



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-2023-3053-X-NC

Diciembre 2024

	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	10
5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control	11
5.5. Metodologías de muestreo y análisis.....	14
6. RESULTADOS RED DE CONTROL Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	18
6.1. Metodología para la evaluación del cumplimiento normativo.....	18
6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo	21
7. VALIDEZ DE DATOS RED DE OBSERVACIÓN.....	26
7.1. Estaciones de monitoreo Red de Observación	26
7.2. Frecuencia de Monitoreo Red de Observación.....	28
7.3. Metodologías de muestreo y análisis.....	30
8. RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN	32
9. ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS	34
10. CONCLUSIONES	37
11. ANEXOS	39



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 2021-2022, 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 2021 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-2022-1912-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 2021-2022 por Transparencia en las áreas de vigilancia Ensenada, Puerto Varas y Frutillar**.

Algunos de los parámetros se evaluaron sólo de manera referencial ⁽¹⁾, como es el caso de: Conductividad en Frutillar, pH en Frutillar y Puerto Varas, Oxígeno Disuelto en todas las estaciones excepto Ensenada, Clorofila "a" en todas las estaciones excepto Frutillar, y Turbiedad, Sílice, DQO, Nitrógeno Total y Fósforo Total en todas las estaciones.

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



Red de Observación

Se constató la realización del monitoreo de todas las estaciones consideradas en el PMCCA, en al menos una oportunidad anual durante el período bienal 2021-2022. Pese a ello, no se ejecutaron los análisis de todos los parámetros con la frecuencia mínima propuesta.

Los parámetros medidos en la columna de agua en las estaciones fluviales (río Tepu, río Pescado y río Maullín) fueron: Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Sílice, DQO, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Clorofila “a”, Fosfato, Nitrito, Nitrato y Temperatura. Adicionalmente, en todas las estaciones de monitoreo de la red de control del lago Llanquihue y Zmáx (en Ensenada), se monitorearon los parámetros antes señalados junto con los parámetros Transparencia, perfiles de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH y Clorofila “a”, además de Hidrocarburos totales Hidrocarburos aromáticos volátiles y Carbono orgánico total.

Por otra parte, en la componente sedimentos se constató que durante el periodo bienal 2021-2022, 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, 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° 122/2009, 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 2011, 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 2021 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente **DFZ-2022-1912-X-NC** y adiciona la información del periodo 2022, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2021 y el 31 diciembre de 2022, y con ello, el presente informe da cuenta de cuatro (4) actividades de fiscalización ⁽²⁾.

⁽²⁾ Se considera como Actividad de Fiscalización a la evaluación del cumplimiento normativo de cada una de las estaciones de la Red de Control (4 en total), en el período bienal correspondiente al presente informe.



Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por la DGA, por la Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 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° 88, de 19 de noviembre de 2021. Envía Minuta DCPRH N° 31, y con ella, antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue (Anexo 1).	19 de noviembre de 2021	enero a diciembre de 2021
2	ORD. DGA/DCPRH N° 133, de 14 de diciembre de 2022. Envía Minuta DCPRH N° 33, y con ella, antecedentes para realizar el informe de cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue (Anexo 2).	14 de diciembre de 2022	enero a diciembre de 2022
3	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/544/SMA, de 17 de mayo de 2022. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a las campañas 2021 (Anexo 3).	20 de mayo 2022	enero a diciembre de 2021
4	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/695/SMA, de 23 de mayo de 2023. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a las campañas 2022 (Anexo 4).	23 de mayo de 2023	enero a diciembre de 2022
5	Oficio Ord. N° 439 de 23 de diciembre de 2021 de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Los Lagos. Envía información año 2021 de la Red de Observación de las NSCA Lago Llanquihue (Anexo 5).	23 de diciembre de 2021	enero de 2020 a septiembre 2021
6	Oficio Ord. N° 92, de 16 de marzo de 2022 de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Los Lagos. Envía información años 2020 y 2021 de la Red de Observación de las NSCA Lago Llanquihue (Anexo 6).	16 de marzo de 2022	enero de 2020 a septiembre 2021
7	Información da respuesta a consultas realizadas por SMA a DGA con fecha 19-10-2022, respecto de resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue correspondiente a las campañas 2021 (Anexo 7).	19 de octubre 2022	enero a diciembre de 2021
8	Oficio ORD. SMA N° 2.942, de 19 de diciembre de 2024 y copia de correos electrónicos DGA en respuesta (Anexo 8).	19 de diciembre de 2024	Enero de 2022 a diciembre de 2023

La verificación del cumplimiento normativo realizado en el presente informe permite al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 302, de 2011, del Subsecretario del Medio Ambiente, que instruye sobre modificaciones al procedimiento de declaración de zona saturada y latente, anexos partir de la entrada en vigencia de la nueva Institucionalidad Ambiental, modificada por la Resolución Exenta N° 422, de 2012. Lo antes mencionado, según lo establece la Resolución Exenta N° 503, de 2021 del MMA, que complementa la Circular N° 0001, de 2005, de la Comisión Nacional



del Medio Ambiente, la cual Instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de las zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico³.

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 2021-2022, 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 (2013-2022).

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 2021-2022, 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.

³ Aplicable a medio hídrico.



5. VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

5.1. Criterios para la validación de los datos

De acuerdo a lo establecido en el 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 sistematiza 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 2021 a diciembre de 2022. Los resultados obtenidos en el análisis por cada criterio de validación analizado, durante el periodo bienal 2021-2022, se exponen a continuación.

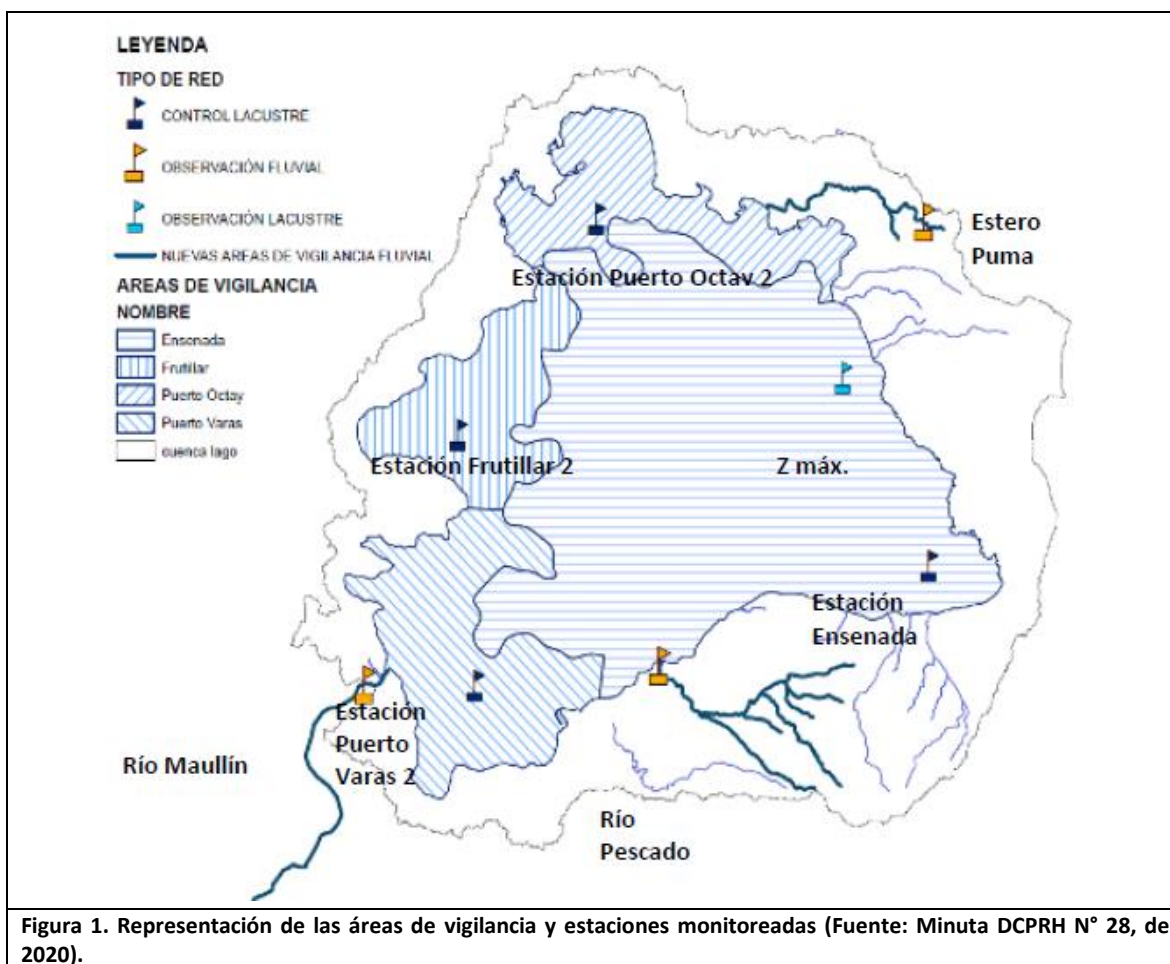
5.2. Estaciones de Monitoreo Red de Control

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





Las actividades de muestreo ejecutadas en las estaciones señaladas durante el período biennial calendario 2021-2022, 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 2021	Campañas 2022
Puerto Octay	Puerto Octay 2	15-02-2021 09-08-2021	26-01-2022 16-03-2022 26-07-2022 25-08-2022
Ensenada	Ensenada	16-02-2021 16-03-2021 08-07-2021 09-08-2021	25-01-2022 15-03-2022 25-07-2022 23-08-2022
Puerto Varas	Puerto Varas 2	16-02-2021 17-03-2021 11-08-2021	25-01-2022 26-01-2022 16-03-2022 26-08-2022
Frutillar	Frutillar 2	15-02-2021 17-03-2021 10-08-2021	26-01-2022 16-03-2022 26-07-2022 25-08-2022

A través de la información expuesta, es posible identificar la realización de ocho (8) campañas de monitoreo durante el periodo bienal calendario 2021-2022, distribuidos en cuatro monitoreos en el año 2022 en todas las áreas de vigilancia y en el caso de los monitoreos del año 2021, se observan dos en el área de vigilancia Puerto Octay, tres en las áreas de vigilancia Puerto Varas y Frutillar y cuatro en el área de vigilancia Ensenada. Por lo tanto, se verifica la realización de seis campañas para Puerto Octay, ocho campañas para Puerto Varas y Ensenada, y siete monitoreos en el caso de Frutillar, durante el período bienal calendario 2021-2022. Junto a lo anterior, se valida 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, esto es 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 sólo en superficie.

Se expone a continuación en la **Tabla 4**, el detalle de la información recopilada durante el período bienal 2021-2022, 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 2021 (febrero)	Verano 2021 (marzo)	Invierno 2021 (julio)	Invierno 2021 (agosto)	Verano 2022 (enero)	Verano 2022 (marzo)	Invierno 2022 (julio)	Invierno 2022 (agosto)
Puerto Octay	Conductividad	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	pH	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	-
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/100	-	-	-	0/15/30/5 0/80/100	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	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Sílice	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	DQO	-	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100
	Nitrógeno Total	-	-	-	0/30/100	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	0/15/30/5 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	0/15/30/5 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	0/30/100	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/100	0/30/100
	pH	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/5 0/80/100	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	-	-
	Sílice	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	-
	DQO	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/*/*/*/*/ 100	0/15/30/5 0/80/100	0/*/100	-
	Transparencia	0/15/30/5 0/80/100	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
	Nitrógeno Total	-	0/15/30/5 0/80/100	0/30/100	0/30/100	0/*/*/*/*/ 100	-	0/*/100	-
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	-
	Clorofila a	0/15/30/5 0/80/100	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/*/100	0/30/100
Puerto Varas	Conductividad	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100



Estación	Parámetro	Verano 2021 (febrero)	Verano 2021 (marzo)	Invierno 2021 (julio)	Invierno 2021 (agosto)	Verano 2022 (enero)	Verano 2022 (marzo)	Invierno 2022 (julio)	Invierno 2022 (agosto)
	pH	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/*/ */100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/15/30/*/ */100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-	0/15/30/*/ */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	0/15/30/*/ */100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Sílice	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	DQO	-	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Transparen- cia	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100
	Nitrógeno Total	-	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-	-
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Clorofila a	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/100
Frutillar	Conductivi- dad	0/15/30/5 0/80/*	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	pH	0/15/30/5 0/80/*	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/5 0/80/*	-	-	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/5 0/80/*	-	-	-	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/5 0/80/*	-	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	-	-
	Sílice	0/15/30/5 0/80/*	0/*/*/*/*/ 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/*/*/*/*/ 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	0
	Nitrógeno Total	-	0/*/*/*/*/ 100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	-	0/30/*	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/5 0/80/*	0/*/*/*/*/ 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/*/*/*/*/ 100	-	0/30/100	0/15/30/5 0/80/100	0/15/30/5 0/80/100	0/30/*	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 2021 sólo se observa información completa de un muestreo durante verano y uno durante invierno en el área de vigilancia Ensenada, y de un



muestreo durante verano en Frutillar y Puerto Octay. El resto de las áreas de vigilancia no cuentan con información completa para todos los parámetros en, al menos, las dos campañas que se requieren para obtener la representatividad estacional.

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 ASTM 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-SiO ₂ 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 2021-2022, respecto de las definidas en las NSCA lago Llanquihue y complementados por PMCCA lago Llanquihue, es 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 observan excedencia en los parámetros:

- Nitrógeno Total durante la campaña de enero de 2022 en todas las estaciones de la red de control.

Tras el análisis realizado se establece que los datos mencionados serán invalidados 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 son 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° 88/2021 y Ord. DCPRH N° 133/2022)

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
Sílice	Método de silico-molibdato	Standard Methods N°4500-SiO ₂ C Hach Method 8185, USEPA LADGA-ITM-20. Método interno DGA Standard Methods N°4500-SiO₂ D
DQO	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N° 5220 D
Transparencia	Disco Secchi	LADGA-IML-07. Método Interno DGA. Disco Secchi



Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
Nitrógeno Total	Cromatografía iónica	Standard Methods 4500-N C Standard Methods N°4500 B,D,N org B-Nitrógeno Total (cálculo) Standard Methods N°4500 N A (cálculo) Cálculo según sumatoria de Concentraciones de especies nitrogenadas.
Fósforo Total	Método ácido ascórbico y digestión ácida con persulfato.	Standard Methods N°4500 P J Standard Methods N°4500 P E Standard Methods N° 3120 B
Clorofila "a"	Método de fluorescencia	Scor-Unesco

Destacado en **color rojo** las metodologías analíticas utilizadas son diferentes a la establecida en el PMCCA lago Llanquihue.

Al respecto, se establece lo siguiente:

- La mayoría de los métodos analíticos utilizados se condicen con los propuestos en las NSCA lago Llanquihue, y/o PMCCA lago Llanquihue, a excepción de los siguientes parámetros: **Nitrógeno Total** en verano 2021 (marzo), invierno 2021 (julio/agosto) y verano 2022 (enero); **Sílice y Fósforo Total** en invierno 2022 (julio/agosto).
- En el caso del Nitrógeno Total se utilizó metodologías para la obtención del parámetro mediante suma de especies (cálculo); para el Sílice el método Standard Methods N°4500-SiO₂ D; y para Fósforo Total el método Standard Methods N° 3120 B.

Tras la información analizada, estos datos han sido invalidados por no cumplir con las metodologías de análisis previamente establecidas, sin una debida justificación técnica.

- 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 establece que éste debe ser igual o 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 constata el cumplimiento de esta condición en todas las mediciones realizadas en el periodo bienal 2021-2022, en las cuatro estaciones de la Red de Control, respecto de los parámetros DQO y Sílice. El resto de los parámetros/especies, presentan incumplimiento respecto del criterio en los periodos y estaciones de la Red de Control, según se informan a continuación:
 - Nitrógeno total en las campañas de verano e invierno 2021 y verano 2022 (enero), en todas las estaciones de la red de control.
 - Fósforo Total en las campañas de invierno 2021 (agosto) y verano 2022 (enero/marzo), en todas las estaciones de la red de control.

Tras el análisis realizado los datos mencionados fueron invalidados para el proceso de evaluación normativo del parámetro en aquellos registros bajo el límite de detección.



- Validación de análisis realizados en laboratorios externos: Durante el periodo en evaluación, se realizó el análisis mediante el laboratorio de la DGA (LADGA) y laboratorios externos (SGS Chile; HIDROLAB; EULA Chile) Considerando los criterios técnicos establecidos en el PMCCA lago Llanquihue, estableciéndose lo siguiente:
 - 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), lo cual permite establece cumplimiento de esta condición.
 - 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 2021-2022, respecto del parámetro Fósforo de Ortofosfato respecto del parámetro Fósforo Total, observa que no se cumple con esta condición sólo en la estación Frutillar en la campaña de invierno 2021 (agosto).

Tras el análisis realizado se estableció que los datos mencionados serán invalidados para el proceso de evaluación normativa del parámetro.

Para el resto de los datos se verificó el cumplimiento del criterio 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”.

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



Parámetro	Unidad	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar
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; $n_1 < n_2 < \dots < n_{k-1} < n_k < n_{k+1} < \dots < n_n$, siendo $k=q*n$, 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 2021-2022, la que será abordada como sigue:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Conductividad en todas las estaciones excepto Frutillar, pH en todas las estaciones excepto Frutillar y Puerto Varas, Oxígeno Disuelto en Ensenada, y Clorofila "a" en todas las estaciones excepto Frutillar
- Parámetros analizables de forma referencial: Conductividad en Frutillar, pH en Frutillar y Puerto Varas, Oxígeno Disuelto en todas las estaciones excepto Ensenada, Clorofila "a" en todas las estaciones excepto Frutillar, y Turbiedad, Sílice, DQO, Nitrógeno Total y Fósforo Total en todas las estaciones.

Para cada una de las áreas de vigilancia se pondera 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 Calidad (**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:

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

Donde:



C_{total} = concentración total de un parámetro para un área de vigilancia

V_{Ei} = Volumen de agua del estrato i

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

Tabla 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



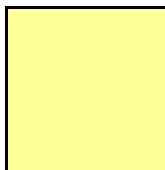
6.2. Resultados de la evaluación del cumplimiento normativo

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 2021-2022. 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**.

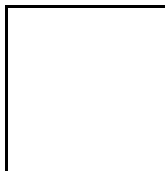
Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados obtenidos, a continuación, se detalla la nomenclatura de colores de las celdas utilizada en la **Tabla 12** a **Tabla 15**:



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 Cumplimiento Normativo.



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 Cumplimiento Normativo.



Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento es referencial 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.



SM/NV

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 2021	75,8	7,81	9,59	93,9	0,2	1,00	5,2	16,3	0,0323	0,003	0,5
Invierno 2021	87,0	7,62	10,13	91,3	SM/NV	SM/NV	2,0	17,3	0,0333	SM/NV	0,9
Verano 2022	90,9	7,40	9,57	93,3	1,3	1,00	SM/NV	18,0	SM/NV	0,003	0,5
Invierno 2022	77,3	7,63	SM/NV	SM/NV	SM/NV	1,00	3,0	15,5	SM/NV	SM/NV	0,6

Percentil 66	87,0	7,63	9,59	93,3	0,2	1,00	3,0	17,3	0,032	0,003	0,6
Percentil 33	75,8	7,40	9,57	91,3	0,2	1,00	2,0	15,5	0,032	0,003	0,5
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	79,1%	-	112,6%	107,4%	7,6%	54,6%	62,5%	114,8%	26,9%	29,6%	40,7%
Evaluación	cumple	cumple	cumple con advertencia	cumple con advertencia	cumple	cumple	cumple	cumple con advertencia	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 2021	74,3	7,67	9,88	92,98	0,2	1,00	2,0	14,5	0,056	0,004	0,5
Invierno 2021	86,7	7,94	9,98	89,80	SM/NV	SM/NV	SM/NV	14,0	SM/NV	SM/NV	0,9
Verano 2022	92,7	7,29	9,91	92,57	0,8	1,00	2,0	16,3	0,672	0,004	0,3
Invierno 2022	77,0	7,66	9,94	91,25	SM/NV	1,00	3,2	18,0	1,446	0,010	0,3

Percentil 66	86,7	7,67	9,94	92,6	0,2	1,00	2,0	16,3	0,672	0,004	0,5
Percentil 33	74,3	7,29	9,88	89,8	0,2	1,00	2,0	14,0	0,056	0,004	0,3
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,4	1,77	6	16	0,130	0,010	1,4
% Norma	78,8%	-	116,3%	105,7%	6,4%	56,5%	33,3%	87,5%	517,2%	43,2%	37,8%
Evaluación	cumple	cumple	cumple con advertencia	cumple con advertencia	cumple	cumple	cumple	incumple	incumple	cumple	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 2021	89,1	7,68	9,33	92,9	0,2	1,00	4,0	14,8	0,0308	SM/NV	0,6
Invierno 2021	85,1	SM/NV	10,06	90,5	SM/NV	SM/NV	SM/NV	12,0	SM/NV	SM/NV	1,2
Verano 2022	92,7	7,56	9,74	96,5	0,7	1,00	3,0	14,3	0,8261	0,003	0,5
Invierno 2022	76,9	7,64	SM/NV	SM/NV	SM/NV	1,00	3,0	12,0	1,1969	SM/NV	0,6

Percentil 66	89,1	7,64	9,74	92,9	0,2	1,00	3,0	14,3	0,826	0,003	0,6
Percentil 33	76,9	7,56	9,33	90,5	0,2	1,00	3,0	12,0	0,031	0,000	0,5
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,5	1,8	5	12,5	0,13	0,01	1,4
% Norma	81,0%	-	109,7%	106,5%	6,8%	55,6%	60,0%	96,0%	635,4%	33,1%	43,2%
Evaluación	cumple con advertencia	cumple	cumple con advertencia	cumple con advertencia	cumple	cumple	cumple	incumple	incumple	cumple	cumple

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 2021	75,1	7,77	9,66	93,7	0,2	1,00	4,2	19,3	0,0314	0,001	0,5
Invierno 2021	86,9	SM/NV	10,07	90,6	SM/NV	1,23	2,0	15,8	0,0131	0,006	0,6
Verano 2022	SM/NV	SM/NV	SM/NV	SM/NV	SM/NV	SM/NV	SM/NV	12,8	SM/NV	SM/NV	SM/NV
Invierno 2022	77,3	7,41	SM/NV	SM/NV	SM/NV	6,35	4,1	14,5	0,5172	SM/NV	0,5

Percentil 66	77,3	7,41	9,66	90,6	0,2	1,23	4,1	15,8	0,031	0,001	0,5
Percentil 33	75,1	7,41	9,66	90,6	0,0	1,00	2,0	12,8	0,013	0,001	0,5
Valor Norma	110	6,5 - 8,5	8,5	85	2,1	1,84	4,9	14	0,14	0,01	1,4
% Norma	70,3%	-	113,6%	106,6%	11,0%	66,9%	84,5%	91,1%	22,4%	14,1%	37,1%
Evaluación	cumple	cumple	cumple con advertencia	cumple con advertencia	cumple	cumple	cumple con advertencia	incumple	cumple	cumple	cumple

Cumplimiento
normativo.

Cumplimiento
normativo, en nivel de
advertencia.

Incumplimiento
normativo.

Evaluación
referencial.



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

- Transparencia en estaciones Ensenada, Puerto Varas y Frutillar

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



Nombre Área Vigilancia	Nombre estación de Monitoreo	Componente	Coordenadas UTM Datum WGS-84, Huso 18	
			E (m)	N (m)
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
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



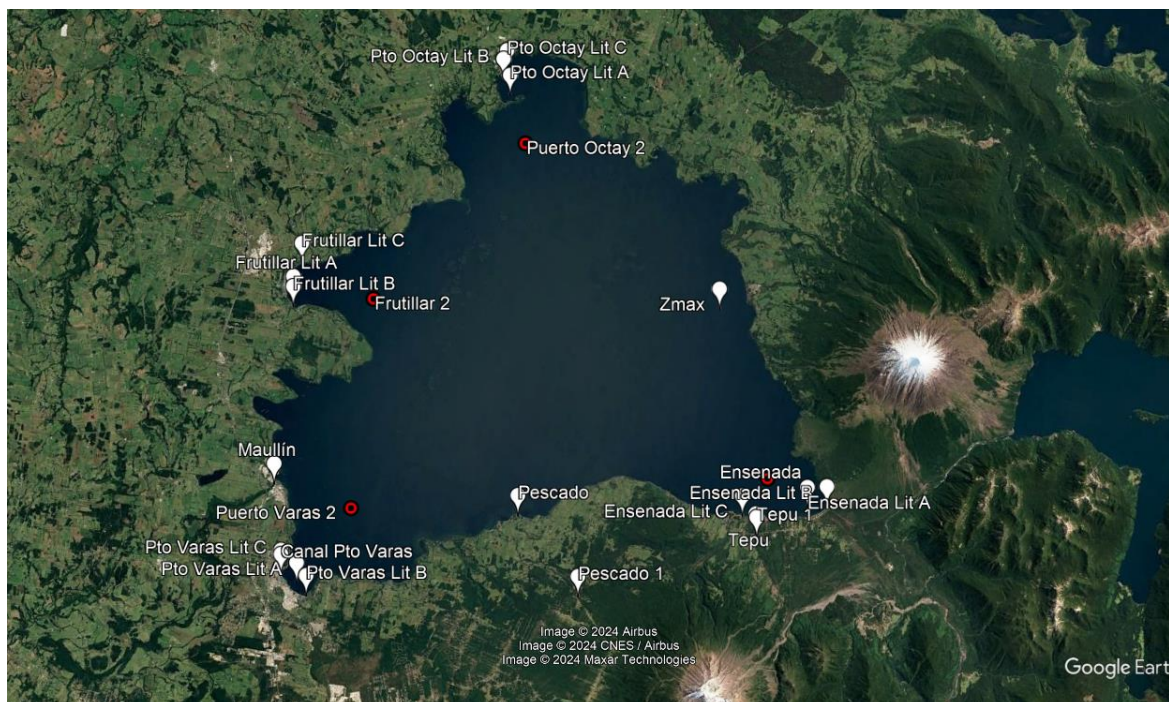


Figura 2. Representación de las estaciones de monitoreo complementarias de la Red de Observación de las NSCA del lago Llanquihue. En rojo se muestran las estaciones de monitoreo de Red de Control y en blanco las de la Red de Observación (Fuente: elaboración propia).

En 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 (2 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 biennial calendario 2021-2022, 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 biennial evaluado (2021-2022).

Tabla 18. Resumen muestreos ejecutados en Red de Observación para el período biennial evaluado (2021-2022).

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				1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	3/3	3/3	3/4	1/3
	pH					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	3/3	3/3	3/4	1/3
	Fósforo total					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	4/2	4/2	4/3	2/2
	Nitrógeno total					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	3/1	3/1	3/2	2/1
	Clorofila "a"					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	2/0	2/0	2/0	0/0
	Conductividad					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	3/3	3/3	3/4	1/3
	Turbiedad					1/2	1/2	1/2	1/2	2/1	3/2	3/2	3/2	1/2
	Sílice					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	0/0	0/0	0/0	0/0
	Transparencia					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	NA	NA	NA	NA
	DQO					1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	2/1	2/1	2/2	1/1
	Fosfato P-PO ₄	2/4	4/3	3/2	3/4	1/4	1/4	1/4	1/4	2/1	4/2	4/2	4/3	2/2



M atr iz	Parámetro	Estación												
		Puert o Octay	Ensen ada	Puert o Varas	Frutill ar	LIT Puert o Octay	LIT Ensen ada	LIT Puert o Varas	LIT Frutill ar	Zmax	Río Mauill n	Río Pesca do	Río Tepu	Canal Pto. Varas
	Nitrato N-NO ₃	0/3	1/1	1/1	1/3	1/4	1/4	1/4	1/4	2/0	1/0	3/1	1/0	0/0
	Nitrito N-NO ₂	0/3	1/1	1/1	1/3	1/4	1/4	1/4	1/4	2/0	1/0	3/1	1/0	0/0
	HAP	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
	Carbono total	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
	DBO ₅	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	-	-	-	-
	Perfil O ₂	4/4	4/1	4/3	4/4	0/4	0/1	0/3	0/4	2/0	-	-	-	-
	Perfil Temperatura	4/4	4/1	4/3	4/4	0/4	0/1	0/3	0/4	2/0	-	-	-	-
	Perfil Clorofila a	4/4	4/1	4/3	4/4	0/4	0/1	0/3	0/4	2/0	-	-	-	-
Biota	Fitoplancton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Diplodon chilensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Macrófitas acuáticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Macroinverteb rados 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 2021/ Número de campañas efectuadas en el año 2022.

(-): No Aplica medición.

Durante el periodo en análisis, se analizaron gran parte de los parámetros en, al menos, el mínimo señalado en el PMCCA. Las excepciones fueron los parámetros HAP, COT y DBO, cuyos muestreos no se realizaron en 2021 en ninguna de las estaciones fijadas y los Nitratos y Nitritos que no fueron analizados en las estaciones fluviales y Zmáx durante el año 2022 (única excepción en río Pescado donde se analizaron una vez).

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 2021-2022, 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) Cálculo según sumatoria de Concentraciones de especies nitrogenadas.
	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
	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 trofía 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
	Carbono Orgánico Total	MQC000059 basado en TMECC 05.07, año 2002

Destacado en **color 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**



10. De acuerdo a ello, se identificó excedencias en los tiempos de preservación previo a su análisis para DQO en Zmáx (agosto 2021 y enero 2022); Litoral Ensenada (agosto 2021 y enero 2022); Litoral Frutillar; Litoral Puerto Octay y litoral Puerto Varas (agosto 2021) y río Maullín; río Tepu; río Pescado y canal Puerto Varas (julio 2021), además de Sílice y Nitrógeno total en Litoral Puerto Octay (agosto 2021), Nitrato, Nitrito y Nitrógeno tota, en río Maullín, río Tepu y río Pescado (marzo 2021).

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: La mayoría de los parámetros analizados cumplieron con los tiempos máximos definidos para su almacenamiento previo análisis, a excepción de DQO en Zmáx (agosto 2021 y enero 2022); Litoral Ensenada (agosto 2021 y enero 2022); Litoral Frutillar; Litoral Puerto Octay y litoral Puerto Varas (agosto 2021) y río Maullín; río Tepu; río Pescado y canal Puerto Varas (julio 2021), además de Sílice y Nitrógeno total en Litoral Puerto Octay (agosto 2021), Nitrato, Nitrito y Nitrógeno tota, en río Maullín, río Tepu y río Pescado (marzo 2021).
- 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, estableciéndose como excepción lo ocurrido con los parámetros Nitrógeno total y Fósforo total, tal como ocurrió en la Red de Control.

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 2021-2022, reportadas por la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA, se presenta en el **Anexo 10**.

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 (según corresponda de acuerdo a lo especificado en **Tabla 18**), en las estaciones fluviales (río Tepu, río Pescado y río Maullín), los que corresponden a los parámetros: Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Sílice, DQO, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Clorofila “a”, Fosfato, Nitrito, Nitrato y Temperatura. Adicionalmente, en todas las estaciones de monitoreo de la red de control del lago Llanquihue y Zmáx, estación de la Red de Observación ubicada en el área de vigilancia de Ensenada, se monitorearon los parámetros antes señalados junto con los parámetros Transparencia, Demanda



Bioquímica de Oxígeno, Hidrocarburos Fijos, y perfiles de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH y Clorofila “a”.

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, y adicionalmente pH y Potencial Redox.

Componente biota: Se adjuntan en **Anexos 5 y 6**, los informes de avance y finales de las consultorías “Desarrollo de campañas de monitoreo de bioindicadores en el marco del Programa de Vigilancia de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue” y “Monitoreo de bioindicadores de calidad del agua, en el marco de la implementación del Programa de Medición y Control del Cumplimiento de la Calidad Ambiental del lago Llanquihue y del Programa de Vigilancia del lago Llanquihue”, que contienen los resultados levantados por la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) del Medio Ambiente región de Los Lagos respecto del monitoreo de bioindicadores asociados a la Red de Observación de las NSCA del lago Llanquihue para los años 2020 y 2021.



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 2022.



Tabla 20: Resumen de resultados de la evaluación de cumplimiento normativo de cada periodo analizado entre 2013-2022 en cada área de vigilancia.

Parámetro	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
	Puerto Octay									Ensenada									Puerto Varas									Frutillar								
C. Eléctrica																																				
pH																																				
O. 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 2013-2022 (**Anexo 11**), 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 de los parámetros Sílice y Demanda Química de Oxígeno, se continúa observando resultados por debajo del límite de detección, en gran cantidad de las campañas ejecutadas, en todas las estaciones de las áreas de vigilancia.
- Respecto de la estación que presenta mayor cantidad de parámetros con evaluación formal, se encuentra la estación Puerto Octay, la 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.
- Respecto del parámetro que presenta mayor cantidad de incumplimiento normativo formal, se establece el caso de Transparencia, situación que predomina durante 2016 a 2022 en todas las estaciones.
- Respecto de periodos que presentan mayor cantidad de parámetros con datos válidos, se observa lo ocurrido principalmente durante 2019-2020, teniendo evaluación formal para todos los parámetros a excepción del Nitrógeno total, cuyo análisis ha sido referencial en todas las estaciones durante todos los periodos evaluados.



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 2021 y 2022, 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 2021-2022, en las cuatro estaciones definidas como **Red de Control**, se determina la evaluación de cumplimiento normativo según se indica a continuación:

- a) Conductividad: se verifica **cumplimiento normativo** en las estaciones Puerto Octay, Ensenada y Puerto Varas, esta última en nivel de advertencia; y **cumplimiento normativo referencial** en el área de vigilancia Frutillar.
- b) pH: se verifica **cumplimiento normativo** en las estaciones Puerto Octay y Ensenada; y **cumplimiento normativo referencial** en el área de vigilancia Puerto Varas y Frutillar.
- c) Oxígeno Disuelto (concentración y saturación): se verifica **cumplimiento normativo** en la estación Ensenada, en nivel de advertencia; y **cumplimiento normativo referencial** en las estaciones Puerto Octay, Puerto Varas y Frutillar.
- d) Turbiedad: se verifica **cumplimiento normativo referencial** en todas las estaciones de la red de control.
- e) Sílice: se verifica **cumplimiento normativo referencial** en todas las estaciones de la red de control.
- f) Demanda Química de Oxígeno: se verifica **cumplimiento normativo referencial** en todas las estaciones de la red de control.
- g) Transparencia: se verifica **incumplimiento normativo** en las estaciones Ensenada, Puerto Varas y Frutillar; y **cumplimiento normativo** en la estación Puerto Octay, en nivel de advertencia.
- h) Nitrógeno Total: se verifica **incumplimiento normativo referencial** en las estaciones Ensenada, Puerto Varas y Frutillar; y **cumplimiento normativo referencial** en la estación Puerto Octay.
- i) Fósforo Total: se verifica **cumplimiento normativo referencial** en todas las estaciones de la red de control.



- j) Clorofila “a”: se verifica **cumplimiento normativo** en las estaciones Puerto Octay, Ensenada, y Puerto Varas; y **cumplimiento normativo referencial** en la estación Frutillar.

En conclusión, se estableció el incumplimiento de las NSCA lago Llanquihue en el periodo bienal 2021-2022 por Transparencia en las áreas de vigilancia Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.



11. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	ORD. DGA/DCPRH N° 88, de 19 de noviembre de 2021.
2	ORD. DGA/DCPRH N° 133, de 14 de diciembre de 2022.
3	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/544/S.M.A., de 17 de mayo de 2022.
4	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/695/S.M.A., de 23 de mayo de 2023.
5	Ord. N° 439 de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Los Lagos, del 23 de diciembre de 2021.
6	Ord. N° 92 de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Los Lagos, del 16 de marzo de 2022.
7	Información de respuesta a consultas realizadas por SMA a DGA por datos de monitoreos asociados a campañas 2021.
8	Oficio ORD. SMA N° 2.942, de 19 de diciembre de 2024 y copia de correos electrónicos DGA en respuesta
9	Resumen de datos Red de Control período 2021-2022
10	Resumen de datos Red de Observación período 2021-2022
11	Datos históricos 2013-2022 Lago Llanquihue

