



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 y Biodiversidad
División de Fiscalización y Conformidad Ambiental**

DFZ-2021-3112-X-NC

Agosto 2022

	Nombre	Firma
Aprobado	Verónica González D.	
Elaborado	María José Iglesias O.	



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.....	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	20
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.....	26
7.3.	Metodologías de muestreo y análisis.....	28
8.	RESULTADOS RED DE OBSERVACIÓN	31
9.	ANÁLISIS CONSOLIDADO DE DATOS HISTÓRICOS	33
10.	CONCLUSIONES	36
11.	ANEXOS	38



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 Programa de Vigilancia, Res. Ex. N° 1207/2012, de la Dirección General de Aguas, de acuerdo a lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, que 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 Vigilancia actualmente vigente, durante el período bienal calendario 2019-2020, 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.

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 cumplimiento normativo de los parámetros Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto y Saturación de Oxígeno, Turbiedad, Sílice, DQO, Fósforo Total y Clorofila “a”, en todas las estaciones de la red (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar). Por el contrario, fue posible establecer **incumplimiento normativo en Transparencia en todas las estaciones de la red de control, esto es Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.**

Algunos de los parámetros se evaluaron sólo de manera referencial⁽¹⁾, como es el caso del Nitrógeno Total, donde se determinó cumplimiento referencial en todas las estaciones de la Red de Control, debido a la invalidación de datos generado por: a) falta de información, y/o b) utilizar una metodología de análisis diferente a la establecida.

⁽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 todos los parámetros considerados en el Programa de Vigilancia, en al menos una oportunidad durante el período bienal 2019-2020, en las cuatro estaciones de la red de control (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar) y en las cuatro estaciones definidas dentro de la Red de Observación (Zmax, río Tepu, río Pescado y río Maullín). Es importante señalar que, dado que no ha sido posible muestrear en el estero Puma durante todo el período, se han ejecutado muestreos en el río Tepu en su reemplazo, que al igual que el estero Puma, es un afluente al lago.

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, Amonio y Temperatura. Adicionalmente, en todas las estaciones de monitoreo de la red de control del lago Llanquihue y Zmáx, estación monitora 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, Sílice reactiva, y perfiles de Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, pH y Clorofila “a”.

Por otra parte, en la componente sedimentos se constató que durante el periodo bienal 2019-2020, en las cuatro estaciones de sedimento de la Red de Observación se muestrearon y analizaron sedimentos 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.

En cuanto a la biota, se presentan resultados anuales de los bioindicadores correspondientes a *Diplodon chilensis*, macrófitas acuáticas y macroinvertebrados bentónicos, siendo monitoreados en las cuatro áreas de vigilancia y en siete afluentes al lago Llanquihue.



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 Dirección General de Aguas (DGA), mediante Resolución Exenta N° 1207, de 18 de abril de 2012, estableció el Programa de Vigilancia del lago Llanquihue (en adelante, PV lago Llanquihue), elaborado de acuerdo a lo establecido en el artículo 11 de las NSCA lago Llanquihue. En este documento se definieron las estaciones de monitoreo que conforman la Red de Control utilizadas para verificar el cumplimiento normativo de 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 la Red de Observación, la que permite complementar la información levantada en la Red de Control, por medio de la evaluación de otros parámetros, cuerpos de agua y/o condiciones del lago necesarios para la comprensión del estado de la calidad del agua y sus ecosistemas asociados.

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 presente informe contempla información del período de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2019 y el 31 diciembre de 2020. De esta forma, el presente informe da cuenta de cuatro actividades de fiscalización ⁽²⁾.

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

⁽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), por todas las campañas realizadas en el período bienal correspondiente al presente expediente (2 campañas en 2019 y 4 campañas en 2020).



Tabla 1.

Tabla 1. Antecedentes.

N° Anexo	Documentos	Fecha entrega	Período que reporta
1	ORD. DGA/DCPRH N° 62, de 30 de octubre de 2020. Envía Minuta DCPRH N° 28, 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).	30 de octubre de 2020	enero a diciembre de 2020
2	ORD. DGA/DCPRH N° 64, de 30 de octubre de 2019. Envía Minuta DCPRH N°32/2019, 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).	08 de noviembre de 2019	enero a diciembre de 2019
3	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/886/SMA, de 28 de julio de 2021 y anexos en correo electrónico DIRECTEMAR, de 14 de mayo de 2021. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente al segundo semestre de 2020 (Anexo 3).	28 de julio y 14 de mayo de 2021	campana de agosto de 2020
4	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/625/SMA, de 30 de abril de 2020. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a la primera y segunda campana 2019 y primera campana 2020 (Anexo 4).	30 de abril de 2020	junio de 2019 a marzo de 2020.
5	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/910/SMA, de 09 de julio de 2019. Remite resultados de mediciones de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de los lagos Llanquihue y Villarrica correspondiente a la primera y segunda campana 2018 y primera campana 2019 (Anexo 5).	15 de julio de 2019	enero de 2018 a junio de 2019.
6	Oficio Ord. DGA N° 29, de 05 de mayo de 2020. Aclaración respecto de la metodología de análisis de Fósforo Total para evaluación de cumplimiento NSCA Lago Llanquihue (Anexo 6).	05 de mayo de 2020	-
7	Oficio Ord. DGA N° 43, de 19 de agosto de 2020. Aclaración respecto de la metodología de análisis de Demanda Química de Oxígeno para evaluación de cumplimiento NSCA Lago Llanquihue (Anexo 7).	19 de agosto de 2020	-
8	Oficio Ord. N° 92, de 16 de marzo de 2022 y N° 439, de 23 de diciembre de 2021, ambos 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 8).	23 de diciembre de 2021	enero de 2020 a septiembre 2021

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



Exenta N° 503, de 2021 del MMA (en **Anexo 12**), 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

El objetivo general de este informe es evaluar el cumplimiento de las NSCA lago Llanquihue para el período bienal calendario 2019-2020, para todas las estaciones de control incluidas en dicho instrumento y el PV lago Llanquihue actualmente vigente, además de un análisis histórico con respecto a la evolución de la calidad de las aguas durante el periodo controlado en que se cuenta con información (2013-2020).

4. ALCANCE

Mediante el presente informe se realiza la verificación de la información recopilada en la Red de Control durante el período bienal calendario 2019-2020, para lo que se verifica si se generó en estricta concordancia a los criterios técnicos establecidos en las NSCA lago Llanquihue, en el PV lago Llanquihue y en las demás referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) aplicables al caso. En función de lo anterior, se determina el escenario bajo el cual corresponde realizar la evaluación del cumplimiento normativo para cada parámetro y en cada estación.

Luego, para cada parámetro y estación de la Red de Control se presentan los resultados y se realiza la evaluación del cumplimiento normativo, teniendo como referencia los criterios establecidos en las NSCA lago Llanquihue. Los resultados permiten calificar cada caso como cumplimiento o incumplimiento normativo, o su símil referencial según corresponda, e identificar los casos en que no es posible realizar el análisis.

Por último, se describen las condiciones bajo las cuales se ha ejecutado el monitoreo de la Red de Observación, se analiza la validez de los resultados según los compromisos establecidos en las NSCA lago Llanquihue y en el PV lago Llanquihue, y se provee de un análisis de los resultados.

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 PV 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 PV 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.



Los resultados obtenidos en el análisis por cada criterio de validación analizado, durante el periodo bienal 2019-2020, se exponen a continuación.

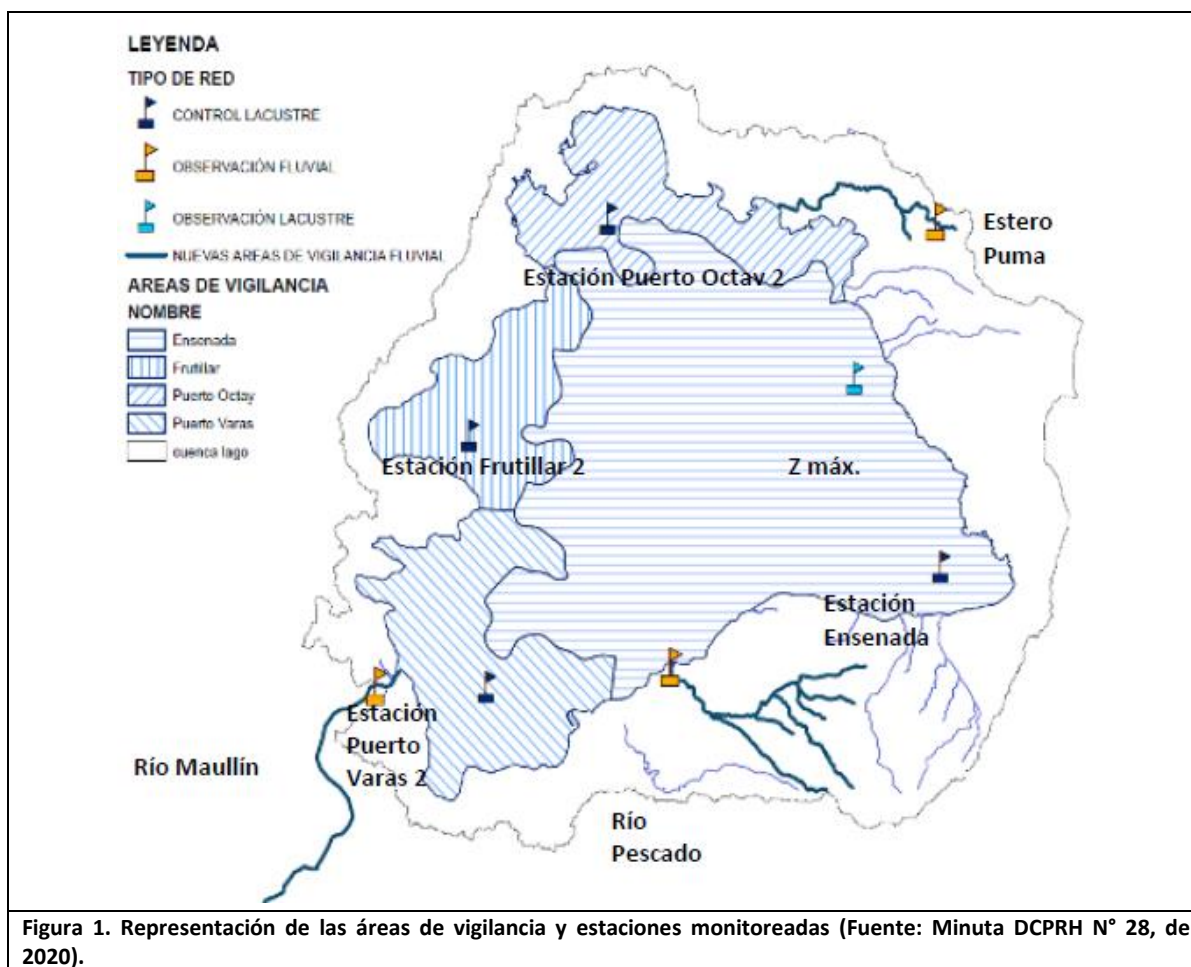
5.2. Estaciones de Monitoreo Red de Control

En la **Tabla 2** se señalan todas las estaciones que componen la Red de Control definidas en el PV 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 PV 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	680704.00	5457120.00
Ensenada	Ensenada	Aguas	701759.00	5436631.00
Puerto Varas	Puerto Varas 2	Aguas	673039.00	5429534.00
Frutillar	Frutillar 2	Aguas	671991.00	5444371.00





Las actividades de muestreo ejecutadas en las estaciones señaladas durante el período biennial calendario 2019-2020, fueron reportadas a esta Superintendencia por parte de la DGA, a través de los oficios definidos en **Anexo 1** y **Anexo 2**, y que se especifican 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 PV lago Llanquihue.



5.3. Ejecución de campañas de monitoreo Red de Control

De acuerdo a los documentos que se incluyen en el **Anexo 1** y **Anexo 2**, se expone la fecha de ejecución de los muestreos efectuados en cada una de las estaciones de la Red de Control en la Tabla 3 siguiente:

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 2019	Campañas 2020
Puerto Octay	Puerto Octay 2	13/03/2019 - 06/08/2019	12/02/2020 -10/03/2020 24/08/2020 - 14/09/2020
Ensenada	Ensenada	12/03/2019 - 06/08/2019	13/02/2020 -11/03/2020 25/08/2020 - 14/09/2020
Puerto Varas	Puerto Varas 2	13/03/2019 - 07/08/2019	12/02/2020 -10/03/2020 27/08/2020 - 14/09/2020
Frutillar	Frutillar 2	13/03/2019 - 07/08/2019	12/02/2020 -10/03/2020 27/08/2020 - 14/09/2020

En vista de lo anterior, es posible identificar la realización de dos monitoreos en el año 2019 y cuatro monitoreos en el año 2020, en cada una de las cuatro estaciones de la Red de Control, verificándose la realización de un total de seis campañas durante el período bienal calendario 2019-2020.

Adicionalmente, se constató que la ejecución de las campañas de monitoreo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en el punto 3.2 del PV lago Llanquihue, el cual establece que los monitoreos deberán ser realizados cada año durante los períodos estacionales verano (período de estratificación) e invierno (período de mezcla).

5.4. Frecuencia de monitoreo de parámetros Red de Control

Sumado a la estacionalidad, en el PV lago Llanquihue se establecen las profundidades de medición en la columna de agua de cada monitoreo, 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 2019-2020, 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 2019	Invierno 2019	Verano 2020 (febrero)	Verano 2020 (marzo)	Invierno 2020 (agosto)	Invierno 2020 (septiembre)
Puerto	Conductividad	0/15/30/50/80	0/30/100	0/15/30/50/80	0/15/30/50/80	0/30/100	0/30/100



Estación	Parámetro	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020 (febrero)	Verano 2020 (marzo)	Invierno 2020 (agosto)	Invierno 2020 (septiembre)
Octay		/100		/100	/100		
	pH	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Sílice	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	*15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
Ensenad a	Conductividad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	pH	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Sílice	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	*30/100	0/30/100
	Transparencia	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	*30/100	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
Puerto Varas	Conductividad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	pH	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Sílice	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100



Estación	Parámetro	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020 (febrero)	Verano 2020 (marzo)	Invierno 2020 (agosto)	Invierno 2020 (septiembre)
	Fósforo Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
Frutillar	Conductividad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	pH	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Oxígeno Disuelto %	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /*	0/15/30/50/80 /100	0/30/*	0/30/100
	Turbiedad	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Sílice	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	DQO	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Transparencia	0	0	0	0	0	0
	Nitrógeno Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Fósforo Total	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/30/100
	Clorofila a	0/15/30/50/80 /100	0/30/100	0/15/30/50/80 /100	0/15/30/50/80 /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 PV 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 2020 se ejecutaron 2 monitoreos por estación en cada año a monitorear (2 en verano y 2 en invierno), en todas las profundidades fijadas para cada parámetro, a excepción de la campaña de febrero 2020 (verano 1) y agosto 2020 (invierno 1). Sin perjuicio de lo anterior, se cuenta con al menos un resultado por parámetro en las campañas de verano e invierno 2020. Asimismo, durante el año 2019, se ejecutó el monitoreo en todas las profundidades fijadas para cada parámetro.

5.5. Metodologías de muestreo y análisis

El artículo 14° de las NSCA lago Llanquihue, así como en el PV 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 PV lago Llanquihue).

Identificación	Título de la norma
NCh 411/1 Of.96.DS.N°501, de 1996, 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, de obras Públicas.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo.
NCh 411/3 Of.96.DS.N°501, de 1996, 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, de obras Públicas.17/feb 1997 pag.2.	Calidad del agua – Muestreo – Parte 4: Guía para el muestreo de lagos naturales y artificiales.
Collection and Preservation of Samples.	Descritas en el número 1060 del “Standard Methods” for Examination of Water and Wastewater.

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, 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 PV lago Llanquihue)

Parámetro	Metodología	Referencia
Transparencia	Disco Secchi	“DGALGOTR1/2009: Método de análisis interno”
Temperatura	Termométrica	Standard Methods N°2550 B
Conductividad	Celda de conductividad	Standard Methods N°2510 B
pH	Electrodo específico	Standard Methods N°4500-H
Oxígeno Disuelto	Electrodo específico	Standard Methods N°4500-O G
Turbiedad	Nefelometría	Standard Methods N°2130 B
Nitrógeno Total	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°4500-N C
Fósforo Total	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°4500-P E Standard Methods N°4500 P J ⁽⁴⁾
	Método de Ácido Ascórbico y Digestión Ácida con Persulfato.	Standard Methods N°4500-P E Standard Methods N°4500-P B 5
Clorofila a	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods N°10200 H DGALGOCL1/2009: Método de análisis interno ⁽⁵⁾ .
	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 5220 D ⁽⁶⁾
	Método del Reactor de Digestión	Hach Method 8000, USEPA Approved
Nitrógeno (N-NO ₃ +NO ₂)	Salicilato Sódico	Rodier, 1981
Nitrito (N-NO ₂)	Método de Diazotización	Standard Methods N°4500-NO2 Hach Method 8507, USEPA Approved.

⁽⁴⁾ Metodología validada según Oficio ORD. DCPRH N° 29, del 05 de mayo de 2020.

⁽⁵⁾ Metodología analítica utilizada por el Laboratorio Nacional de la Dirección General de Aguas, actualmente correspondiente a Instructivo LADGA-IML-11 v.01/2017.

⁽⁶⁾ Metodología validada según Oficio ORD. DCPRH N° 43, del 19 de agosto de 2020.



Parámetro	Metodología	Referencia
Amoníaco (N-NH ₃)	Método Nessler	Hach Method 8038, USEPA Approved
Fosfato (P-PO ₄)	Método de Ácido Ascórbico	Standard Methods N°4500-P E Hach Method 8048, USEPA Approved.

(*) Metodología analítica utilizada por el Laboratorio Nacional de la Dirección General de Aguas, actualmente correspondiente a Instructivo LADGA-IML-11 v.01/2017.

En referencia a las metodologías utilizadas por la DGA, sobre las muestras obtenidas en las seis campañas realizadas durante el periodo 2019-2020, respecto de las definidas en las NSCA lago Llanquihue y complementados por PV lago Llanquihue, es posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas para el desarrollo de las seis campañas de muestreo, consideran las establecidas en los instructivos emitidos por la DGA, descritos a continuación en **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.
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 NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, cuyo contraste se detalla en el **Anexo 9**.

En cuanto a los tiempos de preservación calculados a partir de la información entregada por la DGA y de acuerdo a la bibliografía referenciada en las NSCA lago Llanquihue, se observan excedencia en los parámetros:

- Turbiedad durante la campaña de agosto 2020 (Invierno1), en las estaciones de las áreas de vigilancia Puerto Octay y Puerto Varas.
- Las especies nitrogenadas nitrito y nitrato (conformantes del parámetro Nitrógeno total), durante la campaña de agosto de 2020 (invierno1), en la estación del área de vigilancia Puerto Varas.

Al respecto, es necesario mencionar que ésta invalidación no afectaría el resultado de los parámetros mencionados en la evaluación de cumplimiento, debido a la existencia de una segunda campaña en el periodo estacional y que cuenta con datos que se encuentran validados.



Respecto de los parámetros Conductividad Eléctrica, pH, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno y Transparencia, al contar con mediciones *in situ*, no son considerados en este análisis, lo que también ocurrió para Turbiedad en la campaña de verano 2019, donde el parámetro se midió en terreno (ver Tabla 8).

- 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° 64/2019 y Ord. DCPRH N° 62/2020)

Parámetro	Metodología Analítica	Referencia
Conductividad	Sonda Hydrolab DS-5 5	LADGA-IM-01 y LADGA-IM-02. Métodos Internos DGA
pH	Sonda Hydrolab DS-5 5	LADGA-IM-01 y LADGA-IM-02. Métodos Internos DGA
Oxígeno Disuelto	Sonda Hydrolab DS-5 5	LADGA-IM-01 y LADGA-IM-02. Métodos Internos DGA
Turbiedad	Método nefelométrico	Standard Methods 2130 B (invierno 2019, verano e invierno 2020)
	Sonda Hydrolab DS-5 5	LADGA-IM-01 y LADGA-IM-02. Métodos Internos DGA (verano 2019)
Sílice	Método de silicomolibdato	Standard Methods N°4500-SiO ₂ C
DQO	Espectrofotometría de absorción molecular	Standard Methods 5220 D
Transparencia ⁽⁷⁾	Disco Secchi	LADGA-IML-07. Método Interno DGA.
Nitrógeno Total	Cromatografía iónica	Standard Methods 4500 B,D,N org B-Nitrógeno Total. (verano 2019, invierno 2020)
		Standard Methods 4500-N C (invierno 2019, verano 2020), Standard Methods 4500-NO ₃ -E (invierno 2019), Standard Methods 4500 NO ₂ B (invierno 2019)
	Cálculo	N-nitrito: Standard Methods N°4500-NO ₂ B (verano 2019); Standard Methods N° 4110 B (verano 2020)
		N-nitrato: Standard Methods N°4500-NO ₃ B (verano 2019); Standard Methods N° 4110 B (verano 2020)) N-total Kjeldahl: Standard Methods 4500-Norg B (verano 2019, invierno 2020)
Fósforo Total	Método ácido ascórbico y digestión ácida con persulfato.	Standard Methods N°4500 P J, Standard Methods N°4500 P E
Clorofila "a"	Método de fluorescencia	Scor-Unesco

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

La mayoría de los métodos analíticos utilizados se condicen con los propuestos en las NSCA lago Llanquihue, y/o PV lago Llanquihue, a excepción del parámetro Nitrógeno Total en verano de verano 2019 e invierno de 2020, cuando se utilizó metodologías que difieren de las fijadas en las NSCA lago Llanquihue y su PV lago Llanquihue.

⁽⁷⁾ Si bien en las NSCA lago Llanquihue se especificó el método DGALGOTR1/2009, éste se refiere a un método interno de la DGA que fue actualizado al usado efectivamente en el periodo en análisis (LADGA-IML-07), por lo que se consideró como una metodología válida.



Por otra parte, si bien las metodologías de análisis utilizadas para DQO y Fósforo Total difieren de los métodos descritos en las NSCA lago Llanquihue y el PV lago Llanquihue en todas las campañas, éstas se consideraron válidas en base a la argumentación entregada por la DGA a través de sus oficios ORD. DCPRH N° 43 y ORD. DCPRH N°29, ambos de 2020 (**Anexo 6 y Anexo 7**).

Así, sólo los resultados de Nitrógeno Total fueron invalidados en las campañas mencionadas, por no cumplir con las metodologías de análisis previamente establecidas, sin una debida justificación técnica.

- Límites de detección: El requisito asociado a los límites de detección de las metodologías utilizadas en el análisis de los parámetros y fracciones de los mismos cuando su determinación resulte ser el límite de detección, establece que éste debe ser igual o menor al 80% del valor normativo. Al respecto, es posible establecer que en todos los casos se cumple con dicho requisito.

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 PV 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; $n_1 < n_2 < n_k < n_{n-1} < n_n$, 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 2019-2020, la que será abordada como sigue:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento: Conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, Turbiedad, Sílice, DQO, Transparencia, Fósforo Total y Clorofila “a” en todas las estaciones de la Red de Control.
- Parámetros analizables de forma referencial: Nitrógeno total en todas las estaciones de la Red de Control.

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:

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

Donde:

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

V_{Ei} = Volumen de agua del estrato i

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

Tabla 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 (m ³)	%	VOLUMEN (m ³)	%	VOLUMEN (m ³)	%	VOLUMEN (m ³)	%
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 2019-2020. Toda la información utilizada para la evaluación, junto con los resultados de la aplicación de criterios de cumplimiento, se encuentran expuestos en el **Anexo 9**.

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

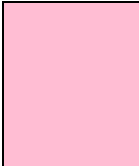
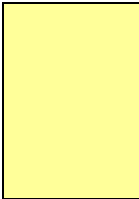



	Corresponden a los parámetros cuya evaluación de cumplimiento supera los límites máximos permisibles, es decir, el resultado es mayor al 100% respecto del límite establecido en las NSCA lago Llanquihue (o bajo al 100% para el caso de Transparencia y Oxígeno disuelto, en concentración y porcentaje de saturación). Esta condición configura <u>Incumplimiento Normativo</u> .
	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 datos inválidos por uso de una metodología distinta a la fijada en las normas o en el PV lago Llanquihue (NV: Invalidado).



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

Parámetros	Unidades	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	P33/P66	Norma	% respecto a norma	Observaciones
Conductividad	μS/cm	92,3	88,0	90,2	90,9	90,9	110	82,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
pH	Unidad de pH	6,96	7,68	7,50	7,50	7,50	6,5 - 8,5	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,56	10,55	9,62	10,42	9,56	≥ 8,5	112,5%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	% Saturación	93,55	95,73	94,83	94,29	93,55	≥ 85	110,1%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Turbiedad	NTU	0,12	0,70	0,40	0,27	0,40	2,1	19,0%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Sílice	mg/L	< 1,00	< 1,00	1,00	1,00	1,00	1,83	54,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
DQO	mg/L	5,70	< 2,00	2,10	2,29	2,29	4,8	47,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Transparencia	m	11,00	16,00	16,25	14,50	11,00	≥ 13,5	81,5%	Percentil 33 inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo.
Nitrógeno Total	mg/L	NV	0,028	0,035	0,590	0,035	0,12	29,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fósforo Total	mg/L	0,004	0,015	0,004	0,005	0,005	0,01	45,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	μg/L	0,29	0,55	0,47	1,08	0,55	1,4	39,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

Dato inválido por uso de metodología no aprobada.

Resultado configura cumplimiento normativo.

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.



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

Parámetros	Unidades	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	P33/P66	Norma	% respecto a norma	Observaciones
Conductividad	μS/cm	92,3	88,0	90,2	91,0	91,0	110	82,7%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
pH	Unidad de pH	7,06	7,63	7,37	7,23	7,37	6,5 - 8,5	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,95	10,39	9,84	10,21	9,84	≥ 8,5	115,7%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	% Saturación	93,01	94,32	92,26	92,30	92,26	≥ 85	108,5%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Turbiedad	NTU	0,11	0,76	0,37	0,20	0,37	2,4	15,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Sílice	mg/L	< 1,00	< 1,00	1,00	1,00	1,00	1,77	56,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
DQO	mg/L	3,93	< 2,00	2,00	4,23	3,93	6	65,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Transparencia	m	10,00	15,50	15,25	14,75	10,00	≥ 16,0	62,5%	Percentil 33 inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo.
Nitrógeno Total	mg/L	NV	0,033	0,033	0,600	0,033	0,13	25,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fósforo Total	mg/L	0,005	0,013	0,009	0,004	0,009	0,01	91,2%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	μg/L	0,26	0,45	0,41	1,15	0,45	1,4	32,0%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

Dato inválido por uso de metodología no aprobada.

Resultado configura cumplimiento normativo.

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.



Tabla 14. Verificación NSCA Área de Vigilancia Puerto Varas.

Parámetros	Unidades	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	P33/P66	Norma	% respecto a norma	Observaciones
Conductividad	μS/cm	92,4	85,7	90,0	90,8	90,8	110	82,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
pH	Unidad de pH	7,44	7,72	7,54	7,58	7,58	6,5 - 8,5	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,65	10,49	9,62	10,42	9,62	≥ 8,5	113,1%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	% Saturación	94,25	95,11	94,71	94,10	94,10	≥ 85	110,7%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Turbiedad	NTU	0,10	0,69	0,36	0,20	0,36	2,5	14,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Sílice	mg/L	< 1,00	< 1,00	1,00	1,00	1,00	1,8	55,6%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
DQO	mg/L	3,96	< 2,00	2,40	2,45	2,45	5	49,1%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Transparencia	m	11,50	18,00	15,50	14,50	11,50	≥ 12,5	92,0%	Percentil 33 inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo.
Nitrógeno Total	mg/L	NV	0,030	0,032	0,911	0,032	0,13	24,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fósforo Total	mg/L	0,006	0,015	0,006	0,006	0,006	0,01	61,2%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	μg/L	0,34	0,84	0,53	1,80	0,84	1,4	59,9%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

Dato inválido por uso de metodología no aprobada.

Resultado configura cumplimiento normativo.

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.



Tabla 15. Verificación NSCA Área de Vigilancia Frutillar.

Parámetros	Unidades	Verano 2019	Invierno 2019	Verano 2020	Invierno 2020	P33/P66	Norma	% respecto a norma	Observaciones
Conductividad	μS/cm	92,4	86,0	89,9	90,7	90,7	110	82,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
pH	Unidad de pH	7,30	7,89	7,58	7,61	7,61	6,5 - 8,5	-	Percentil 66 entre umbral mínimo y máximo del rango, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,62	10,56	9,59	10,41	9,59	≥ 8,5	112,9%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Oxígeno Disuelto	% Saturación	92,62	95,87	92,89	93,90	92,62	≥ 85	109,0%	Percentil 33 superior al umbral mínimo, configura cumplimiento normativo.
Turbiedad	NTU	0,52	0,96	1,23	0,24	0,96	2,1	45,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Sílice	mg/L	< 1,00	< 1,00	1,06	1,00	1,00	1,84	54,3%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
DQO	mg/L	3,40	< 2,00	2,00	2,00	2,00	4,9	40,8%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Transparencia	m	13,00	17,00	15,25	15,50	13,00	≥ 14,0	92,9%	Percentil 33 inferior al umbral mínimo, configura incumplimiento normativo.
Nitrógeno Total	mg/L	NV	0,034	0,036	0,762	0,036	0,14	25,9%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo referencial.
Fósforo Total	mg/L	0,005	0,017	0,005	0,006	0,006	0,01	55,5%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.
Clorofila "a"	μg/L	0,33	0,70	0,52	1,55	0,70	1,4	50,0%	Percentil 66 inferior al umbral máximo, configura cumplimiento normativo.

Dato inválido por uso de metodología no aprobada.

Resultado configura cumplimiento normativo.

Resultado configura cumplimiento normativo, en nivel de advertencia.

Resultado configura incumplimiento normativo.

Análisis referencial.



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 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.

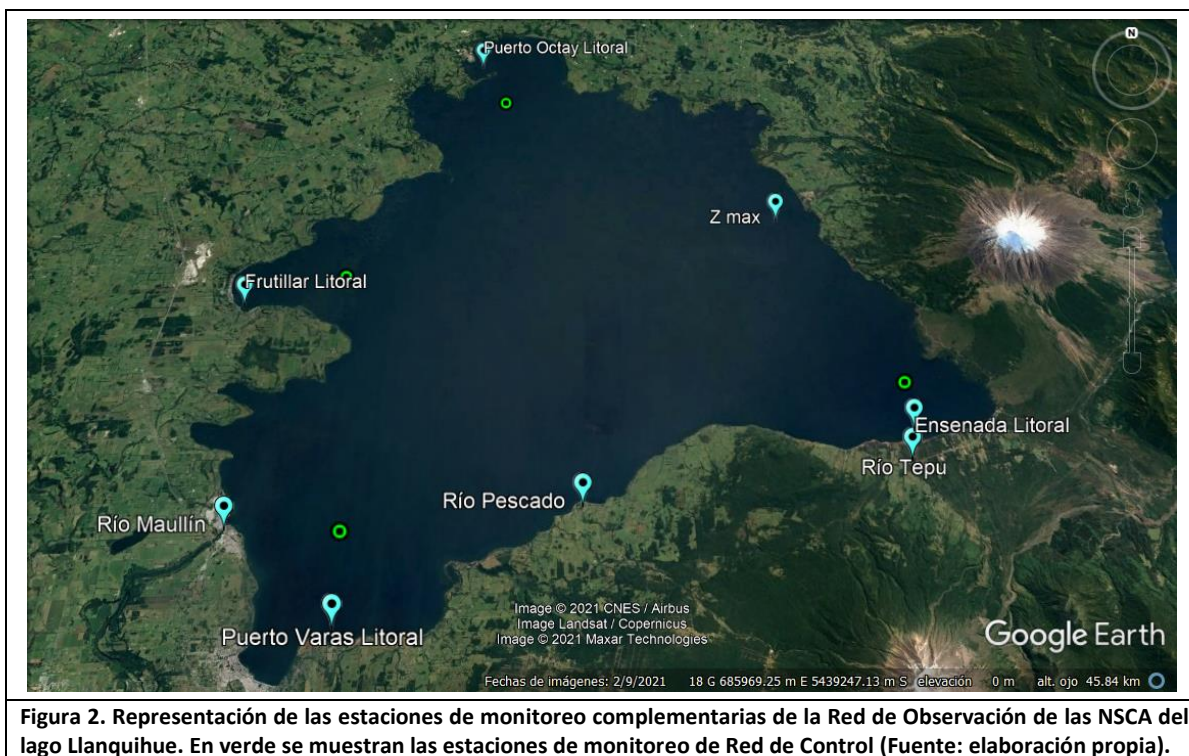
Considerando las cuatro estaciones analizadas en la Red de Control que también son cubiertas por la Red de Observación (es decir: Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar), el PV lago Llanquihue incluyó cuatro estaciones de monitoreo adicionales para conformar la Red de Observación de la calidad 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 PV 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	Sedimentos	679153.10	5460688.05
Ensenada	Zona de máxima profundidad (Z máx.)	Aguas	696310.00	5447779.00
Ensenada	Ensenada litoral	Sedimentos	701737.19	5434259.07
Puerto Varas	Puerto Varas litoral	Sedimentos	673023.95	5425231.02
Frutillar	Frutillar litoral	Sedimentos	666478.00	5443104.03
-	Río Pescado	Aguas	684717.00	5430773.00
-	Río Maullín	Aguas	667328.00	5430210.00
-	Río Tepu (en reemplazo de Estero Puma)	Aguas	701333.00	5432639.00





De lo anterior, es necesario observar el hecho que de las tres estaciones fluviales contempladas en el PV lago Llanquihue, dos se corresponden con las efectivamente muestreadas (río Pescado y río Maullín). Dada la dificultad de acceso para ejecutar el muestreo del estero Puma en todos los años en análisis, éste no ha sido muestreado, por lo que en su lugar se ha muestreado el río Tepu en todas las oportunidades (es un afluente al lago Llanquihue, al igual que el estero Puma).

Por otro lado, en el PV se considera el muestreo de indicadores biológicos en forma complementaria al control de la calidad del agua. Dichos bioindicadores corresponden a *Diplodon chilensis*, macrófitas acuáticas y macroinvertebrados bentónicos, siendo monitoreados en las cuatro áreas de vigilancia y en siete afluentes al lago Llanquihue. Los detalles de la ubicación de las estaciones muestreadas se encuentran en los estudios presentes en el **Anexo 8**.

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 PV lago Llanquihue, y se expone a continuación en la **Tabla 17**.



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 PV lago Llanquihue).

Tipos de Red	Tipo de estación	Parámetro	Frecuencia (veces al año)	Profundidades
Red de Observación en Áreas de Vigilancia	Pelagial	Perfil de Temperatura y de Oxígeno.	2	Toda la columna de agua
	Pelagial	Sílice, DBO ₅ y DQO	2	Periodo de mezcla: 0/15/30/50/80/100 m
	Pelagial	Fosfato, Nitrato, Nitrito, y Amonio		Periodo de estratificación: 0/30/100 m
	Pelagial	Hidrocarburos Totales	2	Superficie
	Litoral	Análisis de sedimentos (Granulometría, Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Fósforos Total y Carbono Orgánico Total)	1	Infralitoral
	Pelagial	Abundancia y Composición de Fitoplancton	2	0/15/30/50/80/100 m o hasta 2,5 veces la profundidad indicada por disco Secchi
	Litoral	Abundancia y Composición de Comunidades de Macrófitas Acuáticas	1	Gradiente litoral hasta 20 m
	Pelagial	Abundancia y distribución de <i>Diplodon chilensis</i>	1	Infralitoral
	Litoral	Granulometría; Materia Orgánica; Nitrógeno total; Fósforo Total y Carbono Orgánico Total.	1	Gradiente litoral hasta 20 m
Red de Observación Fluvial	Fluvial	Caudal; Amonio	S/I	S/I
	Fluvial	Oxígeno Disuelto, Saturación de Oxígeno, pH, Fósforo total, Nitrógeno total, Clorofila "a", Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Fosfato, Nitrato, Nitrito y Sílice	2	Superficial
	Fluvial	Abundancia e índices comunitarios de Macroinvertebrados bentónicos	1	Fondo

La información referente a las mediciones ejecutadas durante el período bienal calendario 2019-2020 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 (2019-2020).

Tabla 18. Resumen muestreos ejecutados en Red de Observación para el período bienal evaluado (2019-2020).

Matriz	Parámetro	Estación								
		Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Zmax	Río Maullín	Río Pescado	Estero Puma	Río Tepu



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

X/Y: Número de campañas efectuadas en el año 2019/ Número de campañas efectuadas en el año 2020.

(-): No Aplica medición.

* Estación estero Puma (LI-EP) no ha sido muestreada en ninguna oportunidad. En su lugar se ha evaluado río Tepu.

** Se muestreó Hidrocarburos Fijos a partir de la campaña de verano 2019.

Según informó la DGA, respecto a las muestras que no pudieron recolectarse durante la campaña de verano (febrero 2020), éstas corresponden a Zmax y río Maullín, debido a problemas con la embarcación. Mientras que para la campaña de invierno (agosto 2020), correspondió a las estaciones Zmax en profundidad 30 m y 100 m. Complementariamente los parámetros in situ no pudieron ser medidos para la estación Frutillar 2 y Puerto Varas 2 en la máxima profundidad, debido a las condiciones climáticas (deriva producida por la embarcación y a la condición atmosférica reinante).

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 PV 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 biennial calendario 2019-2020, 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	SM 4500-P J, SM 4500-P E
	Nitrato N-NO ₃	SM 4500 NO ₃ B (verano 2019)
		SM 4110 B (verano 2020)
	Nitrito N-NO ₂	SM 4500-NO ₂ B (verano 2019)
		Standard Methods N° 4110 B (verano 2020)
	Amoníaco N- NH ₃	SM 4500-NH ₃ F (invierno 2019 y verano 2020)
	Nitrógeno Total	SM 4500 B, SM 4110 B, NCh2313/28.Of98
		Cálculo basado en especies nitrogenadas
		SM 4500 B, D, N org B-Nitrógeno Total (verano 2019, invierno 2020)
		SM 4500-N C (verano 2020); SM 4500-NO ₃ E; SM 4500-NO ₂ B (invierno 2019)
	Hidrocarburos totales	SM 5520 F, NCh2313/7
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210
	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D
Biota	Sílice	SM 4500-SiO ₂ C
	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	Sub. Pesca Res. Ex. 3612 Pérdida por Calcinación



Matriz	Parámetro	Método
	Nitrógeno total	SM 4500-N org B, 4500-NH3 D
	Fósforo total	SM 4500-P E
	Carbono Orgánico Total	EPA 9060 A

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

En referencia de las metodologías utilizadas sobre las muestras obtenidas durante el periodo 2019-2020, respecto de las definidas en las NSCA lago Llanquihue y complementados por el PV lago Llanquihue, es posible establecer lo siguiente:

- Metodologías de muestreo: Las metodologías utilizadas por la DGA para el desarrollo de las seis campañas de muestreo, consideran las establecidas en los instructivos emitidos por este organismo, ya descritas en la **Tabla 7**.

Tiempos de preservación: Los tiempos de preservación recomendados para cada parámetro analizado son aquellos parámetro analizado son aquellos establecidos en la NCh. 411/3 Of. 96 y/o en "Standard Methods" for Examination of Methods" for Examination of Water and Wastewater, cuyo contraste se detalla en la

- Tabla 20:

Tabla 20. Días de almacenamiento desde la fecha del muestreo (Elaboración propia).

Parámetros	Tiempos máximos de Preservación	Verano 2019								Invierno 2019							
		LI-O	LI-E	LI-V	LI-F	Z máx	LI-RM	LI-RP	LI-RT	LI-O	LI-E	LI-V	LI-F	Z máx	LI-RM	LI-RP	LI-RT
Sílice	1 mes	Red de Control				10	3	3	10	Red de Control				2	3	3	3
DQO	28 días					1	1	1	1					2	2	2	2
Nitrógeno Total	28 días					11	11	11	11					1	1	1	1
Fósforo Total	1 mes					14	13	13	14					6	7	7	7
Clorofila "a"	28 días					24	23	23	24					7	8	8	8
Nitrato	2 días	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	2 días	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato	2 días	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Parámetros	Tiempos máximos de Preservación	Verano 2020								Invierno 2020							
		LI-O	LI-E	LI-V	LI-F	Z máx	LI-RM	LI-RP	LI-RT	LI-O	LI-E	LI-V	LI-F	Z máx	LI-RM	LI-RP	LI-RT
Sílice	1 mes	Red de Control				22	23	22	22	Red de Control				8	8	8	8
DQO	28 días					1	1	6	6					-	14	14	6
Nitrógeno Total	28 días					7	8	7	7					-	32	31	31
Fósforo Total	1 mes					8	9	8	18					3	9	9	9
Clorofila "a"	28 días					21	22	21	22					21	20	19	19
Nitrato	2 días	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	-	1	1	1
Nitrito	2 días	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	-	1	1	1
Fosfato	2 días	3	2	3	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Destacado en celeste los parámetros que superan el tiempo máximo de almacenamiento.



De lo anterior, para el periodo 2019-2020 la gran mayoría de los parámetros analizados cumplieron con los tiempos fijados como máximo para su almacenamiento previo a análisis, a excepción de algunas muestras de Fosfato en verano de 2020 y Nitrógeno total en la campaña de invierno 2020.

- Metodologías de análisis: Se verificó que la mayoría de los métodos utilizados se condicen con los propuestos en las NSCA lago Llanquihue complementados con las metodologías analíticas del PV lago Llanquihue, a excepción de Nitrógeno Total, Amonio y Nitrito. Para Nitrógeno Total, se identificó que los métodos por los que se obtuvo así también como por parte de las especies nitrogenadas que lo componen, no coincide en todos los casos con lo fijado, en tanto que para Amoníaco se utilizó un método distinto.

Respecto a los parámetros señalados únicamente como parte de la Red de Observación, de los fijados mediante PV lago Llanquihue, se determinó que Fosfato es el único que se condice con lo allí expuesto. Para el resto de los parámetros no se contempló en dicho instrumento una metodología de referencia para su análisis, no obstante las metodologías utilizadas para su obtención son acordes a las referencias técnicas sobre la materia (NCh 411/3 Of.96 y/o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater).

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 2019 -2020, reportadas por la DGA, la DIRECTEMAR y el MMA, se presenta en el **Anexo 10**.

Considerando lo anterior, fue posible verificar lo siguiente:

Validación de los datos: Respecto de las metodologías de análisis utilizadas tanto por la DGA como por la DIRECTEMAR sobre las muestras obtenidas, se logra verificar que para la gran mayoría de los parámetros analizados se cumplieron los tiempos fijados como máximo para su almacenamiento previo a análisis, a excepción de algunas muestras de Fosfato en verano de 2020 y Nitrógeno total en la campaña de invierno 2020. A su vez, se observó cumplimiento en el uso de las metodologías de análisis establecidas en las NSCA lago Llanquihue, y complementadas por el PV lago Llanquihue, a excepción de Nitrógeno Total, Amonio y Nitrito.

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, Amonio y Temperatura. Adicionalmente, en todas las estaciones de monitoreo de la red de control del lago Llanquihue y



Zmáx, estación monitorea 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, Sílice reactiva, 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 adjunta en **Anexo 8**, los informes 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 Villarrica 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 Exenta SMA N° 670, del 21 de julio de 2016, que Dicta Instrucciones Generales Sobre la Elaboración de los Programas de Medición y Control de la Calidad Ambiental del Agua, establece que el informe técnico de calidad de las aguas, en este caso, del lago 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 relación a lo anterior, en la **Tabla 21**, se presenta un resumen del cumplimiento normativo existente, respecto de cada parámetro analizado en su registro histórico, desde el verano de 2013 hasta invierno de 2020.



Tabla 21: Resumen de resultados de la evaluación de cumplimiento normativo de cada periodo analizado entre 2013-2020 en cada área de vigilancia.

	2013-2014				2014-2015				2015-2016				2016-2017				2017-2018				2018-2019				2019-2020			
Parámetro	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar	Puerto Octay	Ensenada	Puerto Varas	Frutillar
Conductividad																												
pH																												
Oxígeno Disuelto																												
Saturación de Oxígeno																												
Turbiedad																												
Sílice																												
DQO																												
Transparencia																												
Nitrógeno Total																												
Fósforo Total																												
Clorofila "a"																												

Resultado configura
**cumplimiento
normativo.**

Resultado configura
**cumplimiento
normativo**, en nivel de
advertencia.

Resultado configura
**incumplimiento
normativo.**

Análisis referencial.



De acuerdo a lo evidenciado en la **Tabla 21**, en la cual se detallan los resultados históricos de la evaluación de cumplimiento para cada parámetro medido en las cuatro estaciones de Red de Control en el periodo 2013 -2020 (**Anexo 9**), 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 ciertos parámetros como Sílice y Demanda Química de Oxígeno, se han registrado bajo el límite de detección en gran parte de las campañas ejecutadas en el periodo 2013-2020, en todas las áreas de vigilancia.
- En consideración a los parámetros efectivamente cuantificados, se puede señalar que en general, se observaron tendencias respecto a temporalidad sólo en el parámetro Oxígeno Disuelto, alcanzando niveles más altos durante las campañas invernales en las cuatro áreas de vigilancia.
- En el caso de Clorofila “a”, se aprecia que hubo un aumento particularmente notorio en invierno de 2015 en Puerto Octay y Frutillar (Puerto Varas y Ensenada sin medición para dicha campaña). En todas las áreas de vigilancia es posible apreciar una disminución del parámetro durante el último año 2019 y un leve aumento en 2020.
- A su vez, Clorofila “a” se determinó sobre lo normado en Puerto Octay en el periodo 2014-2016 y 2017-2018, y en Puerto Varas y Frutillar durante el periodo 2017-2018, en tanto que alcanzó concentraciones cercanas al límite normado en Puerto Octay, Puerto Varas y Frutillar durante el periodo 2016-2017.
- Se identificó que Transparencia ha alcanzado profundidades menores a lo normado en todas las áreas de vigilancia durante el periodo 2016-2020.
- Adicionalmente, para Fósforo Total, se identificó que dicho parámetro ha alcanzado niveles sobre lo normado en Puerto Varas en los periodos 2016-2017 y 2018-2019, en Puerto Octay en el periodo 2018-2019 y en Frutillar durante el periodo 2016-2019, en tanto que se han determinado niveles cercanos al límite normativo en Puerto Octay en los periodos 2016-2017 y 2017-2018, en Ensenada en 2016-2017 y 2019-2020 y Puerto Varas en 2017-2018.
- Por otra parte, el Nitrógeno Total ha sido evaluado referencialmente en todo el periodo 2013-2020 en todas las áreas de vigilancia. Similar condición se da para Turbiedad, para el periodo 2013-2019.
- Finalmente, pese a que algunas mediciones fueron evaluadas referencialmente, tanto el Oxígeno Disuelto como la Conductividad se han cuantificado en niveles de advertencia en prácticamente todas las áreas de vigilancia en el periodo 2016-2020.



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 2019 y 2020, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en las NSCA lago Llanquihue y su respectivo PV 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 2019-2020, 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 todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- b) pH: se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- c) Oxígeno Disuelto (concentración y saturación): se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- d) Turbiedad: se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- e) Sílice: se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- f) Demanda Química de Oxígeno: se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- g) Transparencia: se verifica **incumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- h) Nitrógeno Total: se verifica **cumplimiento normativo referencial** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- i) Fósforo Total: se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).
- j) Clorofila "a": se verifica **cumplimiento normativo** en todas las áreas de vigilancia (Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar).



En conclusión, se establece el incumplimiento de las NSCA lago Llanquihue en el periodo bienal 2019-2020 por Transparencia en todas las estaciones de la red de control, esto es Puerto Octay, Ensenada, Puerto Varas y Frutillar.



11. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	ORD. DGA/DCPRH N° 62, de 30 de octubre de 2020
2	ORD. DGA/DCPRH N° 64, de 30 de octubre de 2019
3	Oficio Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/886/SMA, de 28 de julio de 2021 y anexos en correo electrónico DIRECTEMAR de 14 de mayo de 2021.
4	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/625/SMA, de 30 de abril de 2020
5	Ord. DGTM Y MM N° 12.600/05/910/SMA, de 09 de julio de 2019
6	ORD. DGA/DCPRH N° 29, de 05 de mayo de 2020
7	ORD. DGA/DCPRH N°43, de 19 de agosto de 2020
8	Ord. N° 92 de la SEREMI de Medio Ambiente Región de Los Lagos, del 16 de marzo de 2022.
9	Resumen de datos Red de Control período 2019 - 2020
10	Resumen de datos Red de Observación período 2019 - 2020.
11	Datos históricos 2013-2020 Lago Llanquihue
12	Resolución Exenta MMA N° 503, de 02 de junio de 2021.

