



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

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

**NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS  
CONTINENTALES SUPERFICIALES DEL LAGO VILLARRICA**

Sección de Recursos Hídricos  
División de Fiscalización

**DFZ- 2025-1032-IX-NC**

**Diciembre 2025**

	Nombre	Firma
Aprobado	Verónica González D.	
Elaborado	Elizabeth Sepúlveda E.	



## CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO .....	3
2.	INTRODUCCIÓN .....	5
3.	OBJETIVO .....	7
4.	ALCANCE .....	7
5.	VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL .....	8
5.1.	Criterios para la validación de los datos.....	8
5.2.	Estaciones de monitoreo Red de Control.....	9
5.3.	Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control .....	11
5.4.	Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control .....	12
5.5.	Metodologías de muestreo y análisis.....	15
6.	RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....	20
6.1.	Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo.....	20
6.2.	Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo .....	22
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.....	31
7.3.	Metodologías de muestreo y análisis.....	36
8.	RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN .....	38
9.	ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS .....	38
10.	CONCLUSIONES .....	41
11.	ANEXOS .....	43



## 1. RESUMEN EJECUTIVO

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

Se evaluó el cumplimiento de las normas de calidad para todas las áreas de vigilancia establecidas en las normas y para todas las estaciones incluidas en el programa de medición y control de calidad del lago actualmente vigente, durante el período enero de 2023 a diciembre de 2024, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas respecto de las campañas de medición realizadas para la Red de Control, y se verificó también los datos correspondientes a la Red de Observación levantados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y por la Dirección General de Aguas (DGA).

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

### Red de Control

Se realizó el análisis de la validez de los datos obtenidos y la evaluación del cumplimiento normativo para todos los parámetros normados, es decir, para Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, esto con el fin de establecer si cumplen con los requerimientos definidos, tanto en el D.S. 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, como en el respectivo Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Lago Villarrica.

A partir de la evaluación realizada, fue posible establecer **el incumplimiento de las NSCA Lago Villarrica en el periodo bienal 2023-2024** por: **Transparencia** en el área de vigilancia PEL-CE y **Fósforo Total** en las estaciones PEL-CE y LIT-La Poza.

Se realizó evaluación referencial del parámetro Nitrógeno Disuelto en todas las estaciones de la Red de Control debido a la invalidación de datos por la ausencia del parámetro Nitrógeno amoniacal, necesario para su determinación en la mayoría de las campañas del periodo evaluado, sin determinarse excedencias.

### Red de Observación

Se constató la realización de monitoreos de todos los parámetros considerados en el respectivo Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Lago Villarrica en más de una



oportunidad durante el periodo bienal 2023-2024, en las nueve estaciones definidas dentro de la Red de Observación. Los parámetros medidos son: Hidrocarburos Fijos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Oxígeno Disuelto, en la columna de agua.

En la componente sedimentos se constató reporte en al menos una oportunidad anual durante el periodo bienal 2023-2024, en las cinco estaciones litorales de la Red de Control (LIT-Norte, LIT-Sur, LIT-Pucón, LIT-La Poza y LIT-Villarrica), respecto de los parámetros Granulometría, Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Hidrocarburos Fijos, Materia Orgánica Total, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total Kjeldahl, Fósforo Total, pH, Potencial Redox y Temperatura.



## 2. INTRODUCCIÓN

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica (en adelante, NSCA Lago Villarrica), formalizada mediante el D.S. N° 19/2013<sup>1</sup>, del Ministerio del Medio Ambiente, consiste en un instrumento de gestión ambiental para diagnosticar la calidad de los cuerpos de agua superficial que componen la cuenca del lago Villarrica en forma sistemática y permanente. Su objetivo es mantener la calidad de las aguas del lago Villarrica y prevenir la eutrofización antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición trófica.

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

Por su parte, la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante Resolución Exenta N° 671, de 21 de julio de 2016, estableció el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del agua para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica (en adelante, PMCCA Lago Villarrica), elaborado de acuerdo a lo establecido en el artículo 12° de la NSCA Lago Villarrica, del Ministerio del Medio Ambiente. En este documento se definen las estaciones de monitoreo que conforman la Red de Control que son utilizadas para verificar la calidad de las aguas en cada una de las áreas de vigilancia establecidas en las normas, además de incorporar áreas, estaciones y parámetros adicionales como parte de una Red de Observación que permita recabar información integral relativa a la situación ambiental de los cursos de agua normados, y generar información para las revisiones futuras de las normas para su perfeccionamiento.

De acuerdo al artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica, la evaluación de los niveles de calidad requiere la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos.

Cabe mencionar que el análisis de los datos 2023 ha sido adoptado desde el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2024-2918-IX-NC**, por tanto, el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2024, conformando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2023 y el 31 diciembre de 2024. De esta forma, el presente informe da cuenta de seis (6) actividades de fiscalización<sup>2</sup>.

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

---

<sup>1</sup> Disponible en el siguiente enlace: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1055224>

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



**Tabla 1. Antecedentes remitidos por DGA y DIRECTEMAR.**

N° Anexo	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	Oficio Ord. DGA N° 16, del 28 de marzo de 2023. Envía antecedentes para la evaluación de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del lago Villarrica. Se adjunta minuta técnica DCPRH N° 9/2024 ( <b>Anexo 1</b> ).	28 de marzo de 2023	Enero a diciembre de 2023
2	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/487/S.M.A. del 10 de abril de 2024. Remite de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental del Lago Villarrica ( <b>Anexo 2</b> ).	10 de abril de 2024	Enero a diciembre de 2023
3	Oficio ORD. SMA N° 2.941, de 19 de diciembre de 2024. Solicita antecedentes complementarios que indica, respecto a los datos reportados mediante ANT. ( <b>Anexo 3</b> )	19 de diciembre de 2024	-
4	Oficio Ord. DGA N° 8, del 14 de enero de 2025. Responde al OF. ORD. SMA N°2941/2024 ( <b>Anexo 4</b> ).	10 de febrero de 2025	Enero de 2022 a diciembre de 2023
5	Oficio Ord. DGA N° 13, del 20 de marzo de 2025. Envía Reporte de Calidad de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del lago Villarrica. Se adjunta minuta técnica DCPRH N° 13/2025 ( <b>Anexo 5</b> ).	20 de marzo de 2025	Enero a diciembre de 2024
6	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/400/S.M.A. del 21 de marzo de 2025. Remite de resultados de monitoreos de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los Lagos Llanquihue y Villarrica correspondientes a las campañas 2024 ( <b>Anexo 6</b> ).	21 de marzo de 2025	Enero a diciembre de 2024
7	Oficio ORD. SMA N° 2.651, de 03 de diciembre de 2025. Solicita antecedentes complementarios que indica, respecto a los datos reportados mediante ANT. ( <b>Anexo 7</b> )	04 de diciembre de 2025	-
8	Correos DGA en respuesta a solicitudes según Oficio ORD. SMA N° 2.651/2025	-	Enero a diciembre de 2024

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permite al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo a lo



establecido en la DS N° 39, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente<sup>3</sup>, que aprueba Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y Descontaminación.

Adicionalmente, se informa que el Ministerio del Medio Ambiente, a través del Decreto N° 43, promulgado con fecha 19 de octubre de 2017, declaró zona saturada por Clorofila “a”, Transparencia y Fósforo Disuelto a la cuenca del Lago Villarrica<sup>4</sup>, cuyo Plan de descontaminación se encuentra actualmente en elaboración.

### 3. OBJETIVO

Se establece como objetivo general el evaluar el cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica y del PMCCA Lago Villarrica, para el período bienal calendario 2023-2024, para todas las estaciones de la Red de Control definidas en dichos instrumentos, además de mostrar un análisis histórico con respecto a la evolución de la calidad de las aguas durante el periodo controlado en que se cuenta con información (2014-2024).

### 4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada a través de las seis estaciones de la Red de Control, del período bienal calendario 2023-2024, lo cual es realizado a partir de las condiciones establecidas en la NSCA Lago Villarrica, en el PMCCA Lago Villarrica, y en las demás referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente aplicables al caso. En base a lo antes mencionado, se establecen dos etapas dentro de este proceso:

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

Finalmente, y junto a lo anterior, se realiza descripción de las condiciones de ejecución del monitoreo de la Red de Observación, en las nueve estaciones que conforman la red, y la validez de los datos entregados.

---

<sup>3</sup> Disponible en el siguiente enlace: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1053037>

<sup>4</sup> Disponible en el siguiente enlace: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1121466>



## 5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

### 5.1. Criterios para la validación de los datos

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

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

Para validar la estacionalidad, se entenderá que las estaciones del año coinciden con el trimestre calendario, esto es: verano es el período comprendido por los meses de enero, febrero y marzo; otoño es el período comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el período comprendido por los meses de julio, agosto y septiembre; y primavera es el período comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

- b) Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de medición, muestreo y ensayo correspondientes.
- c) Un resultado se considerará válido si los tiempos de preservación de las muestras concuerdan con lo establecido en las referencias técnicas sobre la materia (NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater).
- d) Validación de resultados de parámetros cuando su cuantificación es menor al límite de detección (LD), en base a lo siguiente:
  - i) Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará no válido.
  - ii) Si LD < al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido y que el resultado a considerar es igual al LD.
- e) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, tales como Nitrógeno disuelto y Nitrógeno Total, los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - i) Los análisis del parámetro total y de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
  - ii) La suma de las fracciones debe ser menor o igual al valor del resultado del parámetro total.
- f) 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.



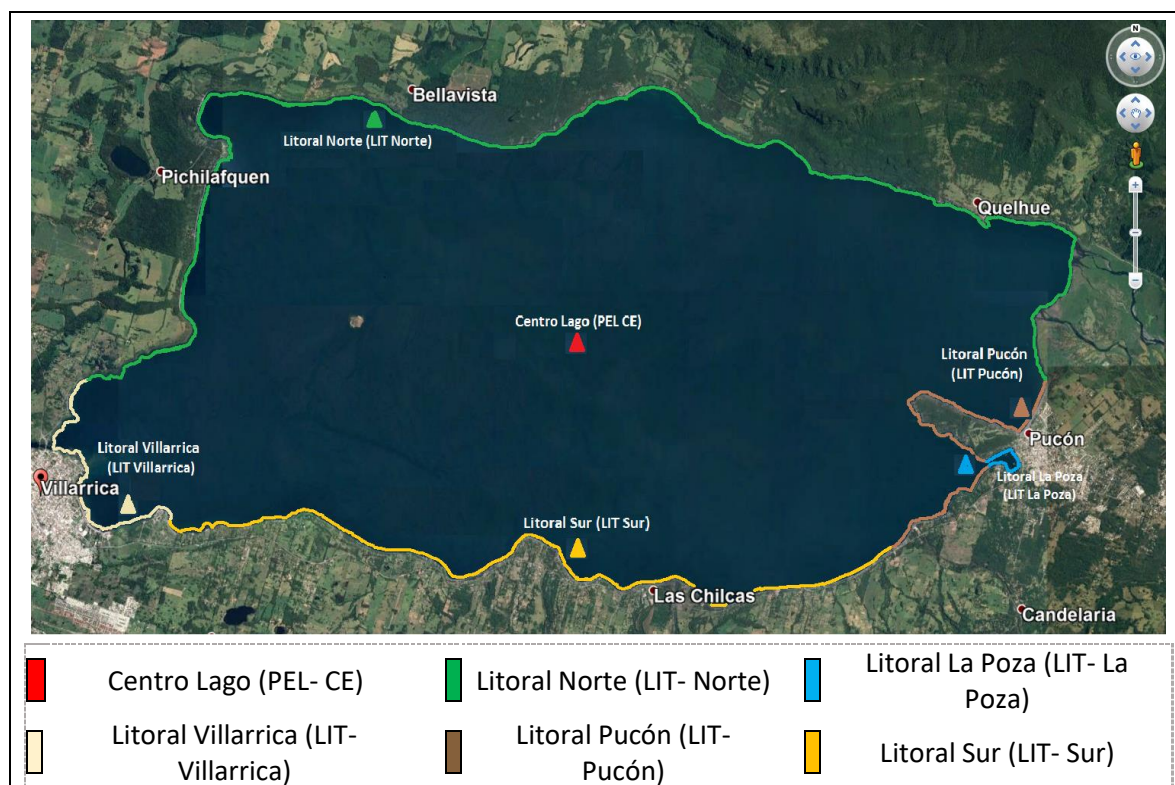


En el **Anexo 9** se sistematiza y detalla la información recibida mediante los oficios expuestos en la **Tabla 1**, correspondiente a la información generada para dar cuenta del monitoreo de la Red de Control durante el período enero de 2023 a diciembre de 2024.

Los resultados obtenidos en el análisis por cada criterio de validación analizado, durante el periodo bienal 2023-2024, se expone a continuación.

## 5.2. Estaciones de monitoreo Red de Control

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



**Figura 1. Representación de la Red de Control del Lago Villarrica (Fuente: elaboración propia SMA).**

Así mismo, en la **Tabla 2**, se describen los límites geográficos de cada área de vigilancia y las coordenadas de las estaciones de monitoreo que componen la Red de Control.



**Tabla 2. Áreas de vigilancia y estaciones de la red de control del lago Villarrica (Adaptado del D.S. N°19/2013 y PMCCA Lago Villarrica).**

Área de vigilancia	Límite área de vigilancia	Descripción de la estación de monitoreo	Ubicación de la estación de monitoreo Coordenadas UTM WGS 84	
			E (m)	N (m)
PEL	Siguiendo el veril de 25 metros hacia el centro 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.	PEL-CE. Sector Pelagial del lago	750.473	5.650.192
LIT-Pucón	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Pucón. Desde: Estero zanjón seco. Hasta: Término de la playa grande de Pucón Litoral	760.636	5.648.855
LIT-Norte	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Norte. Desde: Término de la playa grande de Pucón Hasta: Frente al km 1,6 de la ruta S-69	746.795	5.656.005
LIT-Villarrica	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Villarrica. Desde: Frente al km 1,6 de la ruta S-69 Hasta: Limite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica	740.885	5.647.562
LIT-Sur	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Sur. Desde: Límite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica. Hasta: Estero Zanjón seco	750.494	5.646.215
LIT-Poza	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago comprendiendo sólo el sector de la bahía La Poza.	LIT-Poza. Sector bahía La Poza	759.575	5.647.905



En cada una de las estaciones mencionadas, fueron desarrolladas actividades de muestreo ejecutadas durante el período bienal calendario 2023-2024, las cuales fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la Dirección General de Aguas (DGA), a través de los oficios indicados en la **Tabla 1**.

Por medio de los mismos, se logró obtener la identificación y verificación de las coordenadas de ubicación de los puntos de control utilizados para el monitoreo de parámetros de la Red de Control, de acuerdo con las áreas de vigilancia establecidas en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica (**Tabla 2**).

### 5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control

El artículo decimocuarto del PMCCA Lago Villarrica considera dos campañas de monitoreo al año, una en primavera y otra en verano para cada estación de monitoreo de la Red de Control. 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.

En los oficios descritos en la **Tabla 1** se detallan las actividades de medición y muestreo efectuadas por la Dirección General de Aguas (DGA) durante el periodo bienal en evaluación. A través de estos antecedentes es posible establecer la cantidad de muestreos realizados en cada una de las estaciones de la Red de Control, lo cual es expuesto en la **Tabla 3**.

**Tabla 3. Fecha de realización de campañas de medición de la Red de Control de la NSCA lago Villarrica (Fuente elaboración propia).**

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Campañas 2023	Campañas 2024
PEL - CE	Centro lago	25-01-2023 01-03-2023 02-10-2023 24-10-2023	30-01-2024 06-03-2024 23-10-2024 26-11-2024
LIT - Pucón	Litoral Pucón	25-01-2023 01-03-2023 02-10-2023 25-10-2023	29-01-2024 06-03-2024 22-10-2024 26-11-2024
LIT - Norte	Litoral Norte	25-01-2023 28-02-2023 03-10-2023 24-10-2023	30-01-2024 05-03-2024 23-10-2024 27-11-2024
LIT - Villarrica	Litoral Villarrica	26-01-2023 28-02-2023 03-10-2023 24-10-2023	30-01-2024 05-03-2024 23-10-2024 27-11-2024
LIT - Sur	Litoral Sur	26-01-2023 28-02-2023 04-10-2023 24-10-2023	29-01-2024 05-03-2024 22-10-2024 27-11-2024
LIT - La Poza	Bahía La Poza	25-01-2023	31-01-2024



Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Campañas 2023	Campañas 2024
		01-03-2023 04-10-2023 25-10-2023	06-03-2024 22-10-2024 26-11-2024

A través de la información expuesta, es posible identificar la realización de ocho (8) monitoreos durante el periodo bienal calendario 2023-2024 en cada una de las seis (6) estaciones de la Red de Control, distribuidos en cuatro (4) monitoreos durante el año 2023 y cuatro (4) monitoreos durante el año 2024. Junto a lo anterior, se valida que la ejecución de las campañas de monitoreo fue desarrollada de acuerdo a lo establecido en el artículo decimocuarto del PMCCA Lago Villarrica.

#### 5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control

Sumado a la estacionalidad, es preciso tener en vista que la NSCA Lago Villarrica establece la realización de, al menos, un (1) monitoreo al año en cada estación de control, mientras que el PMCCA Lago Villarrica establece la realización de dos monitoreos al año, distribuidos estacionalmente en verano y primavera. Esto último, se debe a que el lago presenta dificultades para su navegación durante el periodo estacional de invierno, sumado a la existencia de una mayor circulación de agua, con mínimas variaciones en la temperatura de la columna de agua entre la superficie y el fondo. En tanto, que durante los periodos de primavera y verano se desarrolla una estratificación térmica, sumada a la proliferación de algas importante de vigilar. En el mismo documento se establece, además, las diferentes profundidades para mediciones en la columna de agua, que corresponden a superficie, 10m y 20m en las estaciones litorales; y superficie, 10m, 30m, 70m y fondo en la estación pelagial.

Se expone a continuación en la **Tabla 4** el detalle de los resultados asociados a la frecuencia de monitoreo de cada uno de los parámetros en estudio, con sus respectivas profundidades (medidas en metros).

De la información expuesta, fue posible establecer que los parámetros que contaron con información en todas las estaciones de la Red de Control, en cada una de las profundidades consideradas, en al menos una de las dos (2) campañas estacionales realizadas durante el periodo bienal calendario 2023-2024 fueron: Transparencia, Saturación de Oxígeno, Clorofila “a”, Fósforo Disuelto, Fósforo Total y Nitrógeno Total.

Respecto del parámetro Nitrógeno Disuelto, no fue posible realizar el cálculo debido a la inexistencia de datos de una o más de las especies que lo componen en todas las estaciones de la red de control, durante las campañas de 2023 y parte de las de 2024.



**Tabla 4. Frecuencia y profundidad de medición por parámetro en el período evaluado. (Fuente elaboración propia)**

Estación	Parámetro	Verano 1 (Enero) 2023	Verano 2 (Febrero/marzo) 2023	Primavera 1 (Octubre) 2023	Primavera 2 (Octubre) 2023	Verano 1 (Enero) 2024	Verano 2 (Marzo) 2024	Primavera 1 (Octubre) 2024	Primavera 2 (Noviembre) 2024
PEL - CE	Transparencia	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	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	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	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	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	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
	Nitrógeno Total	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100	0/10/30/70/100
LIT - Sur	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - Norte	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT- Villarrica	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
LIT - La Poza	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	(**)
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	(**)



Estación	Parámetro	Verano 1 (Enero) 2023	Verano 2 (Febrero/marzo) 2023	Primavera 1 (Octubre) 2023	Primavera 2 (Octubre) 2023	Verano 1 (Enero) 2024	Verano 2 (Marzo) 2024	Primavera 1 (Octubre) 2024	Primavera 2 (Noviembre) 2024
LIT - Pucón	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Transparencia	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Saturación de Oxígeno	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Clorofila "a"	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20
	Fósforo Disuelto	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	(**)
	Fósforo Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	(**)
	Nitrógeno Disuelto (*)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	(***)	0/10/20	0/10/20
	Nitrógeno Total	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20	0/10/20

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

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

(\*\*) Los parámetros **Fósforo total** y **Fósforo disuelto** no fueron analizados por temperatura fuera de rango válido para su preservación como muestra.

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



## 5.5. Metodologías de muestreo y análisis

En el artículo 9° de la NSCA Lago Villarrica, así como también en el PMCCA Lago Villarrica, se indican los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras requeridas para la verificación del cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, lo cual se presenta a continuación, en la **Tabla 5**:

**Tabla 5. Métodos de Muestreo (Adaptado de la NSCA Lago Villarrica y PMCCA Lago Villarrica) <sup>5</sup>**

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

En referencia a los métodos analíticos utilizados para la verificación del cumplimiento de la NSCA Lago Villarrica, se establece el uso de los que se encuentran definidos tanto en el artículo 10° de la NSCA Lago Villarrica como en el artículo único transitorio del PMCCA Lago Villarrica. Las metodologías se exponen a continuación en la **Tabla 6**:

**Tabla 6. Métodos Analíticos (Adaptado de las NSCA Lago Villarrica y PMCCA Lago Villarrica)**

Parámetro	Metodología	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	Método Interno LADGA-IML-07
Saturación Oxígeno	Método de electrodo de membrana	4500-O G. Standard Methods
Fósforo Disuelto	Método de reducción automatizada de ascórbico	4500-P F. Standard Methods
	Método de inyección de flujo para Orto fosfato	4500-P G. Standard Methods
	Método de Ácido Ascórbico	4500 P-E. Standard Methods Hach 8048, USEPA
	Espectroscopia de absorción Molecular	Standard Methods
Fósforo Total	Método de Ácido Ascórbico y digestión ácida con Persulfato	4500-P B-5. Standard Methods
	Método de digestión manual y análisis de inyección de flujo para Fósforo Total	4500-P H. Standard Methods
	Método por digestión de Persulfato/ UV en línea y análisis de flujo de inyección para Fósforo total	4500-P I. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods

<sup>5</sup> O sus versiones actualizadas



Parámetro	Metodología	Referencia
Amonio	Método Nessler	Hach 8038, USEPA
	Método de Fenato	4500-NH <sub>3</sub> F. Standard Methods
	Métodos automatizados de Fenato	4500-NH <sub>3</sub> G. Standard Methods
	Análisis de inyección de flujo	4500-NH <sub>3</sub> H. Standard Methods
Nitrito	Método de Diazotización	Hach 8507, USEPA
	Método colorimétrico	4500-NO <sub>2</sub> 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 <sub>3</sub> E. Standard Methods
	Método automatizado por reducción de Cadmio	4500-NO <sub>3</sub> F. Standard Methods
	Método por inyección de flujo por reducción de Cadmio	4500-NO <sub>3</sub> I. Standard Methods
	Método Espectroscopia de Adsorción Molecular	Rodier 1981
	Método de Determinación de Aniones por Cromatografía Iónica	4110. Standard Methods
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +N-amoniaco	
Nitrógeno Total	Método de Persulfato	4500-N C. Standard Methods
	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J. Standard Methods
	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato +NT-Kjeldahl	
Nitrógeno Total Kjeldahl <sup>6</sup>	Método Kjeldahl	4500-Norg B-C/NH <sub>3</sub> - F Standard Methods
Clorofila "a"	Método de análisis interno DGA Espectroscopia Absorción Molecular.	10200 H. Standard Methods DGALGOCL1/2009 Método Scor Unesco

A partir de la información entregada asociada a los ocho (8) muestreos realizados durante el periodo 2023-2024 y en comparación las metodologías definidas en la NSCA Lago Villarrica complementadas por el PMCCA Lago Villarrica, fue posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías de muestreo utilizadas para el desarrollo de las ocho campañas de muestreo, se describen en los instructivos informados en la **Tabla 7**:

**Tabla 7. Instructivos de metodologías de muestreo DGA**

Instructivo	Metodología
LADGA-IML-01 v.01/2017	Procedimiento de muestreo para aguas de lagos naturales.
LADGA-ILM-02 v.00/2016	Instructivo para uso y calibración Sonda hydrolab ds5 y ds5x
LADGA-IML-04 v.00/2016	Instructivo uso GPS.

<sup>6</sup> Metodologías utilizadas para la obtención del Nitrógeno Total.





Instructivo	Metodología
LADGA-IML-05 v.00/2016	Instructivo de ECOSONDA.
LADGA-IML-06 v.00/2016	Instructivo uso ADC-PRO.
LADGA-IML-07 v.00/2016	Instructivo uso Disco Secchi.
LADGA-IML-08 v.00/2016	Instructivo de uso de red Fitoplancton.
LADGA-IML-09 v.00/2016	Instructivo de uso botella de Van Dorn.
LADGA-IML-10 v.00/2016	Instructivo llenado tablilla de terreno.
LADGA-IML-11 v.01/2016	Instructivo filtrado de muestras para determinación de Clorofila.

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

El análisis de los tiempos informados en las muestras asociadas a las campañas realizadas durante 2023-2024 y su comparación con los tiempos referidos en los documentos antes mencionados, permitió establecer que Nitrógeno Total registró tiempos mayores de preservación durante la campaña de verano de 2024 (marzo) en las estaciones Litoral Norte, Litoral Villarrica y Bahía La Poza (ver en **Anexo 9**, hoja “tiempos preservación”), por lo que los datos correspondientes fueron invalidados para el proceso de evaluación normativa del parámetro.

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

- Validación de análisis realizados en laboratorios externos: Respecto de los servicios de laboratorios externos utilizados por parte de la DGA para el análisis de muestras correspondientes a los ocho muestreos realizados durante 2023-2024 y considerando los criterios técnicos establecidos en la NSCA Lago Villarrica y en el PMCCA Lago Villarrica, se logró establecer lo siguiente:
  - a) Contratación de un único laboratorio que realice los análisis de las fracciones de un parámetro. Las especies nitrogenadas N-nitrato, N-nitrito, N-amoniaco y NT-Kjeldahl, componentes de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total, fueron analizados por un único laboratorio subcontratado durante el periodo bienal 2023-2024 (EULA Chile), lo que permitió establecer el cumplimiento de esta condición.
  - b) Dato validado si y sólo si, la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total: De acuerdo a los datos entregados por DGA para el periodo bienal 2023-2024, respecto de las especies nitrogenadas conformantes de los parámetros Nitrógeno Disuelto y Nitrógeno Total y de la especie Ortofosfato respecto del parámetro Fósforo Total, se identificó la suma de fracciones mayores al parámetro total para Nitrógenos en una o más profundidades de las estaciones Centro-Pelagial (primavera 2023); Litoral Villarrica (verano 2023); Bahía La Poza (primavera 2023); Litoral Pucón



(primavera 2023 y verano 2024); Litoral Norte (verano 2024) y Litoral Sur (verano 2024), invalidándose así todas las mediciones de la estación respectiva para la campaña correspondiente.

Por su parte, las especies fosforadas no presentaron invalidaciones según este criterio. El detalle de la verificación se muestra en el **Anexo 9**, hoja “Análisis de fracciones”.

- Metodologías de análisis: los métodos analíticos empleados para la obtención de resultados a ser evaluados, son expuestos en la **Tabla 8**.

**Tabla 8. Metodología de Análisis DGA (Adaptado de Ordinarios DGA N° 16/2024 y N°13/2025).**

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	LADGA-IML-07 (Método de análisis interno DGA)
Saturación de Oxígeno	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro CTD marca YSI. Método electrodo de membrana, SM 4500-O G	Sin referencia indicada.
Nitrito	Método colorimétrico	4500-NO2 B. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía iónica.	4110- NO2 B. Standard Methods
Nitrato	Método por Electrodo	4500-NO3 D. Standard Methods
	Determinación de aniones por cromatografía Iónica.	4110- NO3 B. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	Método de Fenato	4500 NH3 F. Standard Methods
	Método de electrodo selectivo de amonio	4500 NH3 D Standard Methods
Nitrógeno Total Kjeldahl	Método del Persulfato	4500-Norg B. Standard Methods
	Por medio de cálculo: N-total - N-nitrito - N-nitrato.	-
Nitrógeno Disuelto	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato + N-amoniaco	-
Nitrógeno Total	Por medio de cálculo: N-nitrito + N-nitrato + NTK	4500 B,D,N org B-Nitrógeno Total. Standard Methods
	Método del Persulfato	4500-N. C. Standard Methods. Standard Methods
Fósforo Disuelto	Espectroscopia de Absorción Molecular.	4500-P E. Standard Methods LEE-MET-504-VAL-11 ver 02, basado en SMEWW 3120 <sup>7</sup>
Fósforo Total	Método de Persulfato para determinación simultánea de Nitrógeno Total y Fósforo Total	4500-P J / P E. Standard Methods LEE-MET-504-VAL-11 ver 02, basado en SMEWW 3120 <sup>7</sup>
	Método de Plasma Acoplado por Inducción (ICP).	3120-B. Standard Methods
Clorofila “a”	Espectroscopia de Absorción Molecular.	Método Scor, UNESCO

<sup>7</sup> Metodología usada durante todas las campañas del año 2023 para cuantificar Fósforo disuelto y Fósforo total fue validada por DGA mediante comunicación en Anexo 4.



De acuerdo a las metodologías definidas en la NSCA Lago Villarrica como en el PMCCA Lago Villarrica y realizando comparación con las metodologías informadas por la DGA, fue posible determinar la concordancia de todas las metodologías utilizadas e informadas para los parámetros evaluados en la Red de Control en el periodo bienal 2023-2024 (ver en **Anexo 9**, hoja “Metodologías”).

- Límites de detección: De acuerdo al criterio descrito en el artículo decimonoveno del PMCCA Lago Villarrica, fija que los límites de detección de las metodologías utilizadas deben encontrarse bajo el 80% del valor del límite normativo, para que estos puedan ser validados. Al realizar el análisis de estos límites dentro de las metodologías utilizadas y definidas en los informes de laboratorio entregados por DGA, se constató el cumplimiento de esta condición en todas las mediciones realizadas en el periodo bienal 2023-2024.

Finalmente, y no obstante las invalidaciones identificadas, se determinó la existencia de la cantidad mínima de datos validados necesarios para cumplir con la representatividad estacional de cada parámetro controlado a excepción del Nitrógeno Disuelto, cuyo análisis no fue ejecutado en todas las campañas de 2023 y en ambas campañas de verano de 2024.



## 6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

### 6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El artículo 5° de la NSCA Lago Villarrica indica que, para la protección de la calidad de las aguas, es necesario mantener los siguientes niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia bajo las condiciones que se detallan en la **Tabla 9**:

**Tabla 9. Niveles de Calidad por Área de Vigilancia en el Lago Villarrica (Adaptado de las NSCA Lago Villarrica)**

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

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

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

- 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 Lago Villarrica, sea mayor a los límites de las normas. La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, los que tienen un límite mínimo, por tanto, en su caso se evalúa en base a que el resultado sea menor a los límites establecidos en el artículo 5°; y/o
- Cuando para el área Pelagial la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año; y/o



- c) Cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se 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
- d) 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.

A partir de las conclusiones de la revisión de validez para los datos según la sección 5 del presente informe, para cada estación de monitoreo se realizó la respectiva evaluación de cumplimiento normativo del período bienal calendario 2023-2024, la que será abordada como sigue:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Transparencia; Saturación de Oxígeno; Clorofila "a"; Fósforo Total y Nitrógeno Total en todas las estaciones de la Red de Control.
- Parámetros analizables de forma referencial<sup>8</sup>: Nitrógeno Disuelto en todas las estaciones de la Red de Control.

Para cada una de las Áreas de Vigilancia se ha ponderado las concentraciones obtenidas a las distintas profundidades, según el volumen representativo de estas (**Tabla 10** y **Tabla 11**), y de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Dónde:

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

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

P<sub>i</sub>= Porcentaje del volumen que representa un rango de profundidades i-ésimo sobre el volumen total de la zona de vigilancia.

X<sub>i</sub> = Concentración del parámetro en el estrato "i".

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

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

<sup>(8)</sup> La evaluación "referencial", tiene un carácter informativo dado que no se cuenta con la cantidad mínima de datos para realizar la evaluación de cumplimiento normativo, ya sea por inexistencia del reporte o invalidación del mismo.



**Tabla 11. Porcentaje de volumen de agua por área de vigilancia litoral y rango de profundidades del lago (artículo decimotavo del PMCCA Lago Villarrica).**

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

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

## 6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo

A continuación, se realiza la presentación de los resultados obtenidos asociados a la evaluación de cumplimiento normativo de los datos obtenidos en el análisis bienal, el cual considera el período que va desde enero de 2023 a diciembre de 2024. Toda la información utilizada para la evaluación, junto con los resultados de la aplicación de criterios de cumplimiento, se encuentran expuestos en el **Anexo 9**.

Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, a continuación, se detalla la nomenclatura de colores de las celdas utilizada en las **Tabla 12** y **Tabla 17**.






	Parámetros cuya evaluación de cumplimiento superó los límites máximos permisibles, es decir, el resultado fue mayor al 100% respecto del límite establecido en la NSCA Lago Villarrica (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). Esta condición configura <u>Incumplimiento Normativo</u> .
	Parámetros cuya evaluación de cumplimiento se determinó dentro de los límites máximos permisibles, pero en un “ <i>nivel de advertencia</i> ” debido a que el valor obtenido está próximo a los límites permisibles, es decir: el valor resultó entre el 80% y 100% respecto del límite establecido en la NSCA Lago Villarrica (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Parámetros cuya evaluación de cumplimiento se determinó dentro de los límites máximos permisibles y de los niveles de advertencia, es decir, el resultado es menor al 80% respecto del límite establecido en la NSCA Lago Villarrica (o sobre el 120% para el caso de Transparencia y Saturación de Oxígeno). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Parámetros cuya evaluación de cumplimiento fue <u>referencial</u> debido a que no se contó con el número mínimo de resultados válidos en el período bienal analizado (2 por año).
	Campaña que no contó con registros en todas o algunas de las profundidades de muestreo consideradas en el PMCCA o los datos reportados fueron invalidados por uno o más de los criterios de validación.



Tabla 12. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Centro Lago, Área de Vigilancia Pelagial (PEL-CE)

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera 2023	Verano 2024	Primavera 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	8,2	8,4	8,4	7,7	8,2	≥ 9	7,7	≥ 5	Valor promedio bajo el umbral mínimo, correspondiente a <b>incumplimiento normativo</b> . Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Saturación de Oxígeno (columna de agua)	%	89,0	92,3	85,5	92,2	89,7	-	85,5	≥ 80	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).
Promedio anual de Saturación de Oxígeno (fondo)	%	86,1		84,4		-	≥ 50	-	-	Valores promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	µg/L	0,7	1,6	0,5	1,9	1,2	≤ 3	1,9	≤ 6	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Disuelto	mg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	≤ 0,010	< 0,004	≤ 0,015	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,007	0,006	0,028	0,012	≤ 0,010	0,028	≤ 0,015	Valor promedio sobre el umbral máximo, correspondiente a <b>incumplimiento normativo</b> . Valor máximo sobre el umbral máximo, correspondiente a <b>incumplimiento normativo</b> .
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,047	-	≤ 0,10	-	≤ 0,15	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,076	0,050	0,056	0,173	0,089	≤ 0,15	0,173	≤ 0,20	Valor promedio bajo el umbral máximo correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.



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

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera 2023	Verano 2024	Primavera 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	9,3	9,0	9,5	7,0	8,7	≥ 7	7,0	≥ 4	Valor promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Saturación de Oxígeno	%	104,2	103,5	102,5	106,7	104,2	-	102,5	≥ 70	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	%	2,9	1,4	1,6	2,7	2,1	≤ 5	2,9	≤ 10	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo disuelto	µg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,006	0,005	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	< 0,006	0,010	0,006	0,020	0,011	≤ 0,015	0,020	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,021	-	≤ 0,15	-	≤ 0,30	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,058	0,082	0,038	0,276	0,114	≤ 0,15	0,276	≤ 0,30	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.





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

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera 2023	Verano 2024	Primavera 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	4,0	8,5	7,5	8,5	7,1	≥ 7	4,0	≥ 4	Valor promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia). Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).
Saturación de Oxígeno	%	104,8	100,5	105,0	100,5	102,7	-	100,5	≥ 70	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	%	3,1	1,6	2,3	1,3	2,1	≤ 5	3,1	≤ 10	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo disuelto	µg/L	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,008	0,005	≤ 0,015	0,008	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	< 0,006	0,012	< 0,006	0,023	0,012	≤ 0,015	0,023	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia). Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,062	-	≤ 0,15	-	≤ 0,30	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,071	0,058	0,010	0,160	0,075	≤ 0,15	0,160	≤ 0,30	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.



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

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera 2023	Verano 2024	Primavera 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	7,5	7,8	8,0	6,5	7,4	≥ 7	6,5	≥ 4	Valor promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia). Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Saturación de Oxígeno	%	104,5	103,4	106,2	106,5	105,2	-	103,4	≥ 70	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	%	1,8	1,8	1,9	3,2	2,2	≤ 5	3,2	≤ 10	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo disuelto	µg/L	0,004	0,004	0,004	0,006	0,005	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,012	0,007	≤ 0,015	0,012	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,029	-	≤ 0,15	-	≤ 0,30	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,057	0,094	0,015	0,144	0,078	≤ 0,15	0,144	≤ 0,30	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.



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

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera a 2023	Verano 2024	Primavera a 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	8,6	6,8	9,6	5,6	7,6	≥ 7	5,6	≥ 4	Valor promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia). Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Saturación de Oxígeno	%	108,8	103,7	103,3	109,3	106,3	-	103,3	≥ 70	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	%	1,3	2,0	1,1	3,6	2,0	≤ 5	3,6	≤ 10	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo disuelto	µg/L	0,004	0,004	0,004	0,006	0,005	≤ 0,015	0,006	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,006	0,007	0,019	0,010	≤ 0,015	0,019	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,040	-	≤ 0,15	-	≤ 0,30	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,038	0,102	0,060	0,245	0,111	≤ 0,15	0,245	≤ 0,30	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia).

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.



**Tabla 17. Verificación NSCA Lago Villarrica en estación Litoral Bahía La Poza, Área de Vigilancia LIT - La Poza**

Período	Unidad	Verano 2023	Primavera 2023	Verano 2024	Primavera 2024	Promedio 2023-2024	Norma promedio	Máx/Mín 2023-2024	Norma Máx/Mín	Observaciones
Transparencia	m	6,8	7,0	7,8	7,8	7,3	≥ 7	6,8	≥ 4	Valor promedio sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> (en nivel de advertencia). Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Saturación de Oxígeno	%	106,8	100,4	105,0	102,2	103,6	-	100,4	≥ 70	Valor mínimo sobre el umbral mínimo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Clorofila <i>a</i>	%	1,9	2,1	1,6	2,2	1,9	≤ 5	2,2	≤ 10	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo disuelto	µg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	≤ 0,015	0,005	≤ 0,025	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,006	0,028	0,024	0,016	≤ 0,015	0,028	≤ 0,025	Valor promedio sobre el umbral máximo, correspondiente a <b>incumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>incumplimiento normativo</b> .
Nitrógeno disuelto	mg/L	SM	SM	SM	0,062	-	≤ 0,15	-	≤ 0,30	No se pudo evaluar cumplimiento normativo por la falta de datos válidos.
Nitrógeno total	mg/L	0,067	0,049	0,044	0,148	0,077	≤ 0,15	0,148	≤ 0,30	Valor promedio bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> . Valor máximo bajo el umbral máximo, correspondiente a <b>cumplimiento normativo</b> .

No se dispone de registros válidos.

Cumplimiento normativo.

Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Incumplimiento normativo.

Evaluación referencial.



Según se observa en las tablas anteriores, se verificó el **incumplimiento normativo** de los siguientes parámetros:

- **Transparencia** en PEL-CE; y
- **Fósforo total** en las estaciones PEL-CE y LIT-La Poza.

Adicionalmente a la evaluación antes expuesta, en el artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica se establecen otras condiciones particulares asociadas al cumplimiento de los parámetros Saturación de Oxígeno y Clorofila “a”, cuya evaluación identificó:

- **Saturación de Oxígeno en PEL-CE sobre el fondo sea menor que 50% durante un año:** Los promedios anuales obtenidos para el parámetro Saturación de Oxígeno en fondo, en PEL-CE, durante el periodo bienal 2023-2024, se encontraron por sobre el 50% del valor normativo, determinándose **cumplimiento normativo**.
- **Clorofila “a” con superación del valor normativo durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años, y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5°:** En cuanto a las condiciones de excedencia del parámetro Clorofila *a* (definidas en capítulo 6.1 c. y 6.1 d. de este documento), no se determinó excedencia del parámetro en ninguno de los años evaluados (2020-2024), concluyéndose así, su **cumplimiento normativo**. (ver en **Anexo 6**, hoja “evaluación de cumplimiento de parámetro Clorofila *a*”).

## 7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

### 7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

De acuerdo a lo indicado en el artículo 13° de la NSCA Lago Villarrica, el PMCCA correspondiente podrá incorporar el monitoreo de parámetros adicionales a los establecidos en la norma, así como también nuevas estaciones de monitoreo de calidad de aguas, con la finalidad de generar información para revisiones futuras de la misma. El monitoreo de dichos parámetros o estaciones no sería obligatorio, quedando supeditado a las capacidades técnicas y económicas de los servicios mandatados a realizarlo.

Así es como sumadas a las seis (6) estaciones analizadas en la Red de Control que se encuentran dentro de la Red de Observación (es decir: PEL-CE, LIT-Villarrica, LIT-Pucón, LIT-Norte, LIT-Sur y LIT-La Poza), el PMCCA Lago Villarrica incluyó tres (3) estaciones de monitoreo adicionales para conformar un total de nueve (9) estaciones de monitoreo conformantes de la Red de Observación, una de ellas dentro de un área de vigilancia ya establecida, y dos en áreas adicionales, las que se muestran en la **Tabla 18**.

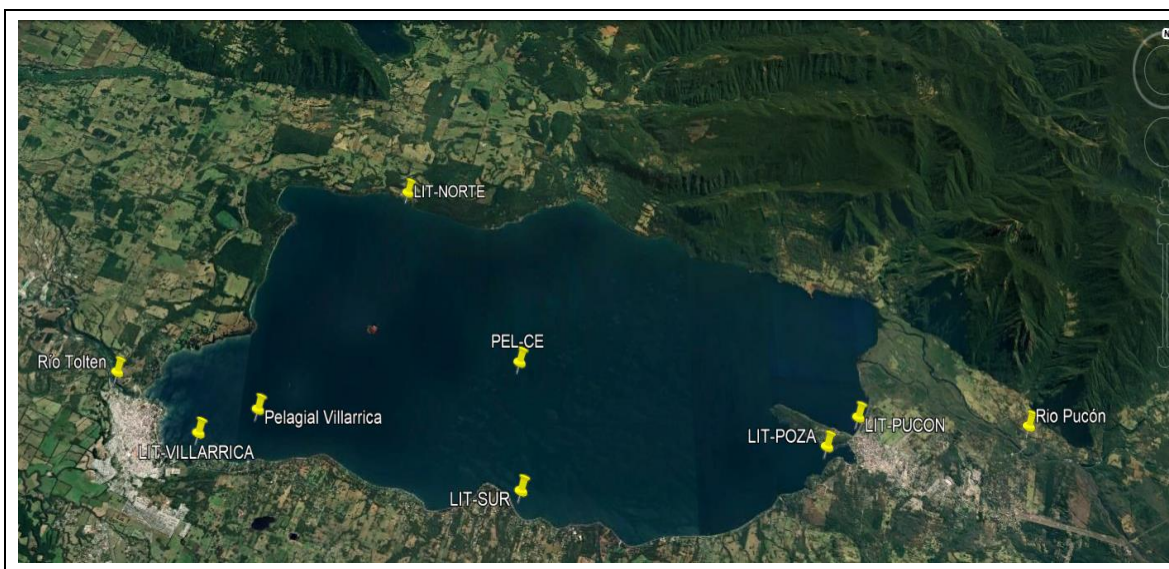


**Tabla 18. Áreas de vigilancia y estaciones de la Red de observación del lago Villarrica (Adaptado del PMCCA Lago Villarrica).**

Área de vigilancia	Límite área de vigilancia	Descripción de la estación de monitoreo	Ubicación de la estación de monitoreo Coordenadas UTM WGS 84	
			E (m)	N (m)
PEL	Siguiendo el veril de 25 metros hacia el centro 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.	PEL-CE Obs. Pelagial del lago	750.473	5.650.192
		PEL-VILL. Pelagial Sector Villarrica	742.585	5.648.367
LIT-Pucón	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Pucón Obs. Desde: Estero zanjón seco. Hasta: Término de la playa grande de Pucón Litoral	760.636	5.648.855
LIT-Norte	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Norte Obs. Desde: Término de la playa grande de Pucón Hasta: Frente al km 1,6 de la ruta S-69	746.795	5.656.005
LIT-Villarrica	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Villarrica Obs. Desde: Frente al km 1,6 de la ruta S-69 Hasta: Limite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica	740.885	5.647.562
LIT-Sur	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago en todo su entorno.	LIT-Sur Obs. Desde: Límite Este, sector Condominio la puntilla de Villarrica. Hasta: Estero Zanjón seco	750.494	5.646.215
LIT-Poza	Siguiendo el veril de 25 metros hacia la orilla del lago comprendiendo sólo el sector de la bahía La Poza.	LIT-Poza Obs. Sector bahía La Poza	759.575	5.647.905
TRA-Quelhue	Afluente del lago Villarrica	Sector Balseadero Quelhue	765.690	5.648.772
TOL-Villarrica	Efluente del lago Villarrica	Sector Río Toltén en Villarrica	738.167	5.649.347

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





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

## 7.2. Frecuencia de monitoreo Red de Observación

La Red de Observación considera la posibilidad de medición de parámetros, en todas las estaciones de monitoreo antes definidas, tanto para la componente aguas como para el componente sedimentos, donde se ha establecido los parámetros críticos a ser medidos en las distintas profundidades recomendadas y los organismos responsables de la entrega de esta información. A continuación, en la **Tabla 19** se presenta el detalle de esta información definida en el PMCCA Lago Villarrica:

**Tabla 19. 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	<b>Intervención antrópica</b>				
	<b>Matriz acuosa</b>				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	<b>Condición Natural</b>				
	Perfil de Temperatura	°C	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Oxígeno	mg/L	2	Toda la columna	DGA
	Perfil de Conductividad <sup>(5)</sup>	mhos/cm	2	Toda la columna	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-30-70-100	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-30-70-100	DGA
	Fitoplancton <sup>(6)</sup>	cel./mL	2	0-10-30-70-100	DGA
	<b>Investigación</b>				
	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	<b>Intervención Antrópica</b>				
	<b>Matriz Acuosa</b>				





Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	<b>Matriz sedimentos</b>				
	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 <sup>(7)</sup>	mg/Kg	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	Granulometría	Textura	2	Infralitoral	DIRECTEMAR
	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton <sup>(2)</sup>	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	Diplodón Chilensis	Ab. Y Comp.	1	Infralitoral	MMA
	<b>Investigación</b>				
	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	<b>Intervención Antrópica</b>				
	<b>Matriz Acuosa</b>				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	<b>Matriz sedimentos</b>				
	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
	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	Diplodón Chilensis	Ab. Y Comp.	1	Infralitoral	MMA
	<b>Investigación</b>				
	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 – Villarrica	<b>Intervención Antrópica</b>				
	<b>Matriz Acuosa</b>				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	<b>Matriz sedimentos</b>				
	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
	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	<b>Investigación</b>				
	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	<b>Intervención Antrópica</b>				
	<b>Matriz Acuosa</b>				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	<b>Matriz sedimentos</b>				
	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
	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA



Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	<b>Investigación</b>				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA
<b>LIT – La Poza</b>	<b>Intervención Antrópica</b>				
	<b>Matriz Acuosa</b>				
	Hidrocarburos Totales	mg/L	2	Superficial	DIRECTEMAR
	Sílice Reactiva	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	DQO	mg/L	2	0-10-20	DIRECTEMAR
	<b>Matriz sedimentos</b>				
	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
	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	0-10-20	DGA
	pH	Unidad de pH	2	0-10-20	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	0-10-20	DGA
	Fitoplancton	cel./mL	2	0-10-20	DGA
	Macrófitas Acuáticas	% Cob	1	Infralitoral	MMA
	<b>Investigación</b>				
	Nitrato	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Nitrito	mg/L	2	0-10-20	DGA
	Amonio	mg/L	2	0-10-20	DGA
<b>TRA-Quelhue</b>	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	Unidad de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	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
	<b>Investigación</b>				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
<b>TOL-Villarrica</b>	<b>Condición natural</b>				
	Conductividad Eléctrica	mhos/cm	2	Superficial	DGA
	Temperatura	°C	2	Superficial	DGA
	pH	Unidad de pH	2	Superficial	DGA
	Turbidez	Unidades nefelométricas	2	Superficial	DGA



Área de Vigilancia	Parámetro	Unidad	Frecuencia Anual	Profundidad (m)	Responsable
	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
	<b>Investigación</b>				
	Nitrato	mg/L	2	Superficial	DGA
	Nitrito	mg/L	2	Superficial	DGA
	Amonio	mg/L	2	Superficial	DGA
	Fosfato	mg/L	2	Superficial	DGA
<b>PEL-VILL</b>	<b>Condición natural</b>				
	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
	<b>Condición natural</b>				
	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
	<b>Investigación</b>				
	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

(5) Perfil de conductividad: Mediciones puntuales a nivel superficial y profundidad de 20 m.

(6) Análisis respecto a Abundancia y Composición.

(7) El análisis de metales pesados y metaloides en sedimentos considera: Cadmio, Mercurio, Plomo, Cobre y Arsénico.

(\*) Nitrógeno disuelto es la suma de N-nitrato, N-nitrito y N-amonio.

La información referente a las mediciones ejecutadas durante el período comprendido entre el 1 de enero de 2023 al 31 de diciembre de 2024, fue reportada a esta Superintendencia por la DIRECTEMAR y por DGA, a través de los documentos expuestos en **Tabla 1**.

Los parámetros que fueron muestreados durante el periodo bienal 2023-2024 en las nueve (9) estaciones de la Red de Observación se presentan en la **Tabla 20**.

**Tabla 20. Resumen muestreos ejecutados en Red de Observación para el período bienal 2023-2024.**

Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-La Poza	PEL-VILL	TRA-Queule	TOL-Villarrica
<b>Componente Agua</b>									
Hidrocarburos Fijos	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



Parámetros	Frecuencia								
	PEL-CE	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur	LIT-La Poza	PEL-VILL	TRA-Queule	TOL-Villarrica
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	0/0	0/0	0/0
pH	4/4	4/4	4/3	3/3	4/4	4/4	4/4	0/4	0/4
Turbidez	4/4	4/4	4/3	3/3	4/4	4/4	4/4	0/4	0/4
Nitrato	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Nitrito	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4
Amonio	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
Conductividad eléctrica	4/4	4/4	4/3	3/3	4/4	4/4	4/4	0/4	0/4
Temperatura	4/4	4/4	4/3	3/3	4/4	4/4	4/4	0/4	0/4
Oxígeno disuelto	4/4	4/4	4/3	3/3	4/4	4/4	4/4	0/4	0/4
Saturación de oxígeno	Red de Control						4/4	0/4	0/4
Transparencia							4/4	-	-
Fósforo Total							4/4	4/3	4/4
Fósforo disuelto							4/4	4/4	4/4
Fitoplancton	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-
Macrófitas Acuáticas	-	*	*	*	*	*	-	-	-
Diplodón Chilensis	-	*	*	-	-	-	-	-	-
<b>Componente Sedimentos</b>									
MOT (Materia Orgánica Total)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Fósforo Total	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
COT (Carbono Orgánico Total)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Metales y metaloides (Cd, Hg, Pb, Cu, As)	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-
Granulometría	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-

X/Y: Número de campañas con medición del parámetro en período 2023/Número de campañas con medición del parámetro en período 2024.

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

(-): Parámetro no medido.

### 7.3. Metodologías de muestreo y análisis

Las metodologías utilizadas en el análisis de las muestras obtenidas en las nueve (9) estaciones de la Red de Observación, han sido reportadas por medio de los oficios entregados por DIRECTEMAR y DGA (**Tabla 5**). De acuerdo a estos antecedentes, las metodologías de análisis se resumen a continuación en la **Tabla 21**.



**Tabla 21. Metodología de Análisis de DGA y DIRECTEMAR (Adaptado de Ordinarios DGA N° 14/2023 y N° 16/2024; Ord. DGTM N° 695/2023 y N° 487/2024).**

Parámetro	Metodología Analítica usada	Referencia
<b>Matriz acuosa</b>		
Conductividad eléctrica	Determinación in situ por medio de Sonda Multiparámetro	No se especifica método utilizado
DBO <sub>5</sub>	Electrodo de Membrana Incubación 5 días.	5210 B Standard Methods
Diplodón Chilensis	-	-
DQO	Espectroscopia de absorción molecular.	5220 D- Standard Methods
Fitoplancton	-	-
Hidrocarburos Fijos	-	5520 F Hidrocarburos Volátiles Standard Methods,
Nitrato	Método colorimétrico	4500-NO <sub>3</sub> B. Standard Methods
	Método por Electrodo	4500-NO <sub>3</sub> D. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía Iónica.	4110- NO <sub>3</sub> B. Standard Methods
Nitrito	Método colorimétrico	4500-NO <sub>2</sub> B. Standard Methods
	Determinación de aniones por Cromatografía Iónica.	4110- NO <sub>2</sub> B. Standard Methods
Nitrógeno Amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	Método de Fenato	4500 NH <sub>3</sub> F 2005. Standard Methods
		4500 NH <sub>3</sub> D Standard Methods
pH	Electrodo específico. Sonda Multiparámetro.	
Sílice Reactiva	ICP.	Standard Methods 4500-SiO <sub>2</sub> C
Temperatura	Termométrica. Sonda Multiparámetro.	-
Turbidez	Medición con sensor de turbidez. Sonda Multiparámetro.	-
<b>Matriz sedimentaria</b>		
Carbono Orgánico Total (COT)	MQC000059 REV 4	-
Fósforo Total		Standard Methods 3120 B
Granulometría	Escala Wentworth ASTM 136-96 a.	Escala Wentworth
Hidrocarburos fijos	MQC00070 REV 0	-
Materia Orgánica Total (MOT)	MQC000059 REV 4	-
Metales (Cd, Pb, Cu y As)	-	Standard Methods 3120 B
Nitrógeno Total Kjeldahl	MQI000058 Interno	

Al respecto, se identificó concordancia con las metodologías utilizadas en el análisis de muestras tanto en la componente agua como en sedimentos, todas ellas definidas en NSCA Lago Villarrica y complementadas por el PMCCA Lago Villarrica.



## 8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

Considerando la información entregada por la DGA y por la DIRECTEMAR respecto del periodo 2023-2024 en las nueve (9) estaciones de la Red de Observación (**Anexo 10**) fue posible verificar lo siguiente:

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

**Componente agua:** De acuerdo a lo resumido en el **Anexo 10**, se verificó la entrega de reportes asociados a las campañas de muestreo de agua realizadas en toda la Red de Observación, de los siguientes parámetros: Hidrocarburos Fijos, Sílice Reactiva, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Turbidez, Nitrógeno Total, Nitrógeno Disuelto, N-nitrato, N-nitrito, Amonio, Conductividad Eléctrica, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Transparencia, Fósforo Total, Fósforo Disuelto, Clorofila *a* y Fitoplancton.

**Componente sedimento:** De acuerdo al **Anexo 10**, se constató la entrega de datos respecto de las campañas de muestreo de sedimentos realizadas en toda la Red de Observación de los parámetros Materia Orgánica Total, Nitrógeno Total Kjeldahl, Fósforo Total, Carbono Orgánico Total, Hidrocarburos Fijos, Metales (Cd, Hg, Pb, Cu y As) y Granulometría.

## 9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS

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

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

En línea con lo anterior, en la **Tabla 22** se expone un resumen del cumplimiento normativo existente respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano de 2014 hasta la primavera de 2024.



Tabla 22. Resumen de evaluación de datos históricos de la Red de Control entre 2014 y 2024.

Periodo bienal		2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Parámetros	Normativa	Centro Lago										LIT Pucón										LIT Norte									
Transparencia	Promedio																														
	Mínimo																														
Saturación de Oxígeno (columna)	Promedio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mínimo																														
Saturación de Oxígeno (fondo)	Promedio																														
	Mínimo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila "a"	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Total	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Total	Promedio																														
	Máximo																														

Periodo bienal		2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Parámetros	Normativa	LIT Villarrica										LIT Sur										LIT Poza									
Transparencia	Promedio																														
	Mínimo																														
Saturación de Oxígeno (columna)	Promedio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mínimo																														
Clorofila "a"	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Fósforo Total	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Disuelto	Promedio																														
	Máximo																														
Nitrógeno Total	Promedio																														
	Máximo																														

Resultado con cumplimiento normativo.

Nivel de advertencia.  
Resultado cumple la norma.

Resultado con incumplimiento normativo

Evaluación referencial



A partir de la **Tabla 22** que resume los resultados históricos obtenidos de las evaluaciones de cumplimiento normativo realizadas entre el periodo 2014-2024 para las seis (6) estaciones de la Red de Control (**Anexo 11**), se constató lo siguiente:

- Los parámetros que han registrado una mayor recurrencia de invalidación de datos o la imposibilidad de su análisis durante el periodo histórico, son: Nitrógeno disuelto y Nitrógeno Total.
- En contraste, los parámetros Transparencia y Clorofila *a* han sido evaluados a lo largo de todo el periodo evaluado en todas las áreas de vigilancia.
- De las mediciones efectivas y válidas realizadas históricamente, se ha constatado que:
  - **Transparencia:** Ha registrado el mayor número de incumplimientos, especialmente en el área PEL-CE, o Centro del lago, donde se ha incumplido la norma respectiva durante todo el periodo evaluado. En las áreas LIT-Pucón y LIT-La Poza, por su parte, se ha registrado incumplimiento en tres periodos para ambos casos, en tanto que en el resto de las estaciones ha presentado niveles cercanos a la excedencia en al menos cuatro periodos evaluados.
  - **Saturación de Oxígeno:** En la columna de agua no ha presentado excedencias en ninguna de las estaciones durante todo el periodo evaluado, pero si niveles cercanos al incumplimiento para la columna de agua en el centro del lago en siete (7) de los periodos evaluados. No obstante lo anterior, en dicha área no ha registrado niveles de advertencia ni de excedencia en la profundidad de fondo.
  - **Clorofila:** Tanto según promedios como para máximos todas las estaciones de control presentaron incumplimientos en el inicio del análisis histórico (años 2014-2015 y 2015-2016). En los periodos posteriores hasta ahora, en cambio, se ha registrado cumplimiento en todas las estaciones de la Red de Control.
  - **Fósforo disuelto:** Durante los dos primeros periodos evaluados de la data histórica, se registró incumplimientos de la normativa respectiva según valores promedio en las áreas de vigilancia del centro del lago (PEL-CE); LIT-Villarrica; LIT-Poza y LIT-Sur, en tanto que en el resto de las áreas registró niveles cercanos a la excedencia. Ambas situaciones no se han vuelto a registrar posteriormente.
  - **Fósforo total:** Se constató que, tanto según promedios, como según niveles máximos, se han registrado variaciones que van desde evaluación referencial a cumplimiento normativo en toda la Red de Control. Sólo se han registrado excedencias en PEL-CE (periodos 2018-2019; 2019-2020 y 2023-2024) y en LIT-Poza (periodo 2023-2024).
  - **Nitrógeno disuelto:** Sólo en el periodo 2016-2017 se pudo evaluar la norma respectiva según niveles máximos en las áreas PEL-CE; LIT-Norte; LIT-Villarrica y LIT-Poza, sin registrarse excedencias.





- **Nitrógeno total:** De los pocos periodos válidos para su evaluación, se han registrado excedencias en todas las áreas de vigilancia, destacando los periodos 2021-2022 y 2022-2023, cuando las excedencias fueron en todas las áreas de vigilancia, según ambos criterios de evaluación (valor promedio y valor máximo), seguido del periodo 2019-2020, cuando la mayoría de las áreas registraron excedencias en ambos casos, siendo las estaciones LIT-Pucón y LIT-Poza las únicas que no pudieron ser evaluadas durante dicho periodo.

## 10. CONCLUSIONES

La actividad de análisis y evaluación de la información que ha sido expuesta en el presente informe, consideró las campañas de monitoreo realizadas para la Red de Control por la DGA, durante el período comprendido entre el 01 de enero de 2023 y el 31 de diciembre de 2024, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en la NSCA Lago Villarrica, y de las campañas realizadas por la DIRECTEMAR, en igual período para la Red de Observación.

A partir de la información recopilada en las campañas realizadas en el periodo bienal 2023-2024, en las seis (6) estaciones definidas como Red de Control y la validación de los datos, se determinó la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- a) Transparencia: se verificó **incumplimiento normativo** asociado al límite promedio bienal en PEL-CE; **cumplimiento normativo** respecto del valor mínimo y del promedio bienal en las estaciones LIT-Villarrica; LIT-Pucón; LIT-Sur; y LIT-La Poza, con promedios en nivel de advertencia; y respecto del valor mínimo en PEL-CE y LIT-Norte según ambos criterios.
- b) Saturación de Oxígeno: se verificó **cumplimiento normativo** respecto de los valores mínimos en todas las estaciones de la red de control (en nivel de advertencia en PEL-CE).

Respecto de la medición del parámetro en el fondo de la estación Centro PEL-CE, se verificó **cumplimiento normativo** a la condición de contar en esta estación con resultados por sobre el 50% del valor normativo en el fondo durante un año.

- c) Clorofila *a*: Se constató **cumplimiento normativo** respecto de los valores máximo y promedio bienal en todas las estaciones de la red de control.

Adicionalmente, según los promedios anuales y valores máximos anuales entre 2020 y 2024 no se registraron excedencias, por lo que se verificó **cumplimiento** de la condición definida en el inciso tercero del artículo 7° de la NSCA Lago Villarrica, relativa al incumplimiento de los límites normativos promedio y/o máximo del parámetro Clorofila, durante 3 años consecutivos o en tres ocasiones durante 5 años.

- d) Fósforo Disuelto: Se determinó **cumplimiento normativo** respecto de los valores máximo y promedio bienal en todas las estaciones de la red de control.



- e) Fósforo Total: Se registró **incumplimiento normativo** tanto por valor promedio, como por valor máximo en las estaciones PEL-CE y LIT-La Poza, en tanto que se determinó **cumplimiento normativo** en el resto de las estaciones, aunque en niveles de advertencia en LIT-Norte y LIT-Pucón, respecto de los valores máximo y/o promedio bienal.
- f) Nitrógeno Disuelto: Debido a que el parámetro se encuentra conformado por las especies nitrogenadas N-nitrato, N-nitrito y N-amoniaco, y estableciéndose la inexistencia de datos de una o más de las especies antes señaladas en todas las estaciones de la red de control, en el periodo evaluado, sólo se evaluó Nivel máximo de manera **referencial**, sin observarse excedencias.
- g) Nitrógeno Total: Se determinó **cumplimiento normativo** en toda el área de vigilancia, con valores cercanos a la excedencia en PEL-CE; LIT-Norte y LIT-Villarrica, todas ellas según nivel máximo).

**En conclusión, se constató el incumplimiento de las NSCA Lago Villarrica en el periodo bienal 2023-2024 por: Transparencia en el área de vigilancia PEL-CE y Fósforo Total en las estaciones PEL-CE y LIT-La Poza.**



## 11. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Oficio ORD. DGA N° 16, del 28 de marzo de 2023/Minuta DCPRH N° 09 DGA 2024.
2	Oficio D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/487/S.M.A., de 10 de abril de 2024.
3	Oficio ORD. SMA N° 2.941, de 19 de diciembre de 2024.
4	Oficio ORD. DGA N° 8, del 14 de enero de 2025, y antecedentes.
5	Oficio Ord. DGA N° 13, del 20 de marzo de 2025/Minuta DCPRH N° 13/2025.
6	D.G.T.M. Y M.M. ORD. N° 12.600/05/400/S.M.A. del 21 de marzo de 2025.
7	Oficio ORD. SMA N° 2.651, de 03 de diciembre de 2025.
8	Correos DGA en respuesta a solicitudes según Oficio ORD. SMA N° 2.651/2025
9	Resumen de datos Red de Control período 2023-2024
10	Resumen de datos Red de Observación período 2023-2024
11	Registro y análisis histórico de la Calidad de las Aguas en Red de Control periodo 2014-2024

