



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 DEL LAGO LLANQUIHUE

**Sección de Recursos Hídricos
División de Fiscalización**

DFZ-2025-961-X-NC

Diciembre 2025

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



CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. OBJETIVO	6
4. ALCANCE	7
5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL	7
5.1. Criterios para la validación de los datos.....	7
5.2. Estaciones de Monitoreo Red de Control	8
5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control	10
5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control	10
5.5. Metodologías de muestreo y análisis.....	13
6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	17
6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo.....	17
6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo	19
7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....	25
7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación	25
7.2. Frecuencia de Monitoreo Red de Observación.....	27
7.3. Metodologías de muestreo y análisis.....	29
8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN	30
9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS	31
10. CONCLUSIONES	34
11. ANEXOS	36



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue, D.S. N°122/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, y del y del Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua para el Lago Llanquihue, Resolución Exenta N°296/2021, 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 de control incluidas en el programa de medición y control de calidad del lago actualmente vigente, durante el período bienal calendario 2023-2024, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA) respecto de las campañas de medición realizadas para la Red de Control, así como también se hizo una revisión de los datos entregados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y por el Ministerio del Medio Ambiente para la Red de Observación.

Los datos correspondientes al período 2023 ya fueron validados y utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo en el periodo bienal anterior, según se puede apreciar en el informe técnico de cumplimiento de expediente **DFZ-2024-2920-X-NC**.

Para la revisión de los datos se consideraron los criterios administrativos y metodológicos establecidos en las respectivas normas de calidad y Programa de Vigilancia.

Red de Control

Se realizó el análisis de validez de los datos obtenidos y una evaluación del cumplimiento normativo para todos los parámetros normados, es decir, Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Turbiedad, Sílice, DQO, Transparencia, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila “a”, a partir de lo que se determinó **el incumplimiento de las NSCA lago Llanquihue en el periodo bienal 2023-2024 por Transparencia en las áreas de vigilancia Puerto Octay, Ensenada y Frutillar, y por Clorofila a en Puerto Varas**.

Algunos de los parámetros se evaluaron sólo de manera referencial, como es el caso de: Conductividad, pH, Oxígeno disuelto y Saturación de Oxígeno en Puerto Octay y Frutillar; y Fósforo total en Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.



Red de Observación

Se constató la realización del monitoreo de todas las estaciones consideradas en el PMCCA, en al menos una oportunidad anual durante el período bienal 2023-2024. Pese a ello, no se ejecutaron los análisis de todos los parámetros con la frecuencia mínima propuesta.

En la columna de agua se monitorearon todas las estaciones, considerando los parámetros definidos en el PMCCA para su seguimiento respectivo, en al menos un muestreo anual.

Por otra parte, en la componente sedimentos se constató que durante el periodo bienal 2023-2024, en las cuatro estaciones de sedimento de la Red de Observación se muestrearon y analizaron sedimentos en ambas campañas de verano, contando con un reporte anual para los parámetros Granulometría, Materia Orgánica Total, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total y Fósforo Total, hidrocarburos aromáticos policíclicos y adicionalmente pH y Potencial Redox.



2. INTRODUCCIÓN

Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del lago Llanquihue (en adelante, NSCA lago Llanquihue), formalizada mediante el D.S. MINSEGPRES N° 122/2009¹, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, consiste en un instrumento de gestión ambiental para diagnosticar la calidad de las aguas del lago Llanquihue en forma sistemática y permanente. Su objetivo es mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutrofización antrópica proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica.

Las NSCA lago Llanquihue definen un total de cuatro (4) áreas de vigilancia, determinando niveles de calidad específicos para cada una de ellas respecto a los parámetros Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Turbiedad, Sílice, DQO, Transparencia, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Clorofila “a”.

Por su parte, la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante Resolución Exenta N° 296, de 12 de febrero de 2021, estableció el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del agua para la protección de las aguas continentales superficiales del lago Llanquihue (en adelante, PMCCA lago Llanquihue), elaborado de acuerdo a lo establecido en el artículo 6° de la NSCA lago Llanquihue, 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 las NSCA lago Llanquihue, 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 del 2023 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2024-2920-X-NC** y adiciona la información del periodo 2024, completando 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, y con ello, el presente informe da cuenta de cuatro (4) actividades de fiscalización².

¹ Disponible en el siguiente enlace: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1014239>

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



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

Tabla 1. Antecedentes.

N°	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	ORD. DGA/DCPRH N° 65, de 01 de diciembre de 2023. Envía XI Reporte de Calidad de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue (Anexo 1).	01 de diciembre de 2023	Enero a diciembre de 2023
2	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/487/SMA, de 10 de abril de 2024. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a las campañas 2023 (Anexo 2).	15 de abril de 2024	Enero a diciembre de 2023
3	Oficio ORD. SMA N° 585, de 17 de marzo de 2025. Solicita antecedentes complementarios que indica, respecto a los datos reportados mediante ANT. (Anexo 3).	-	-
4	Oficio ORD. DGA N° 15, de 24 de marzo de 2025. Responde al Oficio ORD. SMA N° 585, de 2025 (Anexo 4).	24 de marzo de 2025	Enero a diciembre de 2023
5	ORD. DGA/DCPRH N° 79, de 29 de noviembre de 2024. Envía Reporte de Calidad de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue, periodo 2024 (Anexo 5).	29 de noviembre de 2024	Enero a diciembre de 2024
6	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/400/SMA, de 21 de marzo de 2025. Remite resultados de monitoreos de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a las campañas 2024 (Anexo 6).	01 de abril de 2025	Enero a diciembre de 2024
7	Oficio ORD. SMA N° 1.962, de 03 de septiembre de 2025. Solicita antecedentes complementarios que indica, respecto a los datos reportados mediante ANT. (Anexo 7).	-	-
8	Oficio ORD. DGA N° 59, de 08 de septiembre de 2025. Responde al Oficio ORD. SMA N° 1.962, de 2025 (Anexo 8).	08 de septiembre de 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 Ambiente³, que aprueba Reglamento para la dictación de Planes de Prevención y Descontaminación.

3. OBJETIVO

Se establece como objetivo general el evaluar el cumplimiento de la NSCA lago Llanquihue y del PMCCA lago Llanquihue, 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

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



respecto a la evolución de la calidad de las aguas durante el periodo controlado en que se cuenta con información (2013-2024).

4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada a través de las cuatro 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 Llanquihue, en el PMCCA lago Llanquihue, 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 Llanquihue. Como resultado de esta evaluación se podrán definir casos de cumplimiento o incumplimiento normativo, o su símil 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 cuatro estaciones que conforman la red, y la validez de los datos entregados.

5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

5.1. Criterios para la validación de los datos

De acuerdo a lo establecido en el PMCCA lago Llanquihue y en las referencias técnicas de la SMA, los datos utilizados en la evaluación de cumplimiento normativo, deben ser previamente validados a través del cumplimiento de los criterios de validación siguientes:

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

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



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

En el **Anexo 9** se sistematizó 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 exponen a continuación.

5.2. Estaciones de Monitoreo Red de Control

En la **Tabla 2** se señalan todas las estaciones que componen la Red de Control definidas en el PMCCA lago Llanquihue, y su ubicación geográfica se muestra en la **Figura 1**:

Tabla 2. Estaciones de monitoreo de calidad de la Red de Control (Adaptado de NSCA y PMCCA lago Llanquihue)



Nombre Área Vigilancia	Nombre estación de Monitoreo	Componente	Coordenadas UTM Datum WGS-84, Huso 18	
			E (m)	N (m)
Puerto Octay	Puerto Octay 2	Aguas	680.704	5.457.120
Ensenada	Ensenada	Aguas	701.759	5.436.631
Puerto Varas	Puerto Varas 2	Aguas	673.039	5.429.534
Frutillar	Frutillar 2	Aguas	671.991	5.444.371

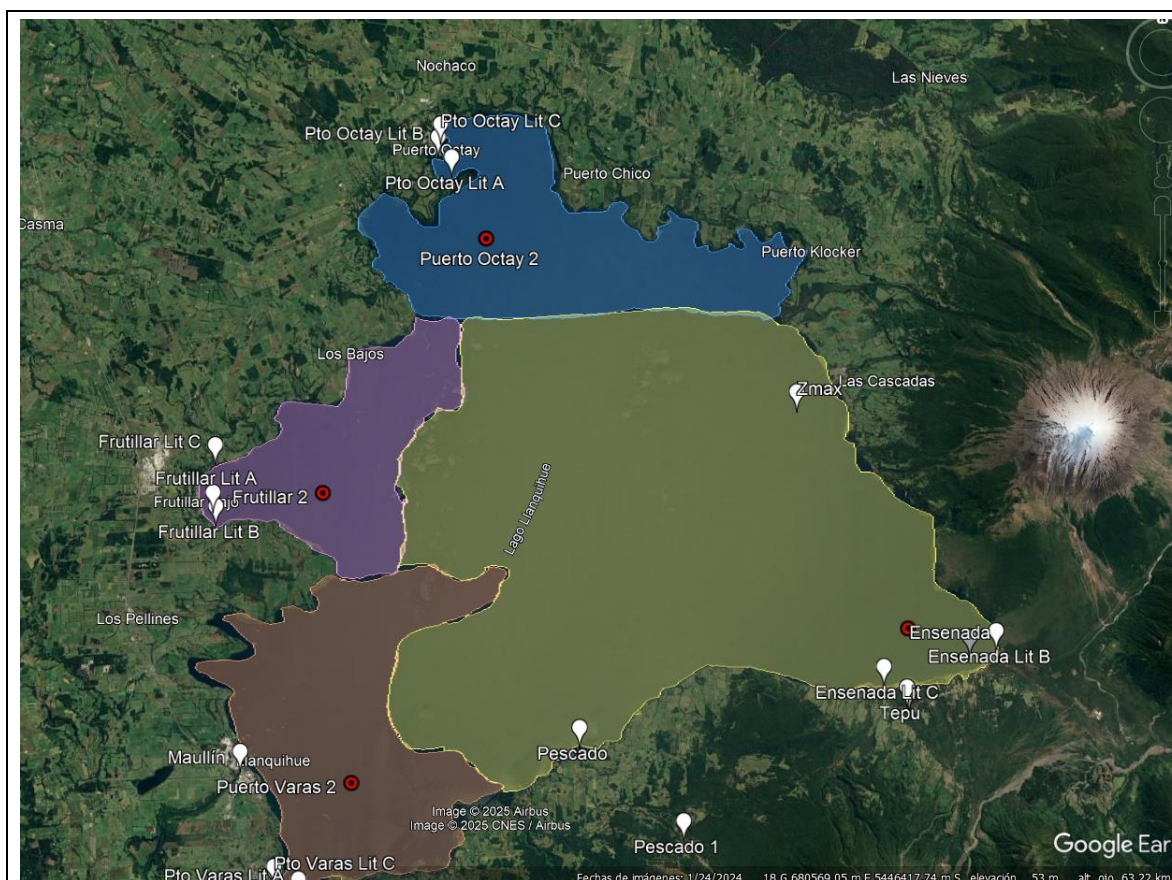


Figura 1. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas (Fuente: PMCCA lago Llanquihue, usando Google Earth)

Las actividades de muestreo ejecutadas en las estaciones señaladas durante el período biennial calendario 2023-2024, fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la 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, y de ello que son concordantes con las áreas de vigilancia establecidas en las NSCA lago Llanquihue y en el PMCCA lago Llanquihue.



5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control

El artículo séptimo del PMCCA lago Llanquihue considera al menos dos campañas de monitoreo al año, una en periodo de estratificación y otra en periodo de mezcla, para cada estación de monitoreo de la Red de Control. La campaña de medición en periodo de estratificación se ejecutará en verano, mientras que la campaña de medición en periodo de mezcla se ejecutará en invierno.

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 las Normas (Fuente elaboración propia).

Nombre área vigilancia	Nombre estación de monitoreo	Campañas 2023	Campañas 2024
Puerto Octay	Puerto Octay 2	16-03-2023 26-07-2023 22-08-2023	23-01-2024 12-03-2024 22-07-2024 21-08-2024
Ensenada	Ensenada	30-01-2023 / 01-02-2023 15-03-2023 24-07-2023 23-08-2023	22-01-2024 14-03-2024 22-07-2024 20-08-2024
Puerto Varas	Puerto Varas 2	01-02-2023 15-03-2023 21-08-2023	25-01-2024 12-03-2024 23-07-2024 20-08-2024
Frutillar	Frutillar 2	31-01-2023 16-03-2023 26-07-2023 21-08-2023	23-01-2024 12-03-2024 23-07-2024 21-08-2024

A través de la información expuesta, fue posible identificar la realización de siete (7) a ocho (8) campañas de monitoreo durante el periodo bienal calendario 2023-2024, distribuidos en cuatro monitoreos en el año 2024 en todas las áreas de vigilancia y en el caso de los monitoreos del año 2023, cuatro en las áreas de vigilancia de Ensenada y Frutillar y tres en las áreas de vigilancia de Puerto Varas y Puerto Octay. Junto a lo anterior, se validó que las campañas de monitoreo se desarrollaron de acuerdo a lo establecido en el artículo séptimo del PMCCA lago Llanquihue.

5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control

Sumado a la estacionalidad, el PMCCA lago Llanquihue establece la realización de dos monitoreos al año, distribuidos estacionalmente en verano e invierno. Esto último, se debe a que el lago Llanquihue ha sido clasificado como un lago monomítico de invierno, es decir que, por efecto de la



temperatura, las aguas del lago se mezclan una vez al año, principalmente en invierno, manteniéndose estratificadas durante el verano.

En el mismo documento se establece, además, las diferentes profundidades para mediciones en la columna de agua, que en verano corresponden a: superficie, 15m, 30m, 50m, 80m y 100m, y en invierno a: superficie, 30m y 100m. Se exceptúa de lo anterior el parámetro Transparencia que es medido desde la superficie.

Se expone a continuación en la **Tabla 4**, el detalle de la información recopilada durante el período bienal 2023-2024, respecto a la frecuencia de muestreo de cada uno de los parámetros de la Red de Control, con sus respectivas profundidades (medidas en metros), en cada una de las estaciones de las áreas de vigilancia de las NSCA lago Llanquihue.

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

Estación	Parámetro	Verano 2023 (enero)	Verano 2023 (marzo)	Invierno 2023 (julio)	Invierno 2023 (agosto)	Verano 2024 (enero)	Verano 2024 (marzo)	Invierno 2024 (julio)	Invierno 2024 (agosto)
Puerto Octay	Conductividad	-	-	0/30/100	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	pH	-	-	0/30/100	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Oxígeno Disuelto	-	-	0/30/100	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Oxígeno Disuelto %	-	-	0/30/100	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Turbiedad	-	-	-	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Sílice	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	DQO	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	-	0	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Fósforo Total	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
Ensenada	Conductividad	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	pH	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Turbiedad	-	-	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Sílice	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100



Estación	Parámetro	Verano 2023 (enero)	Verano 2023 (marzo)	Invierno 2023 (julio)	Invierno 2023 (agosto)	Verano 2024 (enero)	Verano 2024 (marzo)	Invierno 2024 (julio)	Invierno 2024 (agosto)
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
Puerto Varas	Conductivi dad	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100
	pH	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100
	Turbiedad	-	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/*/*	0/30/100
	Sílice	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	DQO	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Transparen cia	0	0	-	0	0	0	-	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Conductivi dad	0/15/30/5 0/80/*	-	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
Frutillar	pH	0/15/30/5 0/80/*	-	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/*	-	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/*	-	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Turbiedad	-	-	0/*/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Sílice	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Transparen cia	0	0/15/30/5 0/80/100	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/5 0/80/*	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100

Destacado en celeste los parámetros no medidos o medidos con una frecuencia menor a la establecida en el PMCCA lago Llanquihue por campaña

(*) Indica que no se realiza medición.

Cabe señalar que, respecto a las muestras de profundidad de 100 metros, la información presentada por la DGA indica que la profundidad de medición corresponde a un valor de referencia debido a que el máximo de cable del equipo de medición utilizado para realizar las mediciones es de 100 metros, razón por la cual, al producirse deriva por el movimiento de la embarcación, existe una variación de ± 5 metros.



En cuanto a la frecuencia de muestreo, durante el año 2024 se registraron al menos un muestreo en cada temporada (invierno y verano) para todos los parámetros en todas las áreas de vigilancia.

5.5. Metodologías de muestreo y análisis

El artículo 14° de las NSCA lago Llanquihue, así como en el PMCCA lago Llanquihue, indican los métodos de muestreo y condiciones de preservación y manejo de las muestras para verificar el cumplimiento de las normas, según se muestra en la **Tabla 5** siguiente:

Tabla 5. Métodos de Muestreo (Adaptado de las NSCA lago Llanquihue y complementado por el PMCCA lago Llanquihue).

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.97.DS.N°47, de 1997, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
NCh 411/6 Of.97.DS.N°84, de 1998, del Ministerio de Obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua.
Collection and Preservation of Samples.	Descritas en el número 1060 del “Standard Methods” for Examination of Water and Wastewater.
LADGA-IML-01	Procedimiento de muestreo para aguas de lagos naturales.
LADGA-IM-01	Instructivo de muestreo de aguas superficiales
LADGA-IM-06	Instructivo de envío y traslado de muestras
LADGA-IML-08	Instructivo de toma de muestra de Fitoplancton.
LADGA-ITA-03	Instructivo para control de preservación.

En referencia a los métodos analíticos utilizados para la verificación del cumplimiento de las NSCA lago Llanquihue, en el artículo 15° del mismo cuerpo normativo, como en el artículo único octavo del PMCCA lago Llanquihue, se señala que la determinación de los parámetros podrá efectuarse de acuerdo a los métodos analíticos que se indican a continuación en la **Tabla 6**:

Tabla 6. Métodos Analíticos (Adaptado de las NSCA lago Llanquihue y complementados por el PMCCA lago Llanquihue)

Parámetro	Metodología	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	LAGDA-IML-07: instructivo uso disco secchi.
Temperatura	Termométrica	Standard Methods N°2550 B



Parámetro	Metodología	Referencia
Conductividad	Celda de conductividad	Standard Methods N°2510 B
pH	Electrodo específico	Standard Methods N°4500-H B
Oxígeno Disuelto	Electrodo específico	Standard Methods N°4500-O G
Turbiedad	Nefelometría	Standard Methods N°2130 B ASTDM D7315-07
Nitrógeno Total	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°4500-N C Método Rodier, 1981
Fósforo Total	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°4500-P E Standard Methods N°4500-P J
Clorofila a	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°10200 H LADGA-IML-11: instructivo de filtrado de muestras para clorofila.
	Scor-Unesco	-
Sílice	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°4500-SiO2 C
	-	Hach Method 8185, USEPA Approved
DQO	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°5220 B Standard Methods N°5220 D
	Método del Reactor de Digestión	Hach Method 8000, USEPA Approved
Fósforo de Ortofosfato (P-PO ₄)	Método de Ácido Ascórbico	Standard Methods N°4500-P B Standard Methods N°4500-P C Standard Methods N°4500-P D Standard Methods N°4500-P E Standard Methods N°4110 B Hach Method 8048, USEPA Approved.

A partir de la información entregada asociada a las ocho campañas de monitoreo realizadas durante el periodo 2023-2024, respecto de las definidas en las NSCA lago Llanquihue y complementados por PMCCA lago Llanquihue, fue posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas para el desarrollo de las 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-IML-04 v.00/2017	Instructivo uso GPS.
LADGA-IML-05 v.00/2017	Instructivo de ECOSONDA.
LADGA-IML-06 v.00/2017	Instructivo uso ADC-PRO.
LADGA-IML-07 v.00/2017	Instructivo uso Disco Secchi.
LADGA-IML-08 v.00/2017	Instructivo de toma de muestra de Fitoplancton.



Instructivo	Metodología
LADGA-IML-09 v.00/2017	Instructivo de uso botella de Van Dorn.
LADGA-IML-10 v.00/2017	Instructivo llenado tablilla de terreno.
LADGA-IML-11 v.01/2017	Instructivo filtrado de muestras para determinación de Clorofila.

- Tiempos de preservación: se evaluó también la validez de las muestras en base al tiempo de almacenamiento previo a su análisis, considerando lo establecido en la NSCA lago Llanquihue, en el PMCCA lago Llanquihue y en la NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, cuyo contraste se detalla en el **Anexo 9** (ver hoja “tiempos preservación”).

En cuanto a los tiempos de preservación calculados a partir de la información entregada por la DGA, se observaron excedencias en:

- **Demanda Química de Oxígeno** durante la **campana de enero de 2024** en todas las profundidades de la estación en **Puerto Varas**.

Consecuentemente, tras el análisis realizado se invalidaron los datos mencionados para el proceso de evaluación normativa del parámetro.

Respecto de los parámetros Conductividad Eléctrica, pH, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Turbiedad y Transparencia, al contar con mediciones *in situ*, no fueron considerados en este análisis.

- 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 (Adaptado de Ord. DCPRH N° 65/2023 y Ord. DCPRH N° 79/2024)

Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
Conductividad	Sonda Hydrolab DS-5 5	Standard Methods N°2510 B LADGA-IM-02. Método Interno DGA
pH	Sonda Hydrolab DS-5 5	Standard Methods N°4500-H LADGA-IM-02. Método Interno DGA
Oxígeno Disuelto	Sonda Hydrolab DS-5 5	Standard Methods N°4500-O G LADGA-IM-02. Método Interno DGA
Turbiedad	Método nefelométrico	Standard Methods 2130 B LADGA-IM-02. Método Interno DGA
Sílice	Método de silico-molibdato	LADGA-ITM-20. Método interno DGA Standard Methods N°4500-SiO ₂ D
DQO	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N° 5220 D
Transparencia	Disco Secchi	LADGA-IML-07. Método Interno DGA. Disco Secchi
Nitrógeno Total	Cromatografía iónica	Standard Methods 4500-N C



Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
Fósforo Total	Método ácido ascórbico y digestión ácida con persulfato.	Standard Methods N°4500 P J Standard Methods N°4500 P E LEE-MET-504-VAL-11 v02
Clorofila “a”	Método de fluorescencia	Scor-Unesco

Al respecto, se determinó que todos los métodos analíticos utilizados se condicen con los propuestos en las NSCA lago Llanquihue, y/o PMCCA lago Llanquihue.

- Límites de detección: De acuerdo al criterio descrito en el artículo duodécimo del PMCCA lago Llanquihue, el cual determina que los límites de detección de las metodologías utilizadas en el análisis de los parámetros cuando su determinación resulte ser el límite de detección, se estableció que éste debe ser menor al 80% del valor normativo. 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 la mayoría de las mediciones realizadas en el periodo bienal 2023-2024, con la salvedad de **Fósforo total** en ambas campañas de **invierno de 2024** en las **cuatro estaciones de la Red de Control**, y con ello, no se consideraron válidas las mediciones bajo el límite detección para este parámetro en invierno de 2024.
- Validación de análisis realizados en laboratorios externos: Durante el periodo en evaluación, se realizó el análisis mediante el laboratorio de la DGA (LADGA) y un laboratorio externo (EULA Chile). Considerando los criterios técnicos establecidos en el PMCCA lago Llanquihue, se constató que:
 - a) Contratación de un único laboratorio que realice los análisis de las fracciones de un parámetro. Los parámetros Fósforo de Ortofosfato y Fósforo Total, fueron analizados por un mismo laboratorio (LADGA y EULA) para una misma campaña, lo cual permitió constatar 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 del parámetro **Fósforo de Ortofosfato y Fósforo Total**, se observó el cumplimiento de esta condición en todo el periodo evaluado para la mayoría de las áreas de vigilancia con la única excepción de la muestra de **verano (enero) de 2024 en Puerto Varas**.

Para el resto de los datos se verificó el cumplimiento de todos los criterios en todas las estaciones de la Red de Control y en todas las profundidades medidas tanto para Fósforo Total como para Ortofosfato. El detalle de la verificación se muestra en el Anexo 9, hoja “Análisis de fracciones”.



Finalmente, tras el análisis realizado, los datos discretos según profundidad invalidados para el proceso de evaluación normativo bajo los criterios señalados, o sin medición (SM), implicaron que la columna de agua del área de vigilancia correspondiente, en su totalidad, no sea considerada en el proceso de evaluación normativo para el parámetro correspondiente, dada su condición de no válidos (NV).

6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo

El artículo 5° de las NSCA lago Llanquihue 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 Llanquihue (Adaptado de las NSCA lago Llanquihue)

Parámetro	Unidad	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar
Conductividad	μS/cm	110	110	110	110
pH mínimo/máximo	Unidad	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5	≥ 8,5
Oxígeno Disuelto, Porcentaje de Saturación	%	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
Turbiedad	NTU	2,1	2,4	2,5	2,1
Sílice	mg/L	1,83	1,77	1,80	1,84
DQO	mg/L	4,8	6,0	5,0	4,9
Transparencia	m	≥ 13,5	≥ 16,0	≥ 12,5	≥ 14,0
Nitrógeno total	mg/L	0,12	0,13	0,13	0,14
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
Clorofila a	μg/L	1,4	1,4	1,4	1,4

De acuerdo a los límites establecidos en las NSCA lago Llanquihue, se entenderá que las aguas cumplen con las normas establecidas cuando el percentil 66 de los valores de las muestras analizadas para un parámetro, considerando un período de dos años consecutivos y según la frecuencia mínima establecida en el PMCCA lago Llanquihue, sea igual o menor a los límites (o rango) establecidos en las presentes normas. Para el caso de Transparencia y Oxígeno Disuelto se utiliza el percentil 33.



Se entiende como percentil el valor del dato que ocupa el “k-ésimo” lugar cuando éstos son ordenados de manera creciente; $n_1 < n_2 < \dots < n_{n-1} < n_n$, siendo $k=q \cdot n$, considerando que “q” = 0,66 (en el caso de percentil 66) y “n” equivale al número de datos.

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: Sílice, DQO, Transparencia, Nitrógeno total y Clorofila *a* en todas las áreas de vigilancia; Conductividad, pH y Oxígeno disuelto en Puerto Varas y Ensenada; y Fósforo total en Puerto Octay.
- Parámetros analizables de forma referencial⁴: Conductividad, pH y Oxígeno disuelto en Puerto Octay y Frutillar; Turbidez en todas las áreas de vigilancia y Fósforo total en Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.

Para cada una de las áreas de vigilancia se ponderaron las concentraciones obtenidas a las distintas profundidades, según el volumen que representa cada una en base a la metodología desarrollada por la DGA e indicada en el Sexto Informe de Calidad⁵ (**Tabla 10** y **Tabla 11**). Esta metodología consiste en estimar el volumen de agua representativo de cada profundidad de medición (para profundidades de verano y para profundidades de invierno), para cada una de las áreas de vigilancia y luego ponderar las concentraciones obtenidas en las distintas profundidades por dicho volumen, 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

⁴ La evaluación “referencial”, tiene un carácter informativo dado que no se cuenta con la cantidad mínima de datos para realizar la evaluación de cumplimiento normativo, ya sea por (1) inexistencia del reporte o (2) invalidación del mismo.

⁵ Disponible en el siguiente enlace: <http://sisfa.sma.gob.cl/Ficha/ProcesoFiscalizacion/67137>



Tabla 10. Porcentaje de volumen aproximado de agua contenido por área de vigilancia y rango de profundidad, verano (Fuente: Quinto Informe NSCA lago Llanquihue, DGA, 2016).

Área de Vigilancia		P. OCTAY		ENSENADA		P. VARAS		FRUTILLAR	
Estrato del lago (m)		VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%
0	7,5	7,05E+08	10,0	3,97E+09	3,1	1,01E+09	10,1	6.85E+08	7,8
7,5	22,5	1,23E+09	17,4	7,84E+09	6,2	1,86E+09	18,4	1.31E+09	14,9
22,5	40	1,24E+09	17,6	9,02E+09	7,1	1,96E+09	19,4	1.43E+09	16,3
40	65	1,42E+09	20,2	1,27E+10	9,9	2,21E+09	21,9	1.88E+09	21,4
65	89	9,92E+08	14,1	1,19E+10	9,4	1,42E+09	14,1	1.53E+09	17,4
89	Máx.	1,46E+09	20,7	8,20E+10	64,3	1,62E+09	16,1	1.95E+09	22,2
TOTAL		7,04E+09	100	1,27E+11	100	1,01E+10	100	8,78E+09	100

Tabla 11. Porcentaje de volumen aproximado de agua contenido por área de vigilancia y rango de profundidad, invierno (Fuente: Quinto Informe NSCA lago Llanquihue, DGA, 2016).

Área de Vigilancia		P. OCTAY		ENSENADA		P. VARAS		FRUTILLAR	
Estrato del lago (m)		VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%	VOLUMEN (m³)	%
0	15	1,34E+09	19,1	7,91E+09	6,2	1,97E+09	19,5	1,35E+09	15,4
15	65	3,25E+09	46,1	2,56E+10	20,1	5,07E+09	50,3	3,95E+09	45,0
65	Máx.	2,45E+09	34,8	9,39E+10	73,7	3,05E+09	30,2	3,48E+09	39,6
TOTAL		7,04E+09	100	1,27E+11	100	1,01E+10	100	8,78E+09	100

6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo

A continuación, se presentan los resultados obtenidos asociados a la evaluación de cumplimiento normativo de los datos obtenidos en el análisis del período bienal calendario 2023-2024. Toda la información utilizada para la evaluación, junto con los resultados de la aplicación de criterios de cumplimiento, se encuentran expuestos en el **Anexo 7**.

Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, a continuación, se detalla la nomenclatura de colores de las celdas utilizada en la **Tabla 12** a **Tabla 15**:



Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento supera los límites máximos permisibles, es decir, el resultado es mayor al 100% respecto del límite establecido en las NSCA lago Llanquihue (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Oxígeno disuelto, en concentración y porcentaje de saturación). Esta condición configura Incumplimiento Normativo.



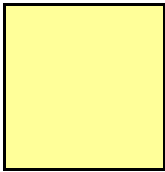
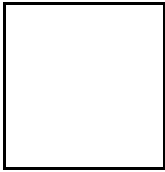
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento está bajo los límites máximos permisibles, pero en un “nivel de advertencia” debido a que el valor obtenido está próximo a los límites permisibles, es decir: el valor resulta estar entre el 80% y 100% respecto del límite establecido en las NSCA lago Llanquihue (o entre el 100% y 120% para el caso de Transparencia y Oxígeno disuelto, en concentración y porcentaje de saturación). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento está bajo los límites máximos permisibles y bajo los niveles de advertencia, es decir, el resultado es menor al 80% respecto del límite establecido en las NSCA lago Llanquihue (o sobre el 120% para el caso de Transparencia y Oxígeno disuelto, en concentración y porcentaje de saturación). Esta condición configura <u>Cumplimiento Normativo</u> .
	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento es <u>referencial</u> debido a que no se cuenta con el número mínimo de resultados válidos en el período bienal analizado (dos por año) según NSCA lago Llanquihue.
	Corresponde a aquellos parámetros que no fueron medidos (SM: Sin Medición) o a los datos reportados invalidados por uno o más de los criterios de validación (NV: No válido).



Tabla 12. Verificación NSCA lago Llanquihue, Área de Vigilancia Puerto Octay.

Periodo	CE (uS/cm)	pH (unidad)	O.D (mg/L)	O.D (% Sat)	Turbiedad (NTU)	Sílice (mg/L)	DQO (mg/L)	Transparencia	Nitrógeno Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila "a" (µg/L)
Verano 2023	NV	NV	NV	NV	NV	1,63	2,0	13,5	0,0300	0,006	0,5
Invierno 2023	76,6	7,64	10,16	92,5	NV	1,00	2,2	16,3	0,0317	0,009	1,0
Verano 2024	86,6	7,69	9,88	96,5	NV	0,76	3,0	18,3	0,0460	0,007	0,4
Invierno 2024	87,0	7,41	10,61	96,2	NV	1,64	2,0	13,0	0,0664	0,007	1,2

Percentil 66	86,6	7,64	10,16	96,2	-	1,63	2,2	16,3	0,046	0,007	0,5
Percentil 33	76,6	7,41	9,88	92,5	-	0,76	2,0	13,0	0,030	0,006	0,4
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,1	1,83	4,8	13,5	0,12	0,01	1,4
% Norma	78,8%	-	116,3%	108,8%	-	89,1%	45,3%	96,3%	38,4%	68,6%	33,3%
Evaluación	Cumple	Cumple	Cumple con advertencia	Cumple con advertencia	Sin evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Incumple	Cumple	Cumple	Cumple

Cumplimiento normativo.	Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.	Incumplimiento normativo.	Evaluación referencial.
-------------------------	--	---------------------------	-------------------------



Tabla 13. Verificación NSCA lago Llanquihue, Área de Vigilancia Ensenada.

Periodo	CE (uS/cm)	pH (unidad)	O.D (mg/L)	O.D (% Sat)	Turbiedad (NTU)	Sílice (mg/L)	DQO (mg/L)	Transparencia	Nitrógeno Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila "a" (µg/L)
Verano 2023	90,6	7,53	9,87	92,06	NV	1,62	2,0	16,5	0,033	0,006	0,4
Invierno 2023	82,9	7,31	10,21	94,88	NV	1,00	2,0	14,5	0,029	NV	1,3
Verano 2024	88,1	7,60	10,14	94,42	NV	1,07	2,7	15,0	0,125	0,016	0,5
Invierno 2024	87,1	7,49	10,61	95,99	NV	1,84	2,0	16,0	0,150	0,010	0,9

Percentil 66	88,1	7,53	10,21	94,9	-	1,62	2,0	16,0	0,125	0,010	0,9
Percentil 33	82,9	7,31	9,87	92,1	-	1,00	2,0	14,5	0,029	0,006	0,4
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,4	1,77	6	16	0,130	0,010	1,4
% Norma	80,1%	-	116,1%	108,3%	-	91,8%	33,3%	90,6%	96,1%	99,4%	67,6%
Evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple con advertencia	Cumple con advertencia	Sin evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Incumple	Cumple con advertencia	Cumple con advertencia	Cumple

Cumplimiento normativo.	Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.	Incumplimiento normativo.	Evaluación referencial.
-------------------------	--	---------------------------	-------------------------



Tabla 14. Verificación NSCA Área de Vigilancia Puerto Varas.

Periodo	CE (uS/cm)	pH (unidad)	O.D (mg/L)	O.D (% Sat)	Turbiedad (NTU)	Sílice (mg/L)	DQO (mg/L)	Transparencia	Nitrógeno Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila "a" (µg/L)
Verano 2023	91,8	7,68	9,69	94,0	NV	1,59	2,0	15,3	0,0366	0,006	0,5
Invierno 2023	113,7	7,72	10,47	94,4	NV	1,00	2,0	13,0	0,0400	NV	1,5
Verano 2024	86,2	6,92	10,07	98,3	NV	0,94	2,1	18,0	0,0431	0,007	0,4
Invierno 2024	86,9	7,63	11,17	100,6	0,04	2,29	2,0	17,5	0,0871	0,010	1,6

Percentil 66	91,8	7,68	10,47	98,3	0,04	1,59	2,0	17,5	0,043	0,007	1,5
Percentil 33	86,2	6,92	9,69	94,0	-	0,94	2,0	13,0	0,037	0,006	0,4
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,5	1,8	5	12,5	0,13	0,01	1,4
% Norma	83,5%	-	114,1%	110,6%	1,7%	88,3%	40,0%	104,0%	33,1%	68,0%	110,7%
Evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple con advertencia	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple	Incumple

Cumplimiento normativo.	Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.	Incumplimiento normativo.	Evaluación referencial.
-------------------------	--	---------------------------	-------------------------



Tabla 15. Verificación NSCA Área de Vigilancia Frutillar.

Periodo	CE (uS/cm)	pH (unidad)	O.D (mg/L)	O.D (% Sat)	Turbiedad (NTU)	Sílice (mg/L)	DQO (mg/L)	Transparencia	Nitrógeno Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Clorofila "a" (µg/L)
Verano 2023	NV	NV	NV	NV	NV	1,65	2,0	15,5	0,0345	0,006	0,4
Invierno 2023	95,7	7,66	10,31	74,9	NV	1,00	2,0	14,0	0,0366	NV	1,5
Verano 2024	115,5	7,77	9,94	96,6	NV	0,84	2,3	17,8	0,0229	0,008	1,1
Invierno 2024	86,7	7,50	10,63	96,3	NV	1,76	2,0	13,8	0,0726	0,007	1,2

Percentil 66	95,7	7,66	10,31	96,3	-	1,65	2,0	15,5	0,037	0,007	1,2
Percentil 33	86,7	7,50	9,94	74,9	-	0,84	2,0	13,8	0,023	0,006	0,4
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,1	1,84	4,9	14	0,14	0,01	1,4
% Norma	87,0%	-	116,9%	88,1%	-	89,7%	40,8%	98,2%	26,1%	66,7%	88,9%
Evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Cumple con advertencia	Incumple	Sin evaluación	Cumple con advertencia	Cumple	Incumple	Cumple	Cumple	Cumple con advertencia

Cumplimiento normativo.	Cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.	Incumplimiento normativo.	Evaluación referencial.
-------------------------	--	---------------------------	-------------------------



Según se observa en las tablas anteriores, se constató el **incumplimiento normativo** de Transparencia en estaciones Puerto Octay, Ensenada y Frutillar, y Clorofila *a* en Puerto Varas.

7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN

7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación

El artículo 12 de las NSCA lago Llanquihue indica que el Programa de Vigilancia (hoy Programa de Medición de la Calidad Ambiental) podrá incorporar el monitoreo de parámetros adicionales a los establecidos en la norma, así como también nuevas estaciones de monitoreo de calidad del agua, 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.

En el artículo tercero del PMCCA lago Llanquihue se señala que las cuatro estaciones analizadas en la Red de Control que también son cubiertas por la Red de Observación (es decir: Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar), y cuatro estaciones de monitoreo adicionales para conformar la Red de Observación de la calidad de las aguas, una de ellas dentro de un área de vigilancia ya establecida (Ensenada), y tres en cuerpos fluviales, señalándose todas ellas en la **Figura 2**; y cuatro estaciones litorales para el seguimiento de variables en sedimentos dentro de las áreas de vigilancia del lago.

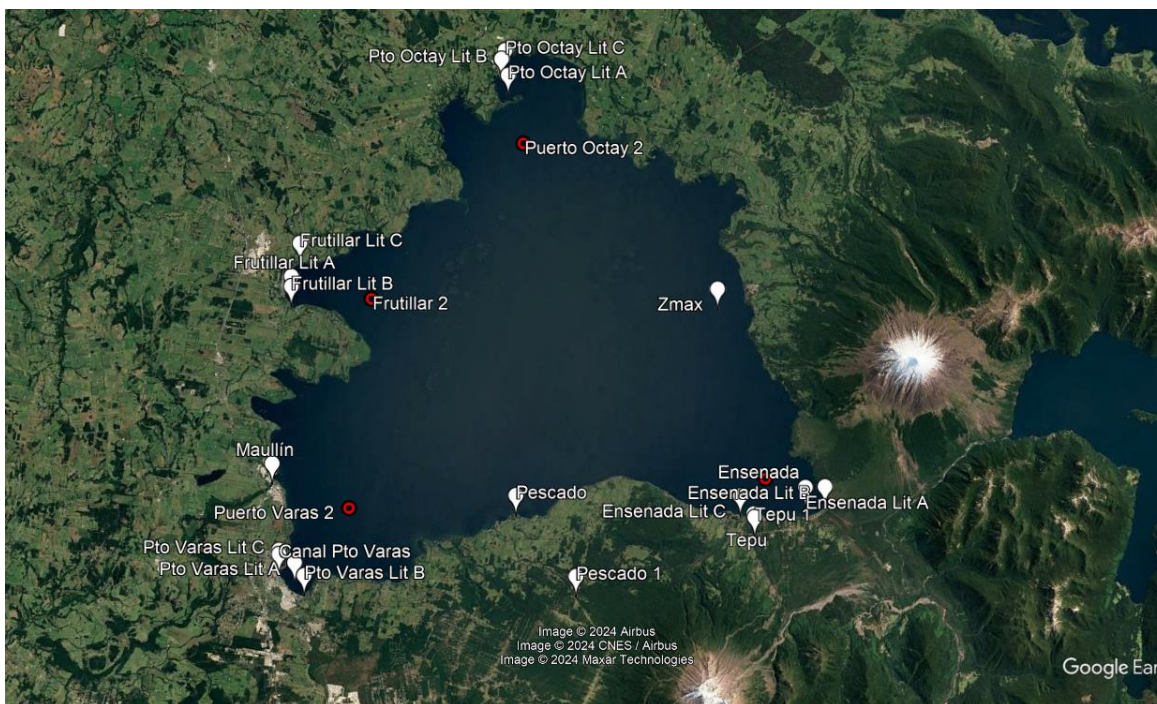
En la **Tabla 16** se presentan las estaciones de monitoreo de calidad del agua y sedimentos que conforman la Red de Observación:

Tabla 16. Estaciones de monitoreo de calidad de agua y sedimentos de la Red de Observación (Adaptado del PMCCA lago Llanquihue)

Nombre Área Vigilancia	Nombre estación de Monitoreo	Componente	Coordenadas UTM Datum WGS-84, Huso 18	
			E (m)	N (m)
Puerto Octay	Puerto Octay litoral	Aguas	680704	5457120
Puerto Octay	Puerto Octay litoral A	Aguas y Sedimentos	678973	5460236
Puerto Octay	Puerto Octay litoral B	Sedimentos	678310	5461993
Puerto Octay	Puerto Octay litoral C	Sedimentos	678454	5461938
Ensenada	Ensenada pelagial	Aguas	701759	5436631
Ensenada	Zona de máxima profundidad (Z máx.)	Aguas	696310	5447779
Ensenada	Ensenada litoral A	Aguas y Sedimentos	704834	5435017
Ensenada	Ensenada litoral B	Sedimentos	706188	5435304
Ensenada	Ensenada litoral C	Sedimentos	700390	5433635
Puerto Varas	Puerto Varas litoral	Aguas	673039	5429534
Puerto Varas	Puerto Varas litoral A	Aguas y Sedimentos	670114	5423617
Puerto Varas	Puerto Varas litoral B	Sedimentos	670948	5422848



Nombre Área Vigilancia	Nombre estación de Monitoreo	Componente	Coordenadas UTM Datum WGS-84, Huso 18	
			E (m)	N (m)
Puerto Varas	Puerto Varas litoral C	Sedimentos	668885	5424300
Frutillar	Frutillar	Aguas	671991	5444371
Frutillar	Frutillar litoral A	Aguas y Sedimentos	666298	5443470
Frutillar	Frutillar litoral B	Sedimentos	666423	5442770
Frutillar	Frutillar litoral C	Sedimentos	666479	5445892
-	Río Maullín	Aguas	667313	5430209
-	Río Pescado	Aguas	674717	5430955
-	Río Pescado 1	Aguas	689890	5426107
-	Río Tepu	Aguas y Sedimentos	701540	5432554
-	Río Tepu 1	Aguas y Sedimentos	701642	5432324
-	Canal Puerto Varas	Aguas	668935	5424016



El PMCCA lago Llanquihue considera el muestreo de indicadores biológicos en forma complementaria al control de la calidad del agua. Dichos bioindicadores corresponden a fitoplancton, zooplancton, peces, *Diplodon chilensis* y macrófitas acuáticas, en las cuatro áreas de vigilancia y en siete afluentes al lago Llanquihue.



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, ya sea para calidad del agua o sedimentos o biota. El detalle de esta información se detalla en el PMCCA lago Llanquihue, y se expone a continuación en la **Tabla 17**.

Según se establece en el artículo séptimo del PMCCA lago Llanquihue, para la Red de Observación se comprometen parámetros con frecuencia de monitoreo bianual (dos veces al año), a ejecutarse preferentemente en primavera o verano, así como parámetros con frecuencia de monitoreo anual, a ejecutarse preferentemente en verano.

Respecto al monitoreo de sedimentos, estos no se obtienen en las mismas estaciones de monitoreo de la columna de agua de la red de control (**Figura 2**), debido a que los instrumentos y metodologías de toma de sedimentos (draga o buzos) no permite el muestreo a altas profundidades.

Tabla 17. Estaciones y parámetros a monitorear en Red de Observación (Adaptado del PMCCA lago Llanquihue).

Tipos de Red	Tipo de estación	Parámetro	Frecuencia (veces al año)	Profundidades (m)
Red de Observación en Áreas de Vigilancia	Pelagial/Litoral	Perfil de Temperatura, Oxígeno y Clorofila total.	2	Toda la columna de agua
	Pelagial	Clorofila total, Ortofosfato	2	Periodo de mezcla: 0/15/30/50/80/100 Periodo de estratificación: 0/30/100
	Pelagial/Litoral	Abundancia y Composición de Fitoplancton	1	Superficie
	Pelagial	Abundancia y distribución de <i>Diplodon chilensis</i>	1	Infralitoral
	Litoral	Carbono total, DBO ₅ , Ortofosfato, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Sólidos suspendidos totales	2	Superficial/10/20
	Litoral	Abundancia y Composición de Comunidades de Macrófitas Acuáticas	1	Gradiente litoral hasta 20 m
	Litoral	Análisis de sedimentos (Granulometría, Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Fósforos Total y Carbono Orgánico Total)	1	Gradiente litoral hasta 20 m
Red de Observación Fluvial	Fluvial	Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, pH, Fósforo total, Nitrógeno total, Conductividad Eléctrica, DQP, Sílice, Turbiedad, Ortofosfato	2	Superficial
	Fluvial	Abundancia e índices comunitarios de Macroinvertebrados bentónicos	1	Fondo

La información referente a las mediciones ejecutadas durante el período bienal calendario 2023-2024, fue reportada a esta Superintendencia por la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA a través de los oficios expuestos en la **Tabla 1**.

Considerando la información entregada, en la **Tabla 18** se expone un resumen de los parámetros muestreados y su frecuencia de medición durante el período bienal evaluado (2023-2024).



Tabla 18. Resumen muestreos ejecutados en Red de Observación para el período bienal evaluado (2023-2024).

Matriz	Parámetro	Estación												
		Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	LIT Puerto Octay	LIT Ensenada	LIT Puerto Varas	LIT Frutillar	Zmax	Río Maullín	Río Pescado	Río Tepu	Canal Pto. Varas
Columna de agua	Oxígeno disuelto	No aplica, parámetros y estaciones considerados en Red de Control				2/3	3/4	3/3	3/3	1/1	3/4	4/4	4/4	4/4
	pH					2/3	3/4	3/3	3/3	1/1	3/4	4/4	4/4	4/4
	Fósforo total					3/4	3/4	3/4	4/4	0/1	3/3	4/3	4/3	4/3
	Nitrógeno total					3/4	3/4	3/4	4/4	0/1	3/3	4/3	4/3	4/3
	Clorofila "a"					3/3	3/4	3/4	4/4	0/1	NA	NA	NA	NA
	Conductividad					2/3	3/4	3/3	3/3	1/1	3/4	4/4	4/4	4/4
	Turbiedad					2/3	1/4	1/3	1/3	0/1	1/4	2/4	2/4	2/4
	Sílice					3/4	3/4	3/4	4/4	0/1	3/3	4/3	4/3	4/3
	Transparencia					3/4	3/3	3/3	4/4	1/1	NA	NA	NA	NA
	DQO					3/4	3/4	3/4	4/4	0/1	3/3	4/3	4/3	4/3
	Fosfato P-PO ₄	3/4	4/4	3/3	3/4	3/4	3/4	3/4	4/4	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
	Nitrato N-NO ₃	3/4	4/4	3/3	3/4	3/4	3/4	3/4	4/4	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
	Nitrito N-NO ₂	3/4	4/4	3/3	3/4	3/4	3/4	3/4	4/4	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
	HAP	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-	-
	Carbono total	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-	-
	DBO ₅	-	-	-	-	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	-	-	-	-
	Perfil O ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Perfil Temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Perfil Clorofila a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biota	Fitoplancton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Diplodon chilensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Macrófitas acuáticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Macroinvertebrados bentónicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sedimento	Granulometría	-	-	-	-	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-
	Materia Orgánica	-	-	-	-	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-
	Nitrógeno total	-	-	-	-	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-
	Fósforo total	-	-	-	-	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-
	Carbono Orgánico Total	-	-	-	-	1/1	1/1	1/1	1/1	-	-	-	-	-

X/Y: Número de campañas efectuadas en el año 2023/ Número de campañas efectuadas en el año 2024.

(-): No Aplica medición.

Durante el periodo en análisis, respecto a la columna de agua, se ejecutaron los muestreos para gran parte de los parámetros en todas las áreas de vigilancia, alcanzándose -en la mayoría de las áreas de vigilancia y para la mayoría de los parámetros- el mínimo fijado en el PMCCA. La excepción fueron la mayoría de los parámetros en Zmáx y Turbiedad en la mayoría de las estaciones.

Por otra parte, la matriz sedimentos fue muestreada completamente en las cuatro estaciones litorales.



7.3. Metodologías de muestreo y análisis

De acuerdo a lo señalado en el artículo 14° de las NSCA lago Llanquihue se consideró para la Red de Observación, para la mayoría de los parámetros, igual metodología a la fijada para la Red de Control, complementada por la establecida en el PMCCA lago Llanquihue, todo lo cual se expone en la **Tabla 6**.

Al respecto, la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA remitieron a través de los oficios expuestos en la **Tabla 1** los resultados de los análisis de laboratorio para los muestreos realizados período bienal calendario 2023-2024, en los cuales se detallan los métodos analíticos empleados para la obtención de resultados a ser evaluados. Por su parte, la DGA entregó el detalle de los procedimientos de manejo de muestras obtenidas por dicho servicio, dentro de los cuales se detallan los diversos instructivos que aplica dicho organismo en sus actividades, los cuales pueden ser observados en **Tabla 7**. Las metodologías de análisis utilizadas se detallan a continuación en la **Tabla 19**:

Tabla 19. Resumen metodologías usadas para medición y/o análisis de parámetros adicionales en Red de Observación.

Matriz	Parámetro	Método
Columna de agua	Fosfato P-PO ₄	SM 4500-P E
	Fósforo Total	Standard Methods N°4500 P J Standard Methods N°4500 P E Standard Methods N° 3120 B
	Nitrato N-NO ₃	SM 4500 NO ₃ D (agosto 2021) SM 4110 B (verano 2021 invierno 2021 (julio)
	Nitrito N-NO ₂	SM 4500-NO ₂ B (agosto 2021)
	Nitrógeno Total	Standard Methods 4500-N C Standard Methods N°4500 B, D, N org B-Nitrógeno Total (cálculo) Standard Methods N°4500 N A (Cálculo)
	Hidrocarburos Fijos	SM 5520 F
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210
	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D
	Sílice	SM 4500-SiO ₂ C
		Hach Method 8185, USEPA
Biota	Fitoplancton	Método Uthermol
	<i>Diplodon chilensis</i>	Evaluación del estado trófico de las aguas de acuerdo a la densidad de individuos (ind/m ²)
	Macrófitas acuáticas	Determinación de trofia por la aplicación del índice Trófico Fluvial basado en Macrófitos (ITFM)
	Macroinvertebrados bentónicos	Evaluación del estado trófico de las aguas de acuerdo a índices bióticos ChIBF, EPT y EPT/C.
Sedimento	Granulometría	Escala Wentworth Res. Ex. 3612 de DS 320 de 2001
	Materia Orgánica	MQC000059 basado en TMECC 05.07, año 2002
	Nitrógeno total	MQC000058 basado en TMECC 04.02, año 2002
	Fósforo total	SM 3120 B



Matriz	Parámetro	Método
	Carbono Orgánico Total	MQC000059 basado en TMECC 05.07, año 2002

Destacado en rojo los parámetros analizados con una metodología analítica diferente a la establecida en el PMCCA lago Llanquihue.

En referencia a los tiempos de preservación de muestras, calculados considerando las fechas de muestreo y de inicio de aplicación de la metodología analítica, se han obtenido los siguientes resultados:

- **Tiempos de preservación:** Los tiempos de preservación recomendados para cada parámetro analizado son aquellos establecidos en la NCh. 411/3 Of. 96 y/o en “Standard Methods” for Examination of Water and Wastewater, cuyo contraste se detalla en el **Anexo 8**. De acuerdo a ello, no se identificó excedencias en ninguna de las muestras.

Tras el análisis, fue posible determinar que:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas por la DGA para el desarrollo de las seis campañas de muestreo, consideraron las establecidas en los instructivos emitidos por este organismo, ya descritas en la **Tabla 7**.
- Tiempos de preservación: Todos los parámetros analizados cumplieron con los tiempos máximos definidos para su almacenamiento previo análisis.
- Metodologías de análisis: La mayoría de las metodologías utilizadas para el análisis de los parámetros, consideraron las establecidas en las NSCA y/o PMCCA del lago Llanquihue.

8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN

Toda la información asociada a la Red de Observación, la cual comprende la medición y cuantificación de parámetros en aguas, sedimentos y biota, realizada durante el periodo bienal 2023-2024, reportadas por la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA, se presenta en el **Anexo 8**.

Considerando lo anterior, fue posible verificar lo siguiente:

Componente columna de agua: Se verificó la entrega de reportes asociados a las campañas de muestreo de aguas realizadas en toda la Red de Observación, esto es, en las estaciones fluviales (río Tepu, río Pescado, río Maullín y canal Puerto Varas), además de las estaciones de monitoreo de la red de control del lago Llanquihue (Puerto Octay 2, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar); la estación Zmáx en el área de vigilancia de Ensenada y las estaciones litorales (Puerto Octay Litoral A, Ensenada Litoral A, Puerto Varas Litoral A y Frutillar Litoral A), donde se monitorearon gran parte de los parámetros según correspondencia a lo especificado en **Tabla 18**.



Componente sedimento: Se verificó la entrega de datos respecto de las campañas de muestreo de sedimentos realizadas en las cuatro estaciones de sedimentos de la Red de Observación en ambas campañas de verano, contando con reportes para los parámetros Granulometría, Materia Orgánica Total, Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total y Fósforo Total, Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y de manera adicional los parámetros pH y Potencial Redox.

9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS

La Resolución SMA N° 296, del 12 de febrero de 2021, 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 Llanquihue, 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 las normas de calidad, en estado de latencia o en estado de saturación.

En línea con lo anterior, en la **Tabla 20**, se presenta un resumen del cumplimiento normativo existente, respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano 2013 hasta invierno 2024.



Tabla 20: Resumen de resultados de la evaluación de cumplimiento normativo de cada periodo analizado entre 2013-2024 en cada área de vigilancia.

Parámetro	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024			
	Puerto Octay												Ensenada												Puerto Varas												Frutillar										
C. Eléctrica																																															
pH																																															
O ₂ Disuelto																																															
Saturación de Oxígeno																																															
Turbiedad																																															
Sílice																																															
DQO																																															
Transparencia																																															
Nitrógeno Total																																															
Fósforo Total																																															
Clorofila "a"																																															

Cumplimiento
normativo.

Cumplimiento
normativo, en nivel de
advertencia.

Incumplimiento
normativo.

Evaluación
referencial.



De acuerdo a lo evidenciado en la **Tabla 20**, en la cual se detallan los resultados históricos de la evaluación de cumplimiento del periodo 2013-2024 (**Anexo 9**), para cada parámetro medido, en las cuatro estaciones asociadas a sus respectivas áreas de vigilancia, se logra establecer lo siguiente:

- De manera general, se puede señalar que la obtención de datos ha sido disímil entre las áreas de vigilancia, lo que se explicaría principalmente por las condiciones cambiantes del clima y de navegación al momento de efectuar los muestreos, lo que puede impedir la toma de muestras bajo ciertas condiciones.
- Respecto a Demanda Química de Oxígeno, se continúa observando resultados por debajo del límite de detección, en la mayoría de las campañas ejecutadas, en todas las estaciones de las áreas de vigilancia.
- Especialmente, la estación que ha presentado la mayor cantidad de parámetros con evaluación formal, ha sido Puerto Octay, con un 55% de evaluaciones bienales en todo el periodo evaluado, y la única que ha contado con datos de Transparencia durante todo el periodo histórico.
- Respecto del parámetro que presenta mayor cantidad de cumplimiento normativo formal, se establece el caso de Sílice, en todas las estaciones de las áreas de vigilancia.
- El parámetro que ha presentado mayor cantidad de incumplimiento normativo formal, ha sido Transparencia, situación que predominó durante 2016 a 2024 en todas las estaciones.
- Los periodos que presentaron mayor cantidad de parámetros con datos válidos, correspondieron a 2019-2020, teniendo evaluación formal para todos los parámetros, con la única excepción del Nitrógeno total, cuyo análisis ha sido referencial en todas las estaciones durante la mayoría de los periodos evaluados, salvo Puerto Octay y Frutillar en los últimos dos periodos donde si se efectuó evaluación formal de cumplimiento.
- Respecto a esto último, las mediciones válidas ejecutadas para Nitrógeno total que permitieron una evaluación referencial han permitido identificar rangos de < 0,01 a 0,70 mg/L de Nitrógeno total en Puerto Octay, con el rango de concentraciones más altas registradas en el lago, y entre < 0,01 y 0,13 mg/L en Puerto Varas con el rango de concentraciones más bajas del lago.



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 por la DGA durante los años 2023 y 2024, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en las NSCA lago Llanquihue y su respectivo PMCCA lago Llanquihue, y de las campañas realizadas por la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA en igual período para la Red de Observación.

En relación a la calidad de las aguas muestreadas y por tanto al cumplimiento de las NSCA lago Llanquihue, es posible señalar:

A partir de la información recopilada en las campañas realizadas en el periodo bienal 2023-2024, en las cuatro estaciones definidas como **Red de Control**, se determina la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- a) Conductividad: se determinó **cumplimiento normativo** en las estaciones Ensenada y Puerto Varas, ambas en nivel de advertencia; y **cumplimiento normativo referencial** en las áreas de vigilancia Puerto Octay y Frutillar.
- b) pH: se determinó **cumplimiento normativo** en las estaciones Ensenada y Puerto Varas; y **cumplimiento normativo referencial** en Puerto Octay y Frutillar.
- c) Oxígeno Disuelto (concentración): se determinó **cumplimiento normativo** en nivel de advertencia en las áreas de vigilancia Ensenada y Puerto Varas; y **cumplimiento normativo referencial** en Puerto Octay y Frutillar, ambos en niveles de advertencia igualmente.
- d) Oxígeno Disuelto (saturación): se determinó **cumplimiento normativo** en las áreas de vigilancia Ensenada y Puerto Varas; **cumplimiento normativo referencial** en Puerto Octay e **incumplimiento normativo referencial** en Frutillar.
- e) Turbiedad: No fue evaluado por falta de datos válidos suficientes para ello.
- f) Sílice: se constató **cumplimiento normativo** en nivel de advertencia en todas las áreas de vigilancia.
- g) Demanda Química de Oxígeno: se constató **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia.



- h) Transparencia: se constató **cumplimiento normativo** en niveles de advertencia en Puerto Varas e **incumplimiento normativo** en Puerto Octay, Ensenada y Frutillar.
- i) Nitrógeno Total: se determinó **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia, en nivel de advertencia en el caso de Ensenada.
- j) Fósforo Total: se determinó **cumplimiento normativo** en Puerto Octay y **cumplimiento normativo referencial** en Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.
- k) Clorofila “a”: se constató **cumplimiento normativo** en las áreas de vigilancia de Puerto Octay, Ensenada y Frutillar, esta última en nivel de advertencia e **incumplimiento normativo** en Puerto Varas.

En conclusión, se estableció el incumplimiento de las NSCA lago Llanquihue en el periodo bienal 2023-2024 por Transparencia en las áreas de vigilancia Puerto Octay, Ensenada y Frutillar, y por Clorofila a en Puerto Varas.



11. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	ORD. DGA/DCPRH N° 65, de 01 de diciembre de 2023.
2	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/487/S.M.A., de 15 de abril de 2024.
3	Oficio ORD. SMA N° 585, de 17 de marzo de 2025.
4	ORD. DGA/DCPRH N° 15, de 24 de marzo de 2025.
5	Oficio ORD. SMA N° 79, de 29 de noviembre de 2024.
6	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/400/S.M.A., de 21 de marzo de 2025.
7	Resumen de datos Red de Control período 2023-2024
8	Resumen de datos Red de Observación período 2023-2024
9	Datos históricos 2013-2024 Lago Llanquihue

