación de Oxígeno el análisis fue sólo referencial en gran parte del área de estudio, dada la imposibilidad de su medición en la campaña de primavera de 2014, a la vez que el parámetro Fósforo Disuelto no pudo ser evaluado en consideración que durante la mitad del período evaluado, la sensibilidad del método de análisis implementado no permitió cuantificar su cumplimiento. El resto de 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 eran inconsistentes entre sí, por lo que parte de ellos fueron invalidados por la Dirección General de Aguas (DGA).

El análisis efectivamente realizado, permitió identificar como parámetros críticos a Transparencia y Clorofila *a* en todas las áreas de vigilancia, en consideración que ambos se registraron en niveles fuera o cercanos a lo establecido en la norma.

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 los parámetros Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sílice Reactiva e Hidrocarburos Totales, en lo que a calidad de aguas se refiere, y en la componente sedimentos se incorporó el análisis de Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Nitrógeno Total Kjeldahl, Fósforo Total, Materia Orgánica, Carbono Orgánico Total e Hidrocarburos Totales para todas las áreas litorales del lago, a la vez que se sumaron tres estaciones para la evaluación de parámetros de calidad de aguas: Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y Turbidez en el área pelagial del lago, en el afluente (río Pucón) y efluente (río Toltén) de éste.

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 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 “Trofia deseada” el que se obtiene a partir de algunos de los parámetros antes mencionados.

De acuerdo al artículo 7° del D.S. N°19/2013, la evaluación de los niveles de calidad requiere la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos.

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 bianual de la norma, en el presente informe se realiza una revisión y análisis de los datos levantados durante el período noviembre de 2014 a octubre de 2015, a la vez que se incluyen los resultados del período comprendido entre noviembre de 2013 a octubre de 2014, los que fueron analizados en el Informe del expediente DFZ-2014-2338-IX-NC-IA.

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**) y ORD. N° 7, de 2016 (**Anexo 3**). Por su parte, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRECTEMAR) mediante Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/317/MMA de 2014 (**Anexo 4**) y Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/432/MMA de 2015 (**Anexo 5**), entregó antecedentes complementarios, correspondientes a la red de observación.

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.

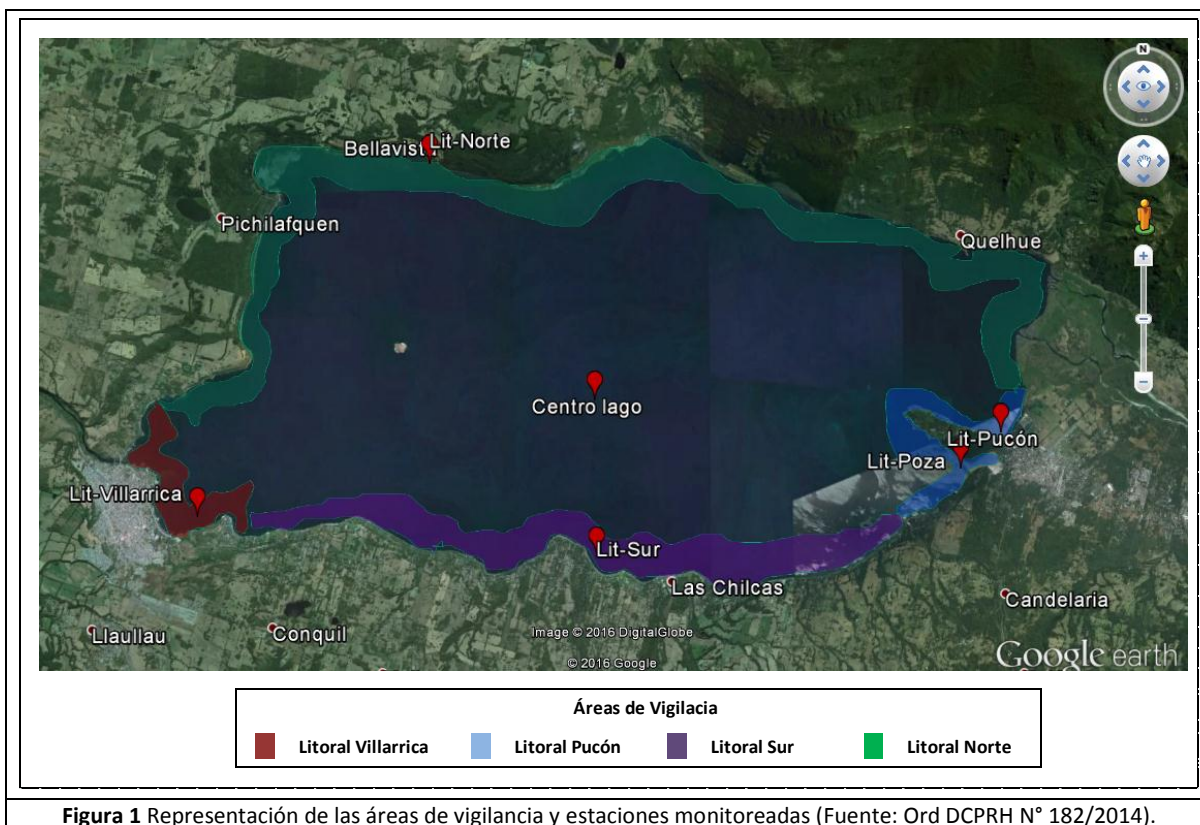
3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica, para todas las estaciones de control incluidas en el D.S. MMA N° 19, de 2013, durante el período noviembre 2013 a octubre de 2015. Para lo anterior se hace necesario previamente determinar la validez de las mediciones realizadas, en base a una revisión de los datos para el periodo de verano de 2015, en consideración que los datos correspondientes al año 2014 fueron verificados en Informe DFZ-2014-2338-IX-NC-IA.

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 verano de 2015, para determinar la factibilidad de evaluación del cumplimiento normativo para el período bianual móvil comprendido entre noviembre 2013 y octubre de 2015, en cuanto a los parámetros y las estaciones dentro de la Red de control (**Figura 1**).

Adicionalmente, se verificará el desarrollo del monitoreo de la Red de Observación ejecutada a la fecha.



5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones ejecutadas durante el período de verano de 2015, se reportó a esta Superintendencia por parte de la Dirección de Aguas mediante (DGA) Oficio Ord. DGA N° 97, de acuerdo al detalle de la **Tabla 1**, donde se especifica además el Oficio mediante el cual la DGA informó datos anteriores que fueron incorporados a este informe, pero que fueron analizados previamente, según expediente DFZ-2014-2338-IX-NC-IA.

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	Febrero 2014 a octubre 2014
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	Febrero 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	Febrero 2014 a febrero 2015

5.1. Estaciones de monitoreo Red de Control

En los Oficios Ord DCPRH N°182 del 10 de diciembre de 2014 (**Anexo 1**), Ord. N° 97 de fecha 03 de noviembre de 2015 (**Anexo 2**) y Ord. N° 7 de 22 de enero de 2016 (**Anexo 3**), 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 2013 y 2015.

En ellos, es posible constatar que durante el período en análisis (noviembre de 2013 a octubre de 2015) se han efectuado los monitoreos en las áreas de control indicados en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Campañas anuales de la Red de Vigilancia de la Norma (Fuente elaboración propia, a partir de información en Oficios Ord. N° 182/2014 y Ord. N° 97/2015).

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	2013	2014	2015
PEL	Centro lago	13-11-2013	03-02-2014 06-10-2014	27-01-2015
LIT - Pucón	Litoral Pucón	13-11-2013	03-02-2014 06-10-2014	26-01-2015
LIT - Norte	Litoral Norte	15-11-2013	04-02-2014 07-10-2014	26-01-2015
LIT - Villarrica	Litoral Villarrica	15-11-2013	04-02-2014 07-10-2014	27-01-2015
LIT - Sur	Litoral Sur	15-11-2013	03-02-2014 07-10-2014	27-01-2015
LIT - Poza	Bahía La Poza	13-11-2013	03-02-2014 06-10-2014	26-01-2015

Los documentos anteriormente señalados para el período entre primavera de 2014 (octubre) y verano de 2015 (enero), 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. 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 el D.S. N° 19/2013.

5.2. Frecuencia de monitoreo Red de Control

Al respecto, la norma no fija una frecuencia mínima para el monitoreo de la Red de Control, en su lugar, en el artículo 12° establece que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia, el cual indicará a lo menos, los parámetros que se monitorearán, las estaciones de monitoreo, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades de los organismos competentes y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear.

No obstante, a la fecha no se ha dictado dicho instrumento, encontrándose en etapa de tramitación, pero en él se indica la realización de dos monitoreos al año, distribuidos en primavera y verano, 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 consecuencia, sólo es posible señalar que durante el período evaluado (noviembre de 2013 a octubre de 2015) se han realizado cuatro monitoreos, en toda la Red de Control, correspondientes a las épocas de primavera y verano, como se aprecia en la **Tabla 2**.

En dichos monitoreos, los parámetros controlados por área de vigilancia se detallan en la **Tabla 3**, donde además se especifican las profundidades a las que se monitoreó cada estación.

Tabla 3. Parámetros y frecuencia de monitoreo en período evaluado.

Estación	Parámetro	Primavera 2013	Verano 2014	Primavera 2014	Verano 2015
PEL	Trofia deseada				
	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	0/10/30/70/100
	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
LIT - Sur	Trofia deseada				
	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

Estación	Parámetro	Primavera 2013	Verano 2014	Primavera 2014	Verano2015
	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	Trofia deseada				
	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	Trofia deseada				
	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	Trofia deseada				
	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	Trofia deseada				
	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

Según lo anterior, todas las estaciones de la Red de Control han sido monitoreadas acorde al período establecido para la evaluación de cumplimiento de la norma, en cuanto al período de dos años estipulado en la norma.

El único indicador que no ha sido determinado en ninguna de las campañas corresponde a la Trofia deseada, lo anterior se explica dado que dicho indicador se obtiene de manera indirecta a partir de los datos empíricos como clorofila a, transparencia y nutrientes como el Fósforo Total y Nitrógeno Total, por lo que la información obtenida durante las actividades de monitoreo, según lo establecido en la norma, bastarían para dar respuesta al indicador. Pese a lo anterior, en consideración a que los parámetros Nitrógeno y Fósforo Totales se consideraron como no válidos, no se analizó el cumplimiento de la Trofia deseada en el presente informe. Por su parte, el parámetro Saturación de Oxígeno no fue evaluado durante la campaña de primavera de 2014 en las estaciones Litoral Norte, Sur y Villarrica por fallas en el equipo utilizado.

5.3. Metodologías de muestreo y análisis

El Artículo 9° del D.S. N° 19, de 2013, 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 siguiente tabla (**Tabla 4**), o sus versiones actualizadas:

Tabla 4. Métodos de Muestreo (Adaptado de D.S. N°19/2013).

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 programa 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 (**Tabla 5**):

Tabla 5. Métodos Analíticos (Adaptado de D.S. N°19/2013)

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
Temperatura	Método de laboratorio y campo	2550 B. Standard Methods
Fósforo Soluble Reactivo	Método de Ácido Ascórbico	4500-P E. 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
Fósforo Total	Método de Ácido Ascórbico	4500-P E. 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 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 de Determinación de Aniones por	4110. Standard Methods

Parámetro	Metodología	Referencia
	cromatografía iónica	
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
Clorofila "a"	Método de análisis interno DGA	10200 H. Standard Methods

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 febrero de 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 antes señalado, los que se describen en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Metodología de Análisis (Adaptado del Ord. N°97, del 3 de noviembre de 2015 y antecedentes adjuntos)

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Demanda Química Orgánica (DQO)	Espectroscopía de absorción molecular	Hach method 8000, USEPA
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) ⁽¹⁾	Método Nessler	Hach Method 8038, USEPA
Nitrógeno de Nitrato + Nitrito (N-NO ₂ + NO ₃) ⁽¹⁾	Método de Salicilato Sódico	Rodier, 1981
Fósforo Disuelto	Método de Ácido Ascórbico	4500-P E. Standard Methods
Fósforo Total	Método de ácido ascórbico y digestión ácida con Persulfato	4500-P B. Standard Methods
Sílice	Método de Molibdosilicato	4500-SiO ₂ . Standard Methods
Transparencia	Disco Secchi	Método propio DGA
Clorofila "a"	Espectroscopía de absorción molecular	Método Scor, UNESCO

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

De lo anterior se identificó que de los métodos utilizados para la cuantificación de parámetros, sólo en los casos de Fósforo Disuelto, Nitrógeno Amoniacal y Transparencia se aplicó la metodología establecida en el D.S. N° 19, de 2013. Del resto de los parámetros, el método analítico para Saturación de Oxígeno no fue informado formalmente por la Dirección General de Aguas, a la vez que Clorofila "a", si bien no se informó tal como se señala en la norma, fue analizado según la metodología interna de la DGA comprometida en dicho cuerpo normativo.

Finalmente, los parámetros Fósforo Total y Nitrógeno de Nitrato + Nitrito no fueron cuantificados usando las metodologías descritas en la norma, por lo que no es factible su validación para el análisis de cumplimiento de las NSCA.

Adicionalmente, no se cuenta con información relacionada con la metodología de muestreo. Dentro de los antecedentes entregados por la DGA, no se incluye información respecto a las condiciones o el período de almacenaje y transporte de las muestras, por lo que no es posible asegurar la representatividad de las muestras analizadas para la evaluación de la norma.

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

El Artículo 5° 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, de 2013)

Parámetros	Unidad	Criterio	Área de Vigilancia					
			PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10
Trofia 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 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 Total (P)	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 Disuelto (N) *	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030
Nitrógeno Total (N)	mg N/L	Promedio anual	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,020	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030	≤ 0,030
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-amoniaco.

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 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, 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 PV 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.

De acuerdo a los Ord. DCPRH N° 182, del 10 de diciembre de 2014; DGA N° 97, del 3 de noviembre de 2015 y DGA N° 7, de 22 de enero de 2016, se presenta la verificación por estación del cumplimiento de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental del lago Villarrica (NSCA), considerando el período comprendido entre noviembre de 2013 y octubre de 2015 (2 años).

El análisis del cumplimiento de la Norma, para los parámetros Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto y Fósforo Total, no se realizó, dado que pese a que la frecuencia y las profundidades muestreadas coincidieron con lo indicado en la norma, a través del ORD. N° 7, de 2016, la Dirección General de Aguas invalidó los resultados registrados para Fósforo Total, por incongruencias identificadas por dicho organismo, a la vez que los valores cuantificados para las especies nitrogenadas, presentaron igual fenómeno, pese a que no fueron invalidados por el laboratorio. Adicionalmente, en todos los casos señalados la metodología utilizada no coincidió con la establecida en el D.S. N° 19, de 2013, por lo que igualmente, sus resultados no son válidos para el análisis de cumplimiento.

Para el análisis del resto de los parámetros, se utilizó la metodología desarrollada por la Dirección General de Aguas informada mediante Minuta DCPRH N°40, de 6 de marzo de 2014 (**Anexo 6**), con el fin de determinar el valor de concentración representativo de cada parámetro y estación de control, considerando que para cada una de las Áreas del Plan de Vigilancia de la Norma se definieron profundidades de muestreo en la columna de agua, por lo que no se cuenta con mediciones únicas por período de muestreo para cada estación.

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**), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C_{total} = \frac{V_{E1} \times C_{E1} + V_{E2} \times C_{E2} + \dots \dots \dots V_{En} \times C_{En}}{V_{total}}$$

Donde

C_{total} = concentración total de un parámetro para un Área de Vigilancia

V_{Ei} = Volumen de agua del estrato i

C_{Ei} = Concentración medida del parámetro en el estrato i

Tabla 8. Volumen aproximado de agua contenido en Área de Vigilancia Pelagial del lago y rango de profundidad.

Estrato del lago en PEL (m)		Volumen (m³)	%
0	5	7,92E+08	4,00%
5	20	2,37E+09	12,00%
20	50	4,61E+09	23,00%
50	85	4,88E+09	24,00%
85	85 a h máx	7,27E+09	36,00%
TOTAL		1,99E+10	100%

Tabla 9. Volumen aproximado de agua contenido por Área de Vigilancia y rango de profundidad.

Estrato del lago (m)		Litoral Pucón		Litoral Norte		Litoral Villarrica		Litoral Sur		Litoral La Poza	
		Volumen (m ³)	%	Volumen (m ³)	%	Volumen (m ³)	%	Volumen (m ³)	%	Volumen (m ³)	%
0	5	5,60E+06	41,00%	2,82E+07	39,00%	1,52E+07	41,00%	1,45E+07	43,00%	1,60E+06	44,00%
5	15	6,30E+06	46,00%	3,27E+07	45,00%	1,75E+07	47,00%	1,54E+07	46,00%	1,80E+06	50,00%
15	25	1,80E+06	13,00%	1,15E+07	16,00%	4,80E+06	13,00%	3,90E+06	11,00%	2,00E+05	6,00%
TOTAL		1,37E+07	100%	7,24E+07	100%	3,75E+07	100%	3,38E+07	100%	3,60E+06	100%

Dado que a la fecha sólo se cuenta con información para un período móvil de 2 años, no ha sido posible evaluar el cumplimiento indicado en el inciso tercero del Artículo 7° del D.S. N° 19/2013, ya que para ello se requiere de un período mínimo de información de 3 años.

En las **Tabla 10** a **Tabla 15** se presentan los datos medidos en el seguimiento para el período noviembre de 2013 a octubre de 2014, junto con un breve análisis efectuado para cada estación de monitoreo y parámetro.

Resultados en color rojo se observan los parámetros que se encuentran por sobre el 100% respecto del límite establecido en la NSCA.

A modo de advertencia, por encontrarse próximos a los límites máximos permisibles, resaltados en color anaranjado se identifican aquellos parámetros que se sitúan entre un 80% y 100% respecto del límite establecido en la NSCA.

En color azul se indican las campañas en que no se monitoreó el parámetro respectivo, pese a estar normado, por lo que su análisis resulta referencial.

En color amarillo se resaltan los resultados que no pudieron ser evaluados, en consideración a que en una o más oportunidades se registraron concentraciones bajo el límite de detección (LD), el cual era $\geq 80\%$ del valor límite normativo.

Tabla 10. Verificación NSCA en estación Centro Lago, Área de Vigilancia Pelagial (PEL)

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)		Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	Fósforo Disuelto (mg/L)
		Columna de agua	Fondo ⁽¹⁾		
Primavera 2013	7,5	97,2	94,0	2,0	LD \geq 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	5,5	91,0	87,8	2,1	LD \geq 80% Norma
Primavera 2014	11,5	88,6	85,1	0,6	0,003
Verano 2015	9,5	91,3	84,0	8,2	0,009
Promedio bianual	8,5	92,0	90,9 / 84,6 ⁽²⁾	3,2	LD \geq 80% Norma
Máx/Mín	5,5	88,6	-	8,2	0,009
Norma promedio	≥ 9	-	< 50	≤ 3	$\leq 0,010$
Norma Min/max	≥ 5	≥ 80	-	≤ 6	$\leq 0,015$
Comentario	<p>En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por debajo del promedio anual mínimo, en tanto que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por sobre lo establecido, cumpliendo con la normativa, pero en niveles cercanos a lo estipulado ($< 120\%$ de la norma).</p> <p>Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.</p> <p>Sobre el fondo del área pelagial, la saturación de oxígeno se registró por sobre lo establecido en la norma.</p> <p>En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por sobre el promedio anual establecido, a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.</p> <p>No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, concentración máximo fue menor al 80% de la Norma</p>				

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD).

⁽²⁾ Promedio anual entre primavera 2013 y verano 2014 / primavera 2014 y verano 2015.





	Evaluación referencial por falta de información		No se cumple 80% del límite normativo		Se supera límite normativo		LD \geq 80% Valor Norma
---	---	---	---------------------------------------	---	----------------------------	---	---------------------------

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

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	Fósforo Disuelto (mg/L)
Primavera 2013	8	108,7	2,8	LD \geq 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	4,5	104,9	5,6	LD \geq 80% Norma
Primavera 2014	9	99,8	1,6	0,003
Verano 2015	10,5	109,5	14,8	0,011
Promedio bianual	8,0	105,7	6,2	LD \geq 80% Norma
Máx/Mín	4,5	99,8	14,8	0,011
Norma promedio	≥ 7	-	≤ 5	$\leq 0,015$
Norma Min/max	≥ 4	≥ 70	≤ 10	$\leq 0,025$
Comentario	Entre 2013 y 2015 se registró un nivel promedio por sobre el promedio anual mínimo, en tanto que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por sobre lo establecido, cumpliendo con la normativa. Pese a lo anterior, en ambos casos los niveles se registraron cercanos a lo estipulado ($< 120\%$ de la norma).	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.	En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por sobre el promedio anual establecido, a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.	No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, concentración máximo fue menor al 80% de la Norma

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD)





	Evaluación referencial por falta de información		No se cumple 80% del límite normativo		Se supera límite normativo		LD \geq 80% Valor Norma
--	---	--	---------------------------------------	--	----------------------------	--	---------------------------

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

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Fósforo Disuelto (mg/L)
Primavera 2013	10	98,4	2,4	LD ≥ 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	7	108,8	2,9	LD ≥ 80% Norma
Primavera 2014	8,5		1,2	0,003
Verano 2015	10,5	111,3	14,9	0,008
Promedio bianual	9,0	106,2	5,4	LD ≥ 80% Norma
Máx/Mín	7,0	98,4	14,9	0,008
Norma promedio	≥ 7		≤ 5	≤ 0,015
Norma Min/max	≥ 4	≥ 70	≤ 10	≤ 0,025
Comentario	Entre 2013 y 2015 se registró un nivel promedio por sobre el promedio anual mínimo, a la vez que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por sobre lo establecido, cumpliendo con la normativa.	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.	En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por sobre el promedio anual establecido, a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.	No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, concentración máximo fue menor al 80% de la Norma

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD)





 Evaluación referencial por falta de información
  No se cumple 80% del límite normativo
  Se supera límite normativo
  LD ≥ 80% Valor Norma

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

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Fósforo Disuelto (mg/L)
Primavera 2013	8	103,6	2,4	LD ≥ 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	5,5	108,1	4,1	LD ≥ 80% Norma
Primavera 2014	9,5		1,1	0,003
Verano 2015	8	110,5	17,3	0,008
Promedio bianual	7,8	107,4	6,2	LD ≥ 80% Norma
Máx/Mín	5,5	103,6	17,3	0,008
Norma promedio	≥ 7	-	≤ 5	≤ 0,015
Norma Min/max	≥ 4	≥ 70	≤ 10	≤ 0,025
Comentario	Entre 2013 y 2015 se registró un nivel promedio por sobre el promedio anual mínimo, a la vez que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por debajo lo establecido, cumpliendo con la normativa. Pese a lo anterior, en el caso del promedio anual, éste se registró cercano a lo estipulado (< 120 % de la norma).	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.	En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por sobre el promedio anual establecido, a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.	No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, concentración máximo fue menor al 80% de la Norma

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD)





	Evaluación referencial por falta de información		No se cumple 80% del límite normativo		Se supera límite normativo		LD ≥ 80% Valor Norma
---	---	---	---------------------------------------	---	----------------------------	---	----------------------

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

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Fósforo Disuelto (mg/L)
Primavera 2013	8	103,2	1,3	LD ≥ 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	7	121,4	2,6	LD ≥ 80% Norma
Primavera 2014	9		1,4	0,003
Verano 2015	8	109,0	14,4	0,008
Promedio bianual	8,0	111,2	4,9	LD ≥ 80% Norma
Máx/Mín	7,0	103,2	14,4	0,008
Norma promedio	≥ 7	-	≤ 5	≤ 0,015
Norma Min/max	≥ 4	≥ 70	≤ 10	≤ 0,025
Comentario	<p>Entre 2013 y 2015 se registró un nivel promedio por sobre el promedio anual mínimo, a la vez que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por debajo lo establecido, cumpliendo con la normativa. Pese a lo anterior, en el caso del promedio anual, éste se registró cercano a lo estipulado (< 120 % de la norma).</p> <p>Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.</p> <p>En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por debajo del promedio anual establecido, pero cercano a lo éste (> 80% de la norma) a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.</p> <p>No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, concentración máximo fue menor al 80% de la Norma</p>			

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD)









	Evaluación referencial por falta de información		No se cumple 80% del límite normativo		Se supera límite normativo		LD ≥ 80% Valor Norma
---	---	---	---------------------------------------	---	----------------------------	---	----------------------

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

Período	Transparencia (m)	Saturación de Oxígeno (%)	Clorofila <i>a</i> (µg/L)	Fósforo Disuelto (mg/L)
Primavera 2013	6,5	109,5	2,2	LD ≥ 80% Norma ⁽¹⁾
Verano 2014	5	106,9	3,1	LD ≥ 80% Norma
Primavera 2014	7	99,0	2,3	0,003
Verano 2015	10,5	111,4	13,2	0,010
Promedio bianual	7,3	106,7	5,2	LD ≥ 80% Norma
Máx/Mín	5,0	99,0	13,2	0,010
Norma promedio	≥ 7	-	≤ 5	≤ 0,015
Norma Min/max	≥ 4	≥ 70	≤ 10	≤ 0,025
Comentario	Entre 2013 y 2015 se registró un nivel promedio por sobre el promedio anual mínimo, en tanto que según el Nivel mínimo de la norma, éste se presentó por debajo lo establecido, cumpliendo con la normativa. Pese a lo anterior, en el caso del promedio, éste se registró cercano a lo estipulado (< 120 % de la norma).	Los niveles de Saturación de Oxígeno en la columna de agua se presentaron por sobre el mínimo establecido durante todo el período evaluado.	En promedio, entre 2013 y 2015 se registró niveles por sobre el promedio anual establecido, a la vez que la concentración más alta de clorofila medida fue mayor al nivel normado.	No se puede evaluar cumplimiento. Límite de Detección es mayor a límite normativo según concentración promedio. De las mediciones válidas, primavera 2014 y verano 2015, Concentración máximo fue menor al 80% de la Norma.

⁽¹⁾ Con una o más mediciones bajo el límite de detección (LD)

 Evaluación referencial por falta de información
  No se cumple 80% del límite normativo
  Se supera límite normativo
  LD ≥ 80% Valor Norma

De los muestreos analizados, el parámetro Transparencia se cuantificó en concentraciones cercanas al límite normativo (bajo el 120% del valor límite) según las concentraciones promedio y/o según valor mínimo en gran parte de las estaciones controladas. En la estación pelagial se encontró bajo el valor promedio mínimo, superando de esta forma lo establecido en la norma, mientras que la estación Lit-Norte fue la única que registró niveles dentro de lo normado y sobre el 120% de la norma.

Por otra parte, el parámetro Fósforo Disuelto no pudo ser evaluado en su nivel promedio, en consideración que el método utilizado para el análisis de los muestreos de primavera de 2013 y verano de 2014, presentaba un límite de detección de 0,012 mg/L, valor superior al 80% del nivel establecido en la norma, lo que no permite el análisis del cumplimiento de ésta.

Por su parte, la Clorofila a se encontró en concentraciones mayores a lo normado, tanto según promedio como concentración máxima, en todas las estaciones, salvo en la estación Lit-Sur, donde, según el promedio, se encontró bajo el nivel normado, pero cercano a éste (> 80% del valor estipulado en la norma).

Finalmente, el parámetro Saturación de Oxígeno, fue evaluado sólo referencialmente en las estaciones de las áreas de vigilancia LIT - Norte, LIT - Villarrica y LIT – Sur, dado que no pudo ser controlado durante la campaña de primavera de 2014 por problemas con el equipo. Pese a lo anterior, las mediciones realizadas permitieron determinar que el parámetro en cuestión se registró dentro de las concentraciones normadas.

7. ANÁLISIS 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.

De acuerdo a lo anterior, a la fecha y de manera paralela al control de la Red de Control, se han monitoreado estaciones complementarias a ésta, en lo que respecta a una red de observación temporal del lago.

Dicha red, está compuesta por tres estaciones complementarias que se detallan en la Tabla 16, una de ellas dentro de las áreas de vigilancia definidas en la norma, y dos en áreas adicionales.

Tabla 16. Estaciones de Observación (Adaptado de Res. Ex. N° 3307/2012)

Nombre áreas Vigilancia	Identificación estación de Monitoreo
PEL	Villarrica Pelagial
Río Pucón ⁽¹⁾	Río Pucón en pasarela Queule
Río Toltén ⁽²⁾	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.

De acuerdo a los Oficios remitidos por la Dirección General de Aguas: Ord. DCPRH N° 182 de 2014, y Ord. N° 97/2015 y por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante: ORD. 12.600/05/317/MMA, de 2014 y ORD. 12.600/05/432/MMA, de 2015 (**Tabla 17**), fue posible constatar que respecto de la Red de Observación, durante el período comprendido entre noviembre de 2013 y octubre de 2015, se ejecutaron los monitoreos indicados en la **Tabla 18**.

Tabla 17. 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

Tabla 18. Resumen muestreos en Red de Observación.

Parámetros	Frecuencia								
	PEL (Centro lago)	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	Villarrica pelagial	Río Pucón	Río Toltén
Componente Agua									
Temperatura	2/2	2/2	2/2	2/2	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	2/2
Conductividad Eléctrica	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Turbiedad	2/2	2/2	2/2	2/2	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	2/2	2/0	2/0	2/0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/0	0/0	0/0
Hidrocarburos Totales	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/0	0/0	0/0
Sílice Reactiva	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/0	0/0	0/0
Componente Sedimentos									
pH	-	1/2	1/1	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Potencial Redox	-	1/2	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-

Parámetros	Frecuencia								
	PEL (Centro lago)	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-Poza	Villarrica pelagial	Río Pucón	Río Toltén
Cadmio	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Cobre	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Plomo	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Arsénico	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Mercurio	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Hidrocarburos Totales	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Materia Orgánica Total	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Carbono Orgánico Total	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Fósforo Total	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-
Granulometría	-	1/2	1/2	1/1	1/1	1/2	-	-	-

X/Y: Número de campañas efectuadas en período 2013-2014/ Número de campañas efectuadas en período 2014-2015.

La Red de Observación temporal, incorpora además la medición de parámetros en todas las estaciones, tanto en calidad de aguas, como en sedimentos, según se detalla en **Tabla 19**.

Tabla 19. Estaciones y parámetros a monitorear en la Red de Observación (elaborado a partir de análisis entregados por DGA y DIRECTEMAR).

Área de Vigilancia	Estación	Parámetro	Frecuencia Anual	Responsable
PEL	Centro lago (Componente agua)	Temperatura ⁽¹⁾	2	DIRECTEMAR
		Perfil de Temperatura	2	DGA
		Perfil de Oxígeno	2	DGA
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad ⁽¹⁾	2	DIRECTEMAR
		Perfil de Conductividad	2	DGA
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
		Fitoplancton ⁽²⁾	2	DGA
LIT - Pucón	Litoral - Pucón	Temperatura	2	DGA/DIRECTEMAR
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad Eléctrica	2	DGA/DIRECTEMAR
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
	Litoral - Pucón (Componente Sedimentos)	pH	2	DIRECTEMAR
		Potencial Redox	2	DIRECTEMAR
		Metales ⁽³⁾	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR

Área de Vigilancia	Estación	Parámetro	Frecuencia Anual	Responsable
		Materia Orgánica Total	2	DIRECTEMAR
		Carbono Orgánico Total	2	DIRECTEMAR
		Nitrógeno Total Kjeldahl	2	DIRECTEMAR
		Fósforo Total	2	DIRECTEMAR
		Granulometría	2	DIRECTEMAR
LIT - Norte	Litoral - Norte	Temperatura	2	DGA/DIRECTEMAR
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad Eléctrica	2	DGA/DIRECTEMAR
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
	Litoral - Norte (Componente Sedimentos)	pH	2	DIRECTEMAR
		Potencial Redox	2	DIRECTEMAR
		Metales ⁽³⁾	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Materia Orgánica Total	2	DIRECTEMAR
		Carbono Orgánico Total	2	DIRECTEMAR
		Nitrógeno Total Kjeldahl	2	DIRECTEMAR
		Fósforo Total	2	DIRECTEMAR
		Granulometría	2	DIRECTEMAR
LIT - Villarrica	Litoral - Villarrica	Temperatura	2	DGA/DIRECTEMAR
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad Eléctrica	2	DGA/DIRECTEMAR
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
	Litoral - Villarrica (Componente Sedimentos)	pH	2	DIRECTEMAR
		Potencial Redox	2	DIRECTEMAR
		Metales ⁽³⁾	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Materia Orgánica Total	2	DIRECTEMAR
		Carbono Orgánico Total	2	DIRECTEMAR
		Nitrógeno Total Kjeldahl	2	DIRECTEMAR
		Fósforo Total	2	DIRECTEMAR
		Granulometría	2	DIRECTEMAR
LIT - Sur	Litoral - Sur	Temperatura	2	DGA/DIRECTEMAR
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad Eléctrica	2	DGA/DIRECTEMAR
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
	Litoral - Sur (Componente Sedimentos)	pH	2	DIRECTEMAR
		Potencial Redox	2	DIRECTEMAR
		Metales ⁽³⁾	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Materia Orgánica Total	2	DIRECTEMAR

Área de Vigilancia	Estación	Parámetro	Frecuencia Anual	Responsable
		Carbono Orgánico Total	2	DIRECTEMAR
		Nitrógeno Total Kjeldahl	2	DIRECTEMAR
		Fósforo Total	2	DIRECTEMAR
		Granulometría	2	DIRECTEMAR
	Bahía La Poza	Temperatura	2	DGA/DIRECTEMAR
		pH	2	DGA/DIRECTEMAR
		Conductividad Eléctrica	2	DGA/DIRECTEMAR
		Turbiedad	2	DGA/DIRECTEMAR
		DQO	2	DGA/DIRECTEMAR
		DBO ₅	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Sílice Reactiva	2	DIRECTEMAR
	Bahía La Poza (Componente Sedimentos)	pH	2	DIRECTEMAR
		Potencial Redox	2	DIRECTEMAR
		Metales ⁽³⁾	2	DIRECTEMAR
		Hidrocarburos Totales	2	DIRECTEMAR
		Materia Orgánica Total	2	DIRECTEMAR
		Carbono Orgánico Total	2	DIRECTEMAR
		Nitrógeno Total Kjeldahl	2	DIRECTEMAR
		Fósforo Total	2	DIRECTEMAR
		Granulometría	2	DIRECTEMAR
		Temperatura	2	DGA
PEL	Villarrica Pelagial	pH	2	DGA
		Conductividad Eléctrica	2	DGA
		Turbiedad	2	DGA
		DQO	2	DGA
		Temperatura	2	DGA
Afluente lago	Río Pucón en pasarela Queule	pH	2	DGA
		Conductividad Eléctrica	2	DGA
		Turbiedad	2	DGA
		DQO	2	DGA
		Temperatura	2	DGA
Efluente lago	Río Toltén en Villarrica	pH	2	DGA
		Conductividad Eléctrica	2	DGA
		Turbiedad	2	DGA
		DQO	2	DGA
		Temperatura	2	DGA

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

⁽²⁾ Respecto a Riqueza y Abundancia.

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

En términos generales, en lo que respecta a calidad de agua, se identificó que de los parámetros complementarios a la Red de Control, la mayoría han sido monitoreados en la misma frecuencia que los correspondientes a la Red de Control, es decir 2 veces por año. Sólo los parámetros DQO, DBO₅, Hidrocarburos Totales y Sílice no fueron medidos en las estaciones adicionales durante los monitoreos de primavera 2014 y verano 2015, en contraste con las estaciones de vigilancia, donde sí se controló en paralelo con el resto de los parámetros.

En cuanto a calidad de sedimento, sólo se considera el muestreo en las estaciones litorales, y todas ellas se han controlado al menos una vez por período anual tal como se aprecia en **Tabla 18**. Durante el período 2014-2015 se monitoreó dos veces las áreas de vigilancia LIT-Norte, LIT-Poza y LIT-Pucón.

Durante el período 2013-2014 no se efectuó el monitoreo de sedimentos para primavera de 2013 en ninguna de las estaciones por razones de mal tiempo.

Es necesario señalar que actualmente no existe un programa que formalice la frecuencia y áreas a monitorear en la Red de Observación, por lo que no es posible evaluar su grado de implementación.

En el **Anexo 7** se presentan los datos registrados en los monitoreos efectivamente realizados para el período en estudio.

8. CONCLUSIONES

La actividad de examen de la información realizada, consideró las campañas de monitoreo realizadas por la Dirección General de Aguas durante el período noviembre de 2013 y octubre de 2015 para la Red de Control, 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 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 en calidad de aguas y sedimentos .

En relación a la calidad de las aguas muestreadas y por tanto al cumplimiento de la Norma Secundaria de calidad Ambiental (NSCA) en análisis, es posible señalar que:

Para la Red de Control

El período de verificación contemplado correspondió a noviembre de 2013 a octubre de 2015, lo que incluye dos años móviles. El primer período considerado fue desde noviembre de 2013 a octubre de 2014, y el segundo desde noviembre de 2014 a octubre de 2015. Cada período contempló dos campañas de monitoreo correspondientes a los períodos de primavera y verano de cada año.

Las áreas monitoreadas, correspondieron a aquellas áreas de vigilancia definidas en el D.S. MMA N° 19/2013.

En cuanto a la metodología de muestreo, se desconoce su validez por cuanto no es informada en los antecedentes remitidos. Respecto de los métodos de análisis, se pudo verificar que los métodos usados se condicen con los propuestos en la norma para parte de los parámetros de control (Transparencia, Fósforo Disuelto, Clorofila *a* y Nitrógeno Amoniacal), en tanto que para los restantes parámetros, la metodología utilizada no correspondió a la definida en la norma.

Respecto a la frecuencia del monitoreo, en cada período considerado (2013-2014 y 2014-2015) se realizaron dos muestreos, uno en primavera y otro en verano.

De acuerdo a lo anterior, el análisis de cumplimiento de la norma se realizó para los parámetros Transparencia, Clorofila *a* y Fósforo Disuelto, identificándose condiciones de excedencia para el parámetro Clorofila *a* en todas las estaciones, ya sea por promedios anuales, o por niveles mínimos por el período de dos años evaluado; y para el parámetro Transparencia sólo en la estación pelagial, en base al nivel mínimo y la concentración promedio, respectivamente.

En el caso de Saturación de Oxígeno, su análisis se realizó únicamente de forma referencial en las estaciones Lit-Norte, Lit-Villarrica, Lit-Sur y Lit-Poza, dada la imposibilidad de realizar el muestreo en primavera de 2014, pese a lo anterior, en todos los casos se identificó dentro de lo permitido en la norma, a la vez que el parámetro Fósforo Disuelto no pudo ser evaluado al registrarse bajo el límite de detección durante las campañas de primavera de 2013 y verano de 2014 en toda el área de estudio, siendo dicho valor, mayor al 80% del límite normativo.

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.

En dichos controles, para calidad de aguas, se han medido los parámetros Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sílice Reactiva e Hidrocarburos Totales en todas las campañas (primavera 2013, verano y primavera 2014; y verano 2015) y en todas las áreas de vigilancia, en tanto que en las tres estaciones adicionales, se han medido Temperatura, pH, Conductividad Eléctrica y Turbiedad, en todas las campañas.

Por su parte, en el componente Sedimentos, se han analizado 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 de cada período anual 2013-2014 y 2014-2015.

9. ANEXOS

N° Anexo	Nombre 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 DGTM y MM Ord N°12.600/05/317/M.M.A., de 24 de marzo de 2014
5	Oficio DGTM y MM Ord N°12.600/05/432/M.M.A., de 31 de marzo 2015
6	Minuta DCPRH S/N , de 06 de marzo de 2014
7	Resumen de datos de Área de Observación período noviembre 2013 a octubre 2015