



UNIVERSIDAD TÉCNICA  
FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR

**MEDICIÓN, CONTROL Y PREVENCIÓN DE EUTROFIZACIÓN POR  
CLIENTES DE EMPRESA ECOPROJECTS Y ORGANISMOS DEL ESTADO.**

Trabajo de Titulación para optar al título Profesional de  
Ingeniero en Prevención de Riesgos Laborales y Ambientales

Alumno:

Brian Eric Freeman Campusano

Profesor Guía:

Sr. Alex Rojas Gutiérrez

**2020**

## RESUMEN

El presente trabajo es un estudio comparativo entre las estrategias de medición, control y prevención de la eutrofización que realizan los clientes de la empresa Ecoprojects S.P.A. y los organismos del Estado competentes. Se realizó análisis y comparación entre una entidad privada y el ámbito público. Este estudio se realizó para analizar comparativamente y posteriormente demostrar cuál ámbito (público o privado) es más eficaz y eficiente con respecto a la medición, control y prevención de eutrofización en cuerpos de agua de Chile. Se realizó también para rescatar aspectos positivos y negativos de ambas gestiones para en el futuro poder mejorar los procesos tomando en cuenta lo positivo de ambas estrategias.

**Primero** se introdujo la problemática ambiental y luego se señalaron antecedentes generales de la empresa como ubicación geográfica, rubro, organigrama, **entre otros**.

**Luego** se presentó el marco teórico y legal que aplica al presente trabajo. Se definieron y explicaron todos los conceptos que es necesario comprender previo a la lectura de este trabajo y luego se presentó todo el marco legal que aplica al presente estudio.

**Después** se presentó la situación actual con respecto al funcionamiento técnico, administrativo y normativo de organismos del estado y sobre la empresa Ecoprojects se detallaron sólo aspectos técnicos de sus equipos de ultrasonido para tratar las algas para posteriormente en el capítulo cuarto detallar lo normativo y administrativo.

**Posteriormente** se realizó el análisis comparativo y recomendaciones finales sobre el funcionamiento técnico, administrativo y normativo de organismos del Estado competentes y empresa Ecoprojects con respecto a la medición, prevención y control de la eutrofización.

**Finalmente** se presentaron las conclusiones del presente estudio, una conclusión importante fue que Ecoprojects a través de sus clientes, se ve como la entidad más eficaz y eficiente en dar respuesta y solución al riesgo de eutrofización debido a su rapidez y eficacia en resultados ya comprobados. Sin embargo, es importante recalcar que el estado debe controlar y dar solución a muchas más variables que una pyme que solo se dedica a un aspecto específico. El Estado debe proponer y aplicar diversas soluciones a muchos ámbitos.

**Palabras Clave:** riesgo eutrofización, gestión publica-privada del riesgo, ultrasonido.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
SIGLA Y SIMBOLOGÍA .....	1
INTRODUCCIÓN .....	4
OBJETIVOS .....	5
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
FUNDAMENTACIÓN .....	5
ALCANCE .....	5
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES .....	6
1.1. LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	7
1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA EMPRESA .....	8
<b>1.3. RUBRO</b> .....	8
1.4. ORGANIGRAMA .....	9
1.5. PRODUCTOS / SERVICIOS.....	9
1.5.1. Limpieza de Algas.....	9
1.5.2. Incrustaciones de Cal.....	10
1.5.3. Biofouling .....	11
1.5.4. Refinador de Combustible .....	11
1.5.5. Biodegradables.....	12
1.5.6. Testimonios y referencias de usuarios internacionales de equipos de ultrasonido de LG Sonic y toscano que han sido distribuidos por Ecoprojects en Chile .....	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y LEGAL.....	18
2.1. MARCO TEÓRICO.....	19
“Impacto del ultrasonido en las algas: se utilizan frecuencias ultrasónicas probadas científicamente para controlar diversos tipos de algas. Una diferenciación muy común se establece entre las algas verdes y las cianobacterias tóxicas, también conocidas como algas verdeazuladas. ....	22
2.2. MARCO LEGAL.....	23
2.2.1. “Constitución Política de la República de Chile; Constitución 1980. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.....	23
2.2.2. “Ley 19.300/1994 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: Aprueba Ley Sobre Bases Generales de Medio Ambiente .....	23
2.2.3. “D.S. 735/1969 Ministerio de Salud: Reglamento de los Servicios de Agua, destinados al consumo humano .....	23
2.2.4. “D.S. 39/2013 Ministerio de Medio Ambiente: Aprueba reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación.....	24

2.2.5. “D.S. 9/2015 Ministerio del Medio Ambiente: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío .....	26
2.2.6. “D.S. 53/2014 Ministerio del Medio Ambiente: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo.....	26
2.2.7. “D.S. 19/2013 Ministerio del Medio Ambiente: Establece normas secundarias de calidad ambiental para la proyección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica.....	27
2.2.8. “D.S. 75/2010 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Serrano .....	27
2.2.9. “D.S. 122/2010 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue.....	28
2.2.10. “Norma Chilena 1333 Of. 78 .....	29
2.2.11. “Resolución 177 exenta establece primer programa de regulación ambiental 2016-2017.....	29
<b>CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS S.P.A. ....</b>	<b>31</b>
3.1. ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO Y RESULTADOS DE EQUIPOS DE ULTRASONIDO COMERCIALIZADOS POR EMPRESA ECOPROJECTS.....	32
3.1.1. “Control de Algas en Estanques con LG Sonic e-line.....	32
3.1.2. “Control y monitoreo de algas con el MPC-Buoy de LG Sonic .....	34
3.1.3. “Eliminación ecológica de algas con Dumo Algacleaner .....	38
3.1.4. Ubicación y resultados de equipos comercializados por Ecoprojects .....	41
3.2. PRESENTACIÓN DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES .....	43
3.2.1. Presentación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental .....	43
3.2.2. “D.S. 9 MMA/ Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío .....	43
3.2.3. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Bío-bío.....	48
<b>VALIDACIÓN DE LOS DATOS PARA EL CONTROL NORMATIVO:.....</b>	<b>50</b>
<b>FRECUENCIA DE MONITOREO: .....</b>	<b>51</b>
<b>RESULTADOS, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES: .....</b>	<b>52</b>
3.2.4. “D.S. 53 MMA/ Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo .....	57
3.2.5. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca de Río Maipo .....	61
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>63</b>

VALIDACIÓN DE LOS DATOS PARA EL CONTROL NORMATIVO.....	64
3.2.6. “D.S. 75 MINSEGPRES/ Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano ....	68
3.2.7. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas superficiales de la cuenca del río Serrano.....	73
VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL.....	75
FRECUENCIA DE MONITOREO RED DE CONTROL.....	76
RESULTADOS RED DE CONTROL, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES .....	77
3.2.8. “D.S. 122 MINSEGPRES/ Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue .....	81
3.2.9. “Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del agua – norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue .	85
3.2.10. “Informe técnico de antecedentes para declarar a la cuenca del Lago Villarica como zona saturada por clorofila “a” transparencia y fósforo disuelto .....	94
3.2.11. “Informe final análisis y evaluación de medidas de reducción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) para incorporar al plan de descontaminación del Lago Villarrica (Universidad de la Frontera).....	101
3.3.    COMENTARIOS FINALES DEL CAPÍTULO .....	104
CAPÍTULO 4:    ANÁLISIS COMPARATIVO Y RECOMENDACIONES SOBRE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS S.P.A. CON RESPECTO A LA MEDICIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA EUTROFIZACIÓN.....	105
4.1.    ANÁLISIS COMPARATIVO NORMATIVO .....	106
4.1.1.    Ecoprojects.....	106
4.1.2.    Organismos Estatales.....	109
4.1.3.    Comparación Normativa.....	112
4.2.    ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO .....	112
4.2.1.    Introducción comparación técnica .....	112
4.2.2.    Empresa ECOPROJECTS .....	113
“Control ultrasónico de algas .....	113
4.2.2.1.    LG Sonic e-line .....	114
4.2.2.2.    MPC-Buoy .....	116
4.2.2.3.    Toscano DUMO Algacleaner.....	118
4.2.3.    Comparación Técnica Intermedia .....	119
4.2.4.    Organismos Estatales.....	120
4.2.4.1.    Informe Universidad de la Frontera .....	122
4.2.4.2.    Documento de Angol Amigable E.I.R.L .....	125
4.2.5.    Comparación técnica final .....	126
4.3.    ANÁLISIS COMPARATIVO ADMINISTRATIVO .....	127
4.3.1.    Introducción comparación administrativa .....	127

4.3.2. Organismos Estatales.....	128
4.3.2.1. Informe Universidad de la Frontera .....	130
4.3.2.2. Documento Angol Amigable E.I.R.L.....	132
4.3.3. Análisis comparativo administrativo final.....	133
4.4. RECOMENDACIONES O PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA CADA ENTIDAD ANALIZADA Y COMPARADA .....	135
4.4.1. Empresa ECOPROJECTS S.P.A. ....	135
4.4.2. Organismos del Estado .....	135
CONCLUSIONES .....	137
BIBLIOGRAFÍA .....	140
ANEXOS.....	143
ANEXO A: PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ULTRASONIDO .....	143

## **ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1-1. Organigrama de Ecoprojects

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1. Entrada Embalse/Tranque La Dehesa para agua potable de Aguas Andinas

Figura 1-2. LG Sonic e-line para control de algas

Figura 1-3. LG Sonic MPC-Buoy. Control y monitoreo de algas en lagos y reservorios.

Figura 2-1. Fuentes de Nitrógeno y Fósforo

Figura 2-2. Proceso Eutrofización

Figura 3-1. Rango de equipo LG Sonic e-line

Figura 3-2. Componentes de equipo LG Sonic e-line

Figura 3-3. Cada MPC-Buoy tiene un rango de tratamiento de 500 m/1600 pies de diámetro

Figura 3-4. Elementos del sistema MPC-buoy

Figura 3-5. Estructura interna de células de alga y efecto del ultrasonido en el agua con algas

Figura 3-6. Destrucción e inhibición de la clorofila A

Figura 3-7. Elementos del sistema DUMO algacleaner toscano

Figura 3-8. Certificado de Aguas Andinas para LG Sonic

Figura 3-9. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

Figura 3-10. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

Figura 3-11. Representación espacial de las áreas de vigilancia y estaciones de monitoreo para la cuenca del río Serrano

Figura 3-12. Áreas de vigilancia en el lago

Figura 3-13. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 3-1. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Biobío

Tabla 3-2. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

Tabla 3-3. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Maipo

Tabla 3-4. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

Tabla 3-5. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Serrano

Tabla 3-6. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

Tabla 3-7. Niveles de Calidad por Áreas de Vigilancia en el lago Llanquihue

Tabla 3-8. Niveles de Calidad por Áreas de Vigilancia en el lago Villarrica

## SIGLA Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS

MMA	: Ministerio del Medio Ambiente
NSCA	: Norma Secundaria de Calidad Ambiental
MINSEGPRES	: Ministerio Secretaría General de la Presidencia
D.S.	: Decreto Supremo
NCh	: Norma Chilena
S.P.A.	: Sociedad por Acciones
MINSAL	: Ministerio de Salud
E.I.R.L	: Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
MPC	: Monitor, Predict and Control (Monitoreo, Predicción y Control)
DBO	: Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
TSS	: Total de Sólidos en Suspensión
DGA	: Dirección General de Aguas
UFRO	: Universidad de la Frontera
SMA	: Superintendencia del Medio Ambiente
SMMA	: Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente
PV	: Programa de Vigilancia
LD	: Límite de Detección
PTAS	: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile communications
BI-(10 a 60)	: Áreas de vigilancia cauce Biobío (D.S. 9 Biobío MMA)
BU-10	: Área de vigilancia cauce Bureo (D.S. 9 Biobío MMA)
DU-10	: Área de vigilancia cauce Duqueo (D.S. 9 Biobío MMA)
LA-(10 a 30)	: Áreas de vigilancia cauce Laja (D.S. 9 Biobío MMA)
MA-10	: Área de vigilancia cauce Malleco (D.S. 9 Biobío MMA)
RE-10	: Área de vigilancia cauce Renaico (D.S. 9 Biobío MMA)
VE-10	: Área de vigilancia cauce Vergara (D.S. 9 Biobío MMA)
MA-(1 a 5)	: Áreas de vigilancia cauce Río Maipo (D.S. 53 Maipo MMA)
AN-1	: Área de vigilancia cauce Río Angostura (D.S. 53 Maipo MMA)
MP-(1 y 2)	: Áreas de vigilancia cauce Río Mapocho (D.S. 53 Maipo MMA)

LA-1	:	Área de vigilancia cauce Estero Lampa (D.S. 53 Maipo MMA)
PU-(1 y 2)	:	Áreas de vigilancia cauce Estero Puangue (D.S. 53 Maipo MMA)
PA-10	:	Área de vigilancia cauce Río Paine (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
SE (10 y 20)	:	Áreas de vigilancia cauce Río Serrano (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
GR-10	:	Área de vigilancia cauce Río Grey (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
CH-10	:	Área de vigilancia cauce Río Las Chinas (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
BA-10	:	Área de vigilancia cauce Río Baguales (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
VI-10	:	Área de vigilancia cauce Río Vizcachas (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
DG-10	:	Área de vigilancia cauce Río Don Guillermo (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
TP-10	:	Área de vigilancia cauce Río Tres Pasos (D.S. 75 Serrano MINSEGPRES)
LL-O	:	Área de vigilancia Puerto Octay (D.S. 122 Llanquihue MINSEGPRES)
LL-E	:	Área de vigilancia Ensenada (D.S. 122 Llanquihue MINSEGPRES)
LL-V	:	Área de vigilancia Puerto Varas (D.S. 122 Llanquihue MINSEGPRES)
LL-F	:	Área de vigilancia Frutillar (D.S. 122 Llanquihue MINSEGPRES)
PEL-CE	:	Área de vigilancia Zona Pelagial Centro del Lago (D.S. 19 Villarrica MMA)
LIT-PO	:	Área de vigilancia Litoral Poza (D.S. 19 Villarrica MMA)
LIT-VILL	:	Área de vigilancia Litoral Villarrica (D.S. 19 Villarrica MMA)
LIT-PU	:	Área de vigilancia Litoral Pucón (D.S. 19 Villarrica MMA)
LIT-NO	:	Área de vigilancia Litoral Norte (D.S. 19 Villarrica MMA)
LIT-SU	:	Área de vigilancia Litoral Sur (D.S. 19 Villarrica MMA)

## SIMBOLOGÍA

m	:	Metro
A	:	Ampere
V	:	Voltio
W	:	Vatio
ft	:	Pie

## INTRODUCCIÓN

“El Agua es un elemento primordial para la vida, pues tiene un papel fundamental como motor de la actividad biológica en nuestro planeta. Así lo demuestra el hecho de que la vida se haya iniciado en su seno. A medida que las diferentes formas de vida evolucionaban se hicieron más complejas y especializadas. Gran parte de las especies abandonaron el agua para pasar a vivir en la tierra, incorporando el agua como una parte de su propio organismo. Además, el agua sirve para disolver las sales minerales necesarias para los seres vivos, a la vez que mantiene en disolución las sustancias orgánicas de las células, haciendo posible, así, que se produzcan las reacciones vitales para el desarrollo de la vida. En resumen, el agua no es solo el soporte de vida más importante que conocemos sino que es un elemento básico para su supervivencia y desarrollo. Así, los cuerpos de agua dulce son primordiales para ecosistemas, agua potable y paisajes” (1).

“Un riesgo que amenaza el uso de cuerpos acuáticos para agua potable, paisajes y ecosistemas balanceados es el de Eutrofización, este es el proceso de enriquecimiento de nutrientes de cualquier cuerpo de agua (por factores naturales o de origen antrópico) que se manifiesta en un aumento, proliferación y posterior acumulación de algas y plantas acuáticas. Esto se manifiesta en turbiedad del agua, falta de oxígeno, muerte de fauna acuática, algas tóxicas y microorganismos patógenos” (2).

Es por lo anterior, que este riesgo ha sido tratado y gestionado de diversas maneras. Algunas de ellas son las aplicadas por organismos del estado como monitoreos, resoluciones de calificación ambiental, generación de conciencia a empresarios, mantener altos niveles de agua, normas de calidad y de emisión, otros.

Dentro de las empresas privadas dedicadas a este rubro existe Ecoprojects, la cual a través de equipos que venden a clientes, utilizan el ultrasonido que controla el crecimiento excesivo de algas, mejora la calidad del agua y restaura el equilibrio del ecosistema.

Este proyecto propondrá un estudio comparativo entre las estrategias y resultados obtenidos por clientes de la empresa Ecoprojects y organismos del Estado con respecto a la medición, prevención y tratamiento de la eutrofización.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar comparativamente estrategias y resultados obtenidos por clientes de la empresa Ecoprojects y organismos del Estado con respecto a la medición, prevención y control de la eutrofización en cuerpos de agua.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir el funcionamiento técnico, administrativo y normativo de los procesos de prevención de eutrofización en Organismos del estado competentes y empresa Ecoprojects.
- Comparar la gestión en relación a la eficiencia y eficacia para dar respuesta al riesgo de eutrofización.
- Realizar descripción y análisis sobre aspectos técnicos de equipos de ultrasonido comercializados por empresa Ecoprojects.

## **FUNDAMENTACIÓN**

Este estudio se realizará para demostrar cuál ámbito (público o privado) es más eficaz y eficiente con respecto a la prevención y/o tratamiento de eutrofización en cuerpos de agua del país. Se realizará también para rescatar aspectos positivos y negativos de ambas gestiones para en el futuro poder mejorar los procesos tomando en cuenta lo positivo de ambas estrategias.

## **ALCANCE**

El presente estudio entrega un análisis comparativo sobre aspectos técnicos, de gestión con respecto a la prevención y/o tratamiento de la eutrofización en cuerpos de agua asesorados por Ecoprojects como: Embalse La Dehesa de Aguas Andinas, Laguna de Club de Golf Brisas de Santo Domingo, Laguna de Parque Juan Pablo II de Las Condes, Viña Casas Patronales y otros cuerpos de agua que hayan sido objeto de gestión preventiva y/o correctiva por parte de organismos del estado como Ministerio del Medio Ambiente, Superintendencia del Medio Ambiente, Dirección General de Aguas, entre otros.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

En este capítulo se partirá con un breve resumen de la problemática ambiental en el mundo y en Chile para luego mencionar los antecedentes generales de la empresa Ecoprojects. Estos antecedentes son ubicación geográfica, rubro, organigrama de la empresa, productos/servicios, entre otros.

### **1.1. LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

“Los problemas ambientales relacionados al desarrollo económico y social están siendo, desde hace algunas décadas, tomados cada vez más en cuenta. El sistema de producción actual nos ha llevado a una crítica situación de la cual no es fácil salir, aun poniendo el mayor de nuestro empeño. Hasta el momento las soluciones han venido de la mano de cambios tecnológicos, de sanción con normativas más estrictas, de establecer impuestos a quien contamine o de subsidios a quien elabore productos "verdes" o amigables con el medio ambiente. Todas estas medidas han tenido un éxito relativo; lo cierto es que la situación ambiental del planeta es cada vez peor, alcanzando niveles peligrosamente irreversibles” (3).

“La crisis del medio ambiente se acrecienta durante la segunda mitad del siglo XX, con la expansión capitalista. En última instancia, los procesos socioeconómicos y tecnológicos desencadenantes de la crisis ambiental, se unen a la incapacidad de comprensión humana del ambiente, del mundo y de la vida en su compleja totalidad, para admitir la verdadera dimensión del hombre en la naturaleza.

De forma paralela al cambio ambiental se produce también un cambio social global. Esto principalmente se debe a la propia dinámica interna del sistema mundial, cuya naturaleza exponencial alienta la expansión demográfica, los procesos de desarrollo económico y la tendencia hacia la globalización de la economía y de la tecnología, por medio de potentes redes de interdependencia.

El desarrollo económico excesivo ha llevado a una contaminación generalizada del medio, a la destrucción de la capa de ozono, a la destrucción de los recursos naturales. Por ejemplo, por la deforestación se pierden por anualmente 17 millones de hectáreas de bosque tropical, y cada año se destruyen 4 millones de hectáreas de zonas cultivables, por procesos de desertización” (4).

“Los lagos y lagunas de Chile son cada vez menos transparentes. Los espejos de agua de todo el país, especialmente los embalses y los lagos naturales de la zona centro norte, tienen serias dificultades para mantener su pristinidad.

La proliferación de organismos fotosintetizadores, como el fitoplancton y las plantas acuáticas, hace que sus aguas se tornen cada vez más opacas. El proceso se conoce como eutrofización y se origina en el aumento sostenido de la concentración de nutrientes disueltos en el agua, como el fósforo y nitrógeno, que favorecen tal florecimiento. Los lagos ya afectados por el problema son el embalse La Paloma, la laguna de Aculeo, el embalse Rapel, la laguna de San Pedro y el lago Lanalhue, entre otros.

La mayor parte son sistemas artificiales que experimentan fluctuaciones fuertes en el nivel del agua, lo que favorece la erosión de la orilla y, por ende, el aumento de nutrientes en suspensión.

En el caso del Rapel, se han producido varios eventos de anoxia (falta de oxígeno) durante los últimos años, que han estado asociados con la mortandad masiva de peces” (5).

## **1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA EMPRESA**

La Ubicación legal de la empresa asesora y comercializadora de proyectos y productos ecológicos es Miguel Ángel Buonarotti 243 Las Condes. Su razón social es Ecoprojects S.p.A

## **1.3. RUBRO**

Según actividad o giro, la empresa Ecoprojects se clasifica dentro de dos categorías: Empresa comercial y empresa de servicios.

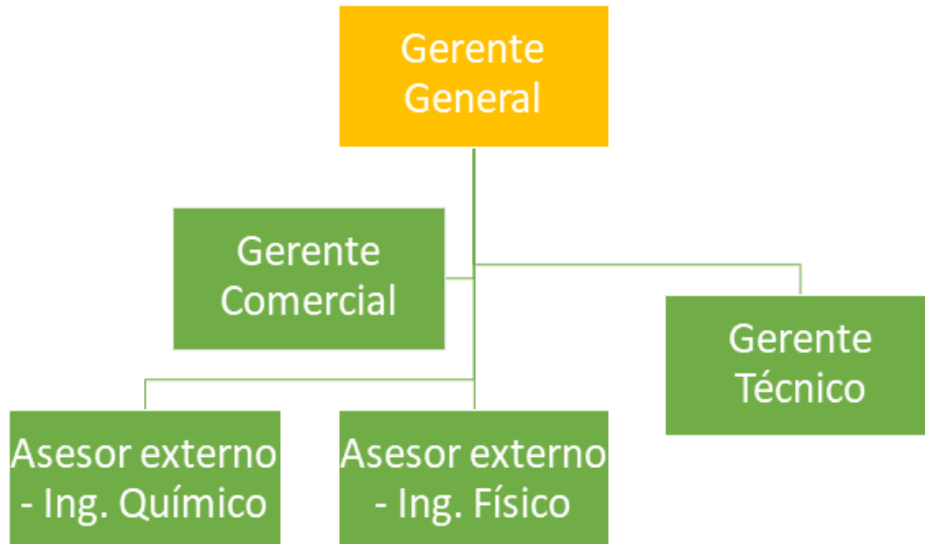
Es una empresa comercial debido a que está dedicada a la compra de bienes de consumo y/o durables, para una posterior venta sin hacer un proceso que provoque otro producto físicamente diferente. Es decir, se vende lo mismo que se compra.

Es también empresa de servicios debido a que asesoran técnicamente a los clientes con respecto a sus productos importados y con profesionales calificados dan fiabilidad de la inocuidad de estos mismos.

Según sector económico, Ecoprojects se clasifica en la tercera categoría denominada sector terciario. Esta está ligada al comercio y los servicios.

Según origen del capital, esta empresa clasifica en empresa privada, en la que el capital y la administración provienen de particulares.

#### 1.4. ORGANIGRAMA



Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por gerente comercial de Eco-projects

Diagrama 1-1. Organigrama de Eco-projects

En el Diagrama 1-1 se presenta el organigrama de la pyme Eco-projects S.p.A. En este se puede apreciar que es una empresa con muy pocos trabajadores y cuenta con dos asesores externos para cualquier necesidad de los clientes.

#### 1.5. PRODUCTOS / SERVICIOS

“Eco-projects asesora empresas que quieran implementar soluciones ecológicas a problemas industriales. Evalúan, desarrollan e implementan proyectos ecológicos de acuerdo a las necesidades del cliente.

##### 1.5.1. Limpieza de Algas

El dispositivo proporciona un enfoque innovador para la limpieza y la revitalización de las masas de aguas, aumentando el oxígeno y clarificando el agua. Se utilizan radio – frecuencias para eliminar el fósforo y nitratos, alimento de las algas. Al no tener alimentos, las algas, incluso de la marea roja, desaparecen paulatinamente, lo cual se puede observar a partir de la segunda semana de instalación.

Asimismo, permite incrementar el nivel de oxígeno en el agua, absorbiéndolo en mayor medida desde la superficie. El aumento del oxígeno estimula el crecimiento de la población microbiana aeróbica que, a su vez, consumirá la acumulación de material orgánico en el fondo del agua. Este aumento en el nivel de oxígeno, beneficia directamente a los peces y a

otras especies, mejorando la salud de los mismos y disminuyendo su tasa de mortalidad, especialmente en caso de existencia de centros de cultivo.

Dependiendo de la geografía y corrientes, tiene un alcance de 10 kilómetros cuadrados.

Los beneficios principales son:

- Elimina las Algas.
- Menor turbiedad y olor del agua.
- Mantiene el ambiente libre de virus y bacterias.
- Mejor salud de los peces.
- Fácil de instalar.
- Funcionamiento continuo con autogeneración de energía.
- Opera en aguas frías, calientes, agua salada y agua de mar.

#### 1.5.2 Incrustaciones de Cal

En Ecoprojects se cuenta con dispositivos que emite ondas radio-electromagnéticas de baja frecuencia (5-6 Mhz) a través del agua, que transforman la forma insoluble de la cal (calcita) en aragonito, su forma no incrustante. De este modo, se neutralizan los problemas causados por la cal presente en el agua y se desincrusta la cal ya adherida a las instalaciones (al menos 1 milímetro por mes), garantizando una protección permanente frente a la cal.

Su efecto alcanza hasta los 17 kilómetros en continuidad hídrica, ya que la onda se propaga a través del agua, además de adaptarse a cualquier tipo de caudal y material que tenga el cliente en su instalación.

Este dispositivo tiene múltiples utilidades:

- Línea Domiciliaria: Viviendas Particulares, y Comunidades de Propietarios.
- Línea Industrial

Se estudia cada caso de forma particular y para cada proyecto se estudian los distintos circuitos de agua presentes en las instalaciones que se quieren proteger:

Circuitos Abiertos: Circuitos de ACS y de Agua Fría, Intercambiadores de calor, Acumuladores de ACS, sistemas de bombeo, red de aporte de aguas municipales, **entre otros.**

Circuitos semi-abiertos: Torres de refrigeración, Condensadores evaporativos, sistemas de refrigeración en general (de agua dulce y de agua de mar), humidificadores, calderas, pasteurizadores, **entre otros**.

Circuitos Cerrados: Circuitos de climatización y micro climatización, bombas de calor, **entre otros**.

Puede ser Utilizado en:

Agricultura y ganadería

Acuicultura

Fábricas

Fuentes Públicas

Micro.climatización

Navieras

Línea Profesional:

Hoteles

Spas y Piscinas

Cafeterías, Bares y Restaurantes

Redes de Agua Potable

Instalaciones Deportivas

### 1.5.3. Biofouling

La formación de biopelícula comienza con la adhesión de bacterias a la superficie. Las ondas ultrasónicas emitidas por el dispositivo crean resonancia alrededor de la superficie sólida dentro del agua, previniendo que las bacterias se asienten en la superficie, alterando la estructura de la biopelícula existente, y controlando la adhesión de algas a la biopelícula.

Al reducirse la concentración de algas y biopelícula, también se disminuye la dosificación de biocidas u otros métodos anti incrustantes.

Se utiliza tanto en ductos, torres de enfriamiento, embarcaciones y estanques.

### 1.5.4. Refinador de Combustible

Ecoprojects cuenta con dispositivos basados en el 'cracking' molecular dando como resultado un verdadero refinado del combustible. Todo ello permite un mayor aprovechamiento y más completo del combustible por parte de motores de combustión y calderas. El efecto deseado se obtiene gracias a un campo electromagnético generado por el dispositivo, focalizado en la línea de suministro de combustible, sin intervenir éste en la presión ni en la mecánica del sistema de inyección, ya sea con carburador o de inyección. Todo ello se realiza a través de un tubo -un componente estático- que no está sujeto a ningún desgaste.

Los principales beneficios son los siguientes:

Se optimiza la combustión y se aumenta entre un 10 y un 15 % la potencia desarrollada,

Reduce hasta un 60 % las emisiones contaminantes nocivas,

Reduce el consumo de combustible hasta un 10%.

Fácil de instalar en el circuito de alimentación del combustible

Puede ser utilizado en motores, quemadores, calderas y cualquier otro elemento. El dispositivo también está disponible para vehículos y embarcaciones a petróleo, con alimentación a 12 y 24 voltios: camiones, furgonetas, autobuses, barcos. En motores modernos como el Euro 4 o el Euro 5, que ya integran mecanismos para mejorar la combustión, los efectos del dispositivo son muy limitados.

Se garantiza un funcionamiento ilimitado en el tiempo y sin mantenimiento, pues sólo requiere simples inspecciones periódicas.

#### 1.5.5. Biodegradables

Se tiene una gama de productos Biodegradables y Compostables 100% de origen vegetal.

Entre ellos, se pueden encontrar:

- Bolsas Camiseta
- Bolsas de Basura
- Bolsas en Rollo
- Clamshell o Contenedores
- Vasos
- Cubiertos
- Bandejas
- Bombillas o Pajitas

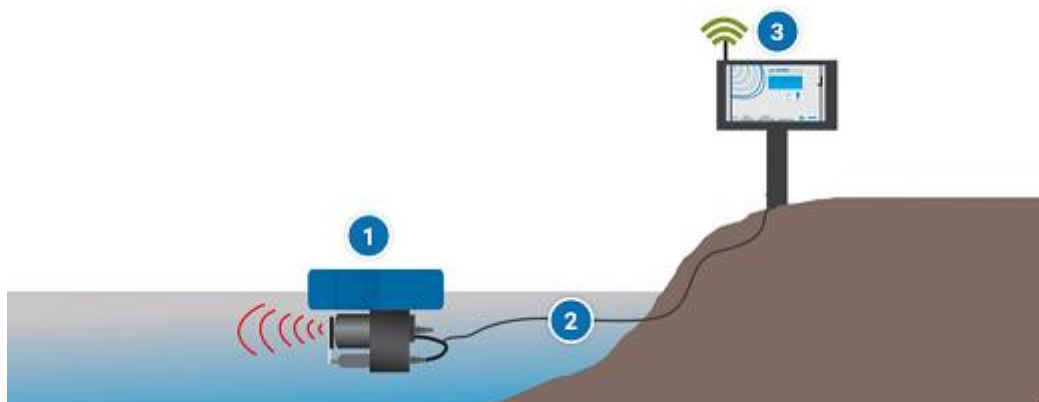
Todos los productos son 100% vegetales” (6).



Fuente: <https://www.google.cl/maps/@-33.3307408,-70.5280126,3a,25.8y,20h,91.37t/data=!3m6!1e1!3m4!1sX9jgAir09-LqA3BIwAUDxg!2e0!7i13312!8i6656>

Figura 1-1. Entrada Embalse/Tranque La Dehesa para agua potable de Aguas Andinas

En la imagen anterior se puede observar el embalse ubicado en La Dehesa, comuna de Lo Barnechea Región Metropolitana. Este embalse es utilizado por Aguas Andinas para agua potable. En este embalse se instaló un equipo de ultrasonido comercializado por Ecoprojects.



Fuente: <https://www.lgsonic.com/es/product/control-de-algas-en-estanques-con-lg-sonic-e-line/>

Figura 1-2. LG Sonic e-line para control de algas

En la imagen anterior y en la siguiente se pueden observar los modelos de LG sonic que comercializa Ecoprojects. Se observa que el modelo MPC-Buoy es de mayor tamaño y tiene una distinta forma.



Fuente: <https://www.lgsonic.com/es/product/control-y-monitoreo-de-algas-con-mpc-buoy/>

Figura 1-3. LG Sonic MPC-Buoy. Control y monitoreo de algas en lagos y reservorios.

En la imagen anterior se puede ver que el MPC-Buoy de LG Sonic posee paneles solares para un suministro de energía autónomo. Bajo el agua se encuentran los transmisores ultrasónicos que emiten estas ondas para erradicar el exceso de floraciones algales nocivas que producen la eutrofización.

Actualmente Ecoprojects vende un equipo de ultrasonido de la empresa española toscano llamado DUMO Algacleaner. Este posee características más o menos similares con los equipos de ultrasonido de LG Sonic.

1.5.6. Testimonios y referencias de usuarios internacionales de equipos de ultrasonido de LG Sonic y toscano que han sido distribuidos por Ecoprojects en Chile

#### Control de algas en lago recreativo, Argentina

Algas filamentosas verdes cubrían casi la totalidad de la laguna. La turbidez del agua era significativa y ofrecía una deteriorada imagen que el cliente deseaba mejorar urgentemente. Como una alternativa al ácido clorhídrico se puede usar el tratamiento ultrasónico para controlar las algas. Se decidieron instalar 4 **equipos LG Sonic e-line**, dos en cada laguna. El tratamiento ultrasónico usa ondas sonoras de alta frecuencia para controlar el crecimiento de las algas. Es una tecnología usada ampliamente en lagos. Un mes más tarde, el aspecto de la laguna había mejorado sustancialmente. Las algas habían desaparecido y la transparencia del agua había aumentado.

“Hace un mes que instalamos los equipos. Funcionan perfecto” Cliente (7).

Control de algas en el Embalse la Fe, Antioquia, Colombia.

Ocho equipos MPC-Buoy fueron instalados en el embalse, para controlar y monitorear las floraciones de algas, pues el embalse abastece una de las plantas principales de agua potable de Medellín. Fueron puestas en operación en Mayo de 2015 y han funcionado ininterrumpidamente.

El objetivo del Proyecto era en primera instancia reducir y controlar los episodios de Bloom de algas y cianobacterias, para mejorar el abastecimiento de agua en planta, y poder usar el embalse a su máximo potencial, ahorrando por ende costos por bombeo.

Dada la escala del proyecto, la mejor solución técnica y económica era la aplicación del ultrasonido, pues con 8 equipos se cubría todo el embalse. Al ser alimentados por energía solar y operados remotamente, los costos operativos son muy atractivos. Se buscaba una manera respetuosa con el medio ambiente de controlar las algas en el embalse.

“El control de algas y cianobacterias ha sido una excelente inversión. Logramos a través de una tecnología ambientalmente amigable mejorar la calidad del agua y disminuir los costos de tratamiento, adicionalmente hoy tenemos un monitoreo y control más oportuno del comportamiento de nuestro embalse” Santiago Barrera, Profesional Operaciones Negocios (8).

#### American Water

Descripción: Instalación de 4 MPC-Buoys en un reservorio de agua potable en Canoe Brook Water Treatment. Ubicación: Estados Unidos.

“Una gran cantidad de pruebas realizadas en 2014 mostraron que las boyas tuvieron un impacto notable en las algas, permitiéndole a la planta reducir el consumo de productos químicos en más de un 20 por ciento, y reducir la concentración de compuestos creadores de sabor y olor indeseable en el agua tratada entregada a los clientes”. Orren Schneider, Gerente de tecnología de Agua (9).

#### Bournemouth Water

Descripción: Instalación de 4 MPC-Buoys en un depósito de agua potable (Embalse East Dorset). Ubicación: Lagos Longham, Reino Unido.

Tim Latcham, Jefe de Abastecimiento de Agua, dijo que el sistema fue instalado en febrero y ha estado en pleno funcionamiento desde marzo. “Estamos trabajando estrechamente con el proveedor que es capaz de definir con precisión las frecuencias de sonido para hacer frente a brotes específicos de algas. “Es pronto y no hemos llegado aún al momento del año de máxima concentración de algas, pero una vez observado un primer brote significativo de algas notamos una reducción dramática gracias a los equipos, lo cual es muy alentador”, dijo Tim (9).

“El agua que llena la balsa de riego proviene de un canal que aporta mucho limo y nutrientes que aumentan la floración agresiva de algas en época estival. Continuamente teníamos los filtros atascados por las algas y con el riego por goteo, esto era un verdadero problema, que tratábamos de evitar incluso con biocidas químicos. Esto quedó definitivamente solucionado con la instalación de DUMO algacleaner” Christophe Bouchet. Responsable de Producción. Primor Fruit S.A. Finca San Jose, Sevilla (10).

“... el agua del lago ha permanecido en perfecto estado, no produciéndose crecimiento de algas, pérdida de transparencia o formación de malos olores, demostrando así el funcionamiento de los equipos instalados y la efectividad del tratamiento por ultrasonidos”. Luis Piñana. Responsable de Zona Centro. Acciona Agua (10).

“... el equipo DUMO Algacleaner ha impedido la formación de un tipo de alga mayor (lemnas) que flota en la superficie de las lagunas. Los ultrasonidos también impiden la formación de las burbujas de metano y otros gases que se originan en los procesos de fermentación...” Sergi Rebull. Jefe de Planta EDAR Uildecona. Acciona Agua (10).

“La adición de este equipo ha superado satisfactoriamente los objetivos de eliminación de algas, sin haber tenido problemas de funcionamiento. No expresamos dudas acerca de su eficacia” Oliver Lannuzel, Fleurs de l’Odet (11).

“[...] Transcurridos más de tres años desde la instalación [...], estoy muy contento con este dispositivo que evita cualquier adición de productos químicos. Es más económico y, por supuesto, ecológico.” Alexandre Adnot, Gerente. Finca Los Algodonales (11).

“Nosotros sólo podemos recomendar este tipo de instalación que no hace daño ni a los peces y ni al medio ambiente.” Laurent Boutler, Gerente. Amorvlf EURL (11).

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y LEGAL**

## 2. MARCO TEÓRICO Y LEGAL

En este capítulo se presentará primero las definiciones, conceptos y procesos necesarios para comprender el fenómeno de eutrofización de las aguas. Luego, se enumera todo el marco legal relacionado de alguna u otra manera al presente estudio. En el marco legal se resaltarán los artículos que tengan relación al tema.

### 2.1. MARCO TEÓRICO

A continuación se definen y explican todos los conceptos que es necesario comprender previo a la lectura de este estudio comparativo.

**“Eutrofización:** Degradación ambiental natural de los lagos y lagunas, generado por el aumento de la concentración de nutrientes principalmente de nitrógeno y fósforo, lo que ocasiona una proliferación y posterior acumulación de algas y plantas acuáticas.

**Otra Definición:** Proceso de enriquecimiento de nutrientes de cualquier cuerpo de agua (por factores naturales o de origen antrópico) que se manifiesta en un aumento de la abundancia y/o biomasa de los productores primarios.

**Eutrofización:** es el proceso natural de cambio de un estado trófico a otro nivel superior por adición de nutrientes (eutrophos: bien nutrido)” (2).

#### **“Causas de la Eutrofización:**

- Agricultura: se emplean fertilizantes nitrogenados para abonar los cultivos, filtrándose en la tierra y llegando a hasta los ríos y las aguas subterráneas.
- Ganadería: los excrementos de los animales son ricos en nutrientes, sobre todo en nitrógeno. Si los excrementos no son gestionados de buena manera pueden terminar contaminando las aguas cercanas.
- Residuos urbanos: principalmente los detergentes con fosfatos.
- Actividad industrial: se pueden producir vertidos tanto de productos nitrogenados como fosfatados entre otros muchos tóxicos.
- Contaminación atmosférica: las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre reaccionan en la atmósfera produciendo lluvia ácida, llevando nutrientes de este modo a las masas de aguas.

- Actividad forestal: los residuos forestales que se dejan en las aguas, se degradan aportándole todo el nitrógeno y el resto de nutrientes que tenía la planta” (12).

“La adición de **fósforo y nitrógeno** condiciona una cadena de eventos que producen el incremento del crecimiento de los productores primarios. Las algas perifíticas y las macrófitas sumergidas generalmente presentan un incremento de su biomasa durante el inicio del proceso. Si el incremento de nutrientes continúa, el predominio de los productores primarios se desplaza hacia el fitoplancton, en especial hacia las cianobacterias. La reducción de la transparencia y el aumento de la producción de biomasa conllevan a una gran acumulación de material orgánico en las capas más profundas” (2).

“El exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, **consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia.**

La eutrofización **afecta a la calidad de las aguas** ya que al aumentar la podredumbre y agotarse el oxígeno, las aguas adquieren un olor nauseabundo. El olor de estas aguas puede ocasionar pérdidas económicas (turismo, áreas que pierden valor, **entre otros.**), problemas respiratorios y su consumo puede ocasionar problemas sanitarios a las personas de la zona” (12).

#### “Terminología Trófica:

Oligotrofia – bajos nutrientes y “productividad”; usualmente alta transparencia.

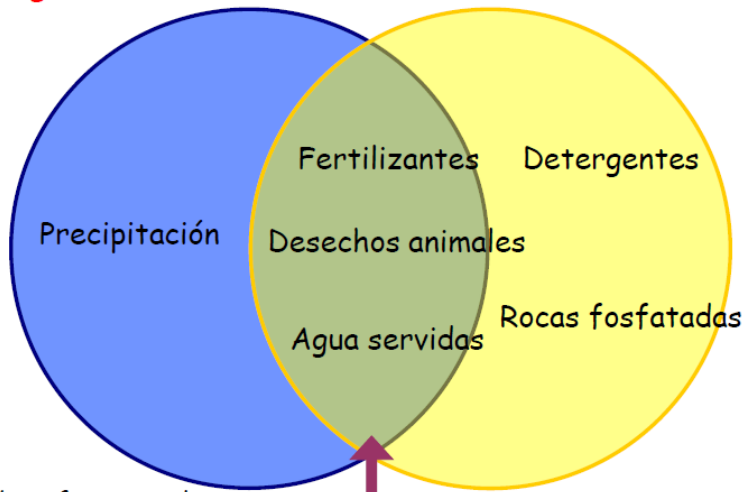
Mesotrofia – nutrientes moderados, “productividad” y transparente.

Eutrofia – alta concentración de nutrientes y “productividad”; baja transparencia.

# Fuentes de Nutrientes

nitrógeno/nitratos

fósforo/fosfatos

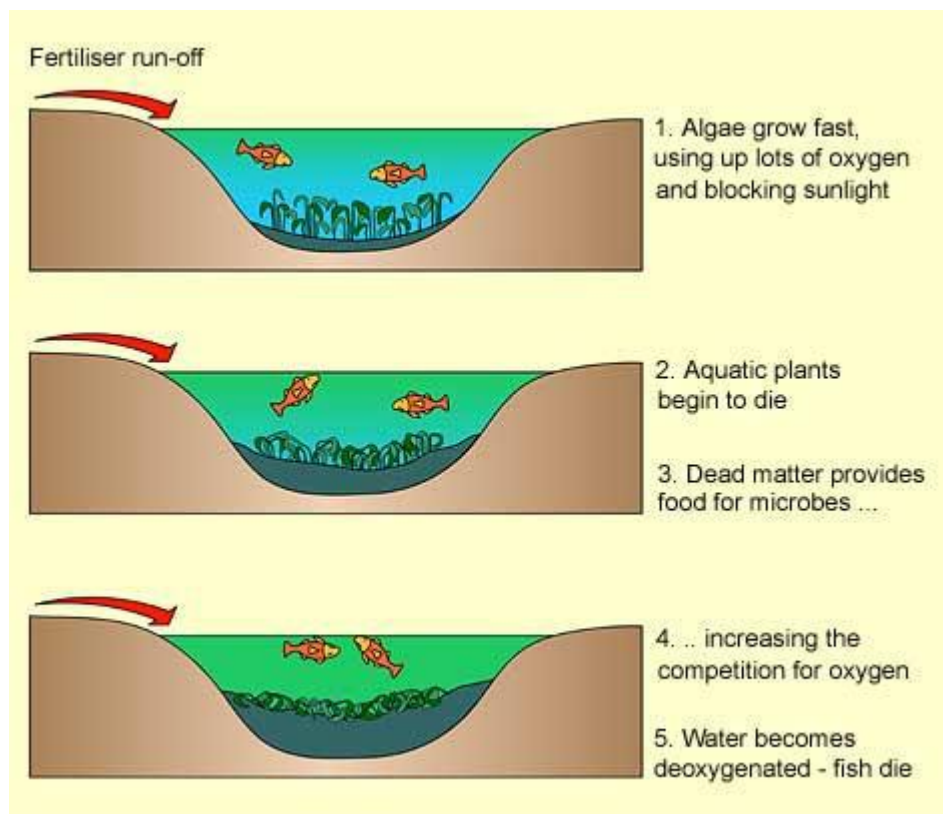


Ambas fuentes de nutrientes

Fuente: [http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion\\_2014.pdf](http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion_2014.pdf).

Figura 2-1. Fuentes de Nitrógeno y Fósforo

En la Figura 2-1 se muestra de que fuentes provienen los principales nutrientes que provocan la eutrofización en cuerpos de agua. Las fuentes de al medio pueden contener tanto nitrógeno como fósforo.



Fuente: [http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion\\_2014.pdf](http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion_2014.pdf).

Figura 2-2. Proceso Eutrofización

En la Figura 2-2 se presenta el proceso de la eutrofización. Al principio de la imagen dice que el fertilizante se escurre hacia el cuerpo de agua. En 1. Se dice que las algas crecen rápido, usando mucho oxígeno y bloqueando la luz solar. En 2. Las plantas acuáticas empiezan a morir y en 3. La materia muerta provee de alimento para los microbios. En 4. Dice que se empieza a incrementar la competencia por oxígeno y en 5. El agua se vuelve desoxigenada y los peces mueren.

• **Muchas cyanobacteria (algas verde-azules) producen toxinas:** Problemas a la salud humana. Problemas para mascotas, ganado y vida salvaje” (2).

#### **Tratamiento de algas con ultrasonido:**

“**Ultrasonido:** es una onda sonora cuya frecuencia supera el límite perceptible por el oído humano (es decir, el sonido no puede ser captado por las personas ya que se ubica en torno al espectro de 20.000 Hz)” (13).

“**Impacto del ultrasonido en las algas:** se utilizan frecuencias ultrasónicas probadas científicamente para controlar diversos tipos de algas. Una diferenciación muy común se establece entre las algas verdes y las cianobacterias tóxicas, también conocidas como algas verdeazuladas.

1. Crea una capa de sonido: Las algas verdeazules y unas algas verdes son capaces de desplazarse verticalmente en la columna de agua gracias a las vesículas del gas que poseen. Las ondas ultrasónicas crean una presión sónica en el estrato superior del agua.
2. Falta de luz: Esta barrera de sonido ultrasónica impide a las algas que suban a la superficie para tomar luz solar, dificultándoles hacer la fotosíntesis. Este efecto frena el crecimiento acelerado de las algas.
3. Controla el crecimiento de las algas: Las algas se mueren mientras que la membrana de la célula se mantiene intacta, previniendo la liberación de las toxinas al agua. Las algas se hunden al fondo del cuerpo de agua y son degradadas por las bacterias presentes” (14).

## **2.2. MARCO LEGAL**

A continuación se menciona todo el marco legal aplicable al presente estudio. También se detallarán todos los artículos que sean pertinentes.

### 2.2.1. “Constitución Política de la República de Chile; Constitución 1980. Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Artículo 19.- La Constitución asegura a todas las personas:

8°.- El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza.

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente” (15).

### 2.2.2. “Ley 19.300/1994 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: Aprueba Ley Sobre Bases Generales de Medio Ambiente

Artículo 32: ... Mediante decreto supremo que llevará las firmas del Ministro del Medio Ambiente y del ministro competente según la materia de que se trate, se promulgarán las normas secundarias de calidad ambiental.

Un reglamento establecerá el procedimiento a seguir para la dictación de normas de calidad ambiental, que considerará a lo menos las siguientes etapas: análisis técnico y económico, desarrollo de estudios científicos, consultas a organismos competentes, públicos y privados, análisis de las observaciones formuladas y una adecuada publicidad. Establecerá además los plazos y formalidades que se requieran para dar cumplimiento a lo dispuesto en este artículo y los criterios para revisar las normas vigentes.

Toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cinco años, aplicando el mismo procedimiento antes señalado.

La coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, y la determinación de los programas y plazos de cumplimiento de las mismas, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente” (16).

### 2.2.3. “D.S. 735/1969 Ministerio de Salud: Reglamento de los Servicios de Agua, destinados al consumo humano

Artículo 1°.- Todo servicio de agua potable deberá proporcionar agua de buena calidad en cantidad suficiente para abastecer satisfactoriamente a la población que le corresponde atender, debiendo, además, asegurar la continuidad del suministro contra interrupciones ocasionadas por fallas de sus instalaciones o de su explotación.

Artículo 4°.- Corresponde a la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva comprobar las condiciones sanitarias de todo servicio de agua potable, vigilar su funcionamiento y hacer cumplir las disposiciones del presente reglamento, sin perjuicio de las atribuciones de los Ministerios de Obras Públicas y Transportes y de la Vivienda y Urbanismo.

Artículo 5°.- El Presidente de la República, mediante decreto supremo, podrá autorizar a la Secretaría Regional Ministerial de Salud respectiva para que intervenga directamente la explotación de un servicio de agua potable, cuando se compruebe que su funcionamiento constituye un peligro para la salud de la población que sirve.

Artículo 9°.- Sin perjuicio de lo señalado en los artículos anteriores, las aguas que se empleen en la explotación de servicios de agua potable no deberán contener sustancias tóxicas o dañinas ni organismos que no puedan ser eliminados por un tratamiento y, además, estar libres de organismos microscópicos o sustancias que puedan causar perturbaciones en la normal operación y eficiencia de los procesos de tratamiento.<sup>11</sup> Para la determinación de las condiciones señaladas en el inciso anterior, el agua antes de ser tratada debe ser sometida a los análisis que ordene la Secretaría Regional Ministerial de Salud” (17).

2.2.4. “D.S. 39/2013 Ministerio de Medio Ambiente: Aprueba reglamento para la dictación de Planes de Prevención y de Descontaminación

**Artículo 2°.-** El Plan de Prevención es un instrumento de gestión ambiental, que a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad evitar la superación de una o más normas de calidad ambiental primaria o secundaria, en una zona latente.

El Plan de Descontaminación, por su parte, es un instrumento de gestión ambiental que, a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas, tiene por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona calificada como saturada por uno o más contaminantes.

**Artículo 3°.-** La elaboración de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación corresponderá al Ministerio, quien en coordinación con los servicios del Estado con

competencia en materia ambiental redactará, en los plazos establecidos en este reglamento, el Plan que será presentado al Consejo de Ministros para la Sustentabilidad para su consideración.

La elaboración de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación deberá contemplar el desarrollo de estudios científicos, análisis técnico y económico, consultas a organismos competentes, públicos y privados, y análisis de las observaciones formuladas. Para tales efectos, las etapas consecutivas dentro del proceso de elaboración del Plan serán:

1. Elaboración de Anteproyecto de Plan, Desarrollo de Estudios Científicos y Análisis Técnico Económico.

2. Realización de Consulta Pública, y

3. Análisis de las Observaciones Formuladas y Elaboración de Proyecto Definitivo.

Todas estas etapas tendrán una adecuada publicidad.

**Artículo 4°.-** El Ministro del Medio Ambiente, en adelante el Ministro, podrá crear y presidir Comités y Subcomités Operativos que intervengan en la elaboración de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación.

Cada Comité, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 70 letra x) de la ley N° 19.300, estará constituido por representantes de los ministerios, servicios y demás organismos competentes, según el tipo de Plan y fuentes emisoras presentes en el área. Tales representantes serán designados por el Ministro a propuesta de los organismos públicos respectivos.

El Ministro podrá convocar, cuando lo estime pertinente, a un Comité Operativo Ampliado constituido por los integrantes del Comité Operativo y personas naturales o jurídicas ajenas a la Administración del Estado que serán designados por el Ministro mediante resolución, a propuesta del Comité Operativo.

El Ministro, o quien lo represente, presidirá y coordinará ambos Comités, debiendo levantar actas de las reuniones de trabajo desarrolladas y de los acuerdos adoptados. Estas actas deberán ser incorporadas en el expediente del Plan.

## TÍTULO SEGUNDO:

Del procedimiento para la elaboración de los Planes de Prevención y/o Descontaminación:

**Artículo 7°.-** Una vez publicado el Decreto Supremo que declara zona latente o saturada en el Diario Oficial, en un plazo de 90 días, se deberá dar inicio a la elaboración del

Anteproyecto a través de una resolución del Ministerio. La resolución de inicio mencionada, deberá ser publicada en el Diario Oficial y en el sitio electrónico del Ministerio.

La resolución a que se refiere el inciso anterior deberá contener, a lo menos, lo siguiente:

- a) La zona geográfica del territorio en la cual se aplicará, la que corresponderá a aquella declarada previamente como zona saturada o latente;
- b) El requerimiento de un informe a la Seremi del Medio Ambiente respectiva; y
- c) La fecha límite de recepción de antecedentes adicionales” (18).

2.2.5. “D.S. 9/2015 Ministerio del Medio Ambiente: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío

## TÍTULO I

Objetivo y ámbito de aplicación:

Artículo 1º.- Objetivo de la regulación. El presente decreto establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Biobío.

El objetivo de las mismas es conservar o preservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación territorial de las presentes normas corresponde a la cuenca del río Biobío, ubicada en las regiones Octava de Biobío y Novena de la Araucanía” (19).

2.2.6. “D.S. 53/2014 Ministerio del Medio Ambiente: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo

## TÍTULO I:

#### Objetivo y ámbito de aplicación:

Artículo 1º.- Objetivo de la regulación. El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo.

El objetivo de las mismas es conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación territorial de las presentes normas corresponde a la cuenca del río Maipo, ubicada en las regiones Metropolitana de Santiago, de Valparaíso y del Libertador General Bernardo O'Higgins” (20).

2.2.7. “D.S. 19/2013 Ministerio del Medio Ambiente: Establece normas secundarias de calidad ambiental para la proyección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica

#### TÍTULO I:

##### OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN:

Artículo 1º.- Objetivo de la Regulación. El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del lago Villarrica, definiendo niveles de calidad en base al estado trófico.

El objetivo de las mismas es proteger la calidad de las aguas del lago, de modo de prevenir un aumento acelerado de su estado trófico, provocado por la actividad antrópica dentro de su cuenca hidrográfica.

Artículo 2º.- Ámbito de Aplicación. El ámbito de aplicación territorial del presente decreto corresponde a la cuenca del lago Villarrica de la Región de La Araucanía” (21).

2.2.8. “D.S. 75/2010 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Serrano

## TÍTULO I

### Objetivos y Ámbito de Aplicación:

Artículo 1º.- El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Serrano.

El objetivo general de las mismas es proteger y mantener cuerpos o cursos de agua de calidad excepcional en la Cuenca del río Serrano que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental, escénico y turístico, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Artículo 2º.- Los cauces a ser regulados en la cuenca hidrográfica del río Serrano son los siguientes:

Río Serrano, río Paine, río Grey, río Baguales, río Vizcachas, río De Las Chinas, río Tres Pasos y río Don Guillermo” (22).

2.2.9. “D.S. 122/2010 Ministerio Secretaría General de la Presidencia: establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue

## TÍTULO I

### Objetivos y ámbito de aplicación:

Artículo 1º.- El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue.

El objetivo general de las mismas es mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutroficación antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica.

Artículo 2º.- El ámbito de aplicación territorial de la presente norma corresponde al lago

Llanquihue” (23).

#### 2.2.10. “Norma Chilena 1333 Of. 78

Esta Norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado.

Los usos son:

- a) Agua para consumo humano
- b) Agua para la bebida de animales
- c) Riego
- d) Estética
- e) Recreación con contacto directo
- f) Recreación sin contacto directo
- g) Vida acuática” (24)

#### 2.2.11. “Resolución 177 exenta establece primer programa de regulación ambiental 2016-2017

Título II: Recursos hídricos y ecosistemas acuáticos, párrafo 1 criterios de sustentabilidad.

La priorización de políticas, planes y programas en materia de asuntos hídricos y ecosistemas acuáticos responderá a los siguientes criterios: regulación de cuencas hidrográficas y los ecosistemas acuáticos que sustentan, a fin de mantener las condiciones que permitan la conservación de sus bienes y servicios ecosistémicos; cantidad y calidad de la información ambiental disponible las cuencas hidrográficas del país; valoración regional de los servicios ecosistémicos que prestan las distintas cuencas hidrográficas; amenazas y grados de deterioro actual y latente que presentan las cuencas hidrográficas.

Párrafo 2

Prioridades programáticas

## Normas ambientales

### Nuevas normas:

a) Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Huasco.

b) Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Elqui.

c) Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Aconcagua.

d) Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Rapel.

e) Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Mataquito.

### Revisión de normas:

- a) Revisión norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales (DS N° 90/2000 Minsegpres)” (25).

**CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO  
TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL  
ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS S.P.A.**

### **3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS S.P.A.**

En este capítulo se presenta el funcionamiento técnico y resultados de los equipos de ultrasonido distribuidos y comercializados por Ecoprojects. Después se muestra el funcionamiento técnico, administrativo y normativo de organismos del estado.

#### **3.1. ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO Y RESULTADOS DE EQUIPOS DE ULTRASONIDO COMERCIALIZADOS POR EMPRESA ECOPROJECTS**

##### 3.1.1. “Control de Algas en Estanques con LG Sonic e-line

El LG Sonic e-line ofrece una solución respetuosa con el medio ambiente para controlar las algas por medio de ondas de ultrasonido. La solución es instalar uno o múltiples sistemas que emiten parámetros específicos de ultrasonido de acuerdo al tipo de algas. Las ventajas de la tecnología de ultrasonido de LG sonic son:

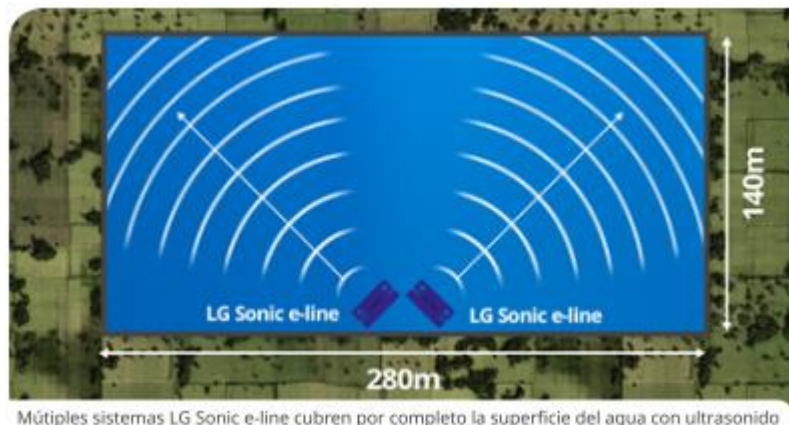
- a) Elimina hasta el 90% de las algas existentes
- b) Evita el crecimiento de nuevas algas
- c) Mejora la calidad del agua
- d) Seguro para peces, plantas, insectos y zooplancton
- e) Fácil de instalar y mantener

Cada sistema LG Sonic e-line tiene un rango de tratamiento de ultrasonido de hasta 200 metros (650 pies).

El sistema LG Sonic e-line es un sistema avanzado que emite parámetros de ultrasonido específicos para controlar las algas en superficies de agua de medio tamaño como estanques decorativos y de golf” (26).

“Desventajas del control ultrasónico de algas:

- Debe cubrir toda la superficie del lago.
- Cada punto espacial debe ser tratado durante un período de tiempo mínimo para lograr la máxima eficiencia” (27).



Fuente: <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-e-line.pdf>

Figura 3-1. Rango de equipo LG Sonic e-line

“Características del LG Sonic e-line:

- 1) Contiene un transmisor ultrasónico para un control efectivo de algas:
  - a) Aquawiper <sup>TM</sup> integrado, un sistema automático de limpieza de los transmisores de ultrasonido
  - b) Chameleon Technology <sup>TM</sup> ajusta el programa ultrasónico a las condiciones específicas del agua
- 2) Contiene una caja de control resistente al agua:
  - a) Diseño resistente al agua que la protege de las condiciones ambientales adversas.
  - b) Pantalla LCD con botones para la selección de 12 programas ultrasónicos diferentes.
  - c) Posibilidad de incorporar 1,2 o 4 transmisores a una sola caja de control para el tratamiento de múltiples estanques o cuerpos de agua con curvaturas.
- 3) Monitoreo a control remoto para evitar visitas recurrentes
  - a) Control por GSM/GPRS permite al usuario monitorear y cambiar el programa de ultrasonido a distancia.
  - b) Recepción de actualizaciones de estado y alertas cuando se producen cortes de energía.



Fuente: <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-e-line.pdf>

Figura 3-2. Componentes de equipo LG Sonic e-line

Características opcionales:

Soporte de instalación:

Soporte para instalar el equipo LG Sonic e-line sin el flotador. Fácil de remover para tareas de mantenimiento.

Verificación del transmisor ultrasónico con el e-line tester <sup>TM</sup>:

Dispositivo para verificar el correcto funcionamiento del equipo, comprueba el programa ultrasónico que está siendo usado, y controla que el ultrasonido esté extendiéndose por todo el cuerpo de agua.

Sistema de energía solar para un suministro de energía autónomo:

El LG Sonic e-line también puede funcionar con energía solar. Se ofrece un sistema solar que incluye panel solar, baterías y regulador de carga.

Fácil de instalar con Flexi-arm <sup>TM</sup> :

El brazo flexible puede ajustarse para adaptarse a cada aplicación pudiéndose extender hasta 5 metros” (26).

### 3.1.2. “Control y monitoreo de algas con el MPC-Buoy de LG Sonic

El MPC-Buoy es un sistema flotante alimentado con paneles solares el cual combina monitoreo de la calidad del agua en tiempo real y ondas de ultrasonido para controlar las algas en lagos y reservorios de manera efectiva. El MPC-Buoy está especialmente diseñado

para controlar las algas en grandes extensiones de agua como: Lagos y Reservorios. El MPC-Buoy reduce TSS, DBO y el uso de químicos. Al igual que el equipo LG Sonic e-line, el MPC-Buoy elimina hasta el 70-90% de las algas, evita el crecimiento de nuevas algas, es seguro para los peces, plantas y otras especies acuáticas. Lo común es anclar uno o varios dispositivos que transmitirán parámetros de ultrasonido específicos dependiendo del tipo de alga.

Como se mencionó precedentemente, el MPC-buoy está diseñado para cuerpos de agua de gran extensión, como lo son:

1. Embalses de agua potable: el MPC-buoy reduce el consumo de químicos, así como problemas de mal sabor en el agua.
2. Reservorios para riego: previene la obstrucción de las válvulas, filtros y rociadores.
3. Lagos: reduce los problemas de olor y previene liberación de peligrosas toxinas.
4. Reservorios industriales: aumenta la calidad del agua y la eficiencia en las torres de enfriamiento.



Fuente: <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-MPC-Buoy.pdf>

Figura 3-3. Cada MPC-Buoy tiene un rango de tratamiento de 500 m/1600 pies de diámetro

Monitoreo, predicción y control de las algas con el MPC-Buoy:

1. Monitoreo de calidad de agua: El MPC-Buoy ofrece un resumen completo de la calidad del agua al recopilar los siguientes parámetros cada 10 minutos:
  - a) Clorofila-a (algas verdes)

- b) Ficocianina (algas azulesverdes)
- c) pH
- d) Turbidez
- e) Oxígeno disuelto
- f) Temperatura

2. Predicción de floraciones de algas: Los datos recopilados son entregados en tiempo real mediante radio, GPRS, o software de 3G a web. Basándose en el algoritmo desarrollado por el departamento de investigación y desarrollo de LG Sonic, se puede ajustar el programa ultrasónico a las condiciones específicas del agua, y predecir floraciones algales con unos días de anticipación.

3. Control de algas con ultrasonido: Basándose en la información recibida, los transmisores de ultrasonido son optimizados a las condiciones locales. Al usar presión de ultrasonido, se controlan las algas y cianobacterias. La presión de ultrasonido afecta la flotabilidad de las cianobacterias, causando su hundimiento y muerte.

Características del MPC-buoy:

- 1) 4 Transmisores de ultrasonido para una completa cobertura de sonido de 360°:
  - a) Rango de tratamiento de 500m/1600ft de diámetro
  - b) Limpiador acuático integrado, un sistema de limpieza automático para el transmisor ultrasónico
  - c) Tecnología camaleónica para ajustar el programa de ultrasonido a las condiciones específicas del agua
- 2) Sensores de calidad de agua in situ proporcionan datos en tiempo real:
  - a) Monitorea clorofila-a, ficocianina, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura, pH y redox
  - b) Limpieza del cepillo automático asegura lecturas óptimas
  - c) Sensores ópticos disponibles de acuerdo a las necesidades del cliente
- 3) Sistema de energía solar flotante:
  - a) 3x Paneles solares de 200Wp de alta calidad que proveen energía durante todo el año en cualquier país
  - b) Cambia al modo de ahorro de energía durante los periodos de baja radiación solar
  - c) 1x Batería de litio de 24 Volt, 40 AMP

4) Sistema flotante anclado al fondo del lago:

- a) Armazón recubierto de aluminio
- b) Resistente a rayos UV y corrosión
- c) Estructura equipada con flotadores

5) Sistema de comunicación inteligente:

- a) GSM/GPRS Telemetry Quadband (CDMA, Radio, GPS and Iridium Satellite optional)
- b) Software basado en tecnología web (MPC-View)
- c) Funciones de alarma integradas



Fuente: <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-MPC-Buoy.pdf>

Figura 3-4. Elementos del sistema MPC-buoy

Software de monitoreo de la calidad del agua en tiempo real:

- a) Información en tiempo real sobre la calidad del agua
- b) Transferencia de datos mediante Radio, GPRS o Tecnología 3G
- c) Programas ultrasónicos basados en los datos recibidos

Monitoreo de la calidad del agua en tiempo real combinado con el Software que permite tener un claro panorama de la calidad del agua en el reservorio de agua potable. El MPC-Buoy como se mencionó precedentemente, nos proporciona información de la calidad del agua recolectada según ciertos parámetros cada diez minutos: Clorofila (Alga Verde), ficocianina (Alga Verde-Azul), pH del agua, Turbidez, Oxígeno disuelto y temperatura. Para la transmisión de datos desde el sistema al software en línea se puede usar: Radio, GPRS y tecnología 3G, basados en los datos recibidos un algoritmo determina los parámetros ultrasónicos más efectivos. El cliente puede hacer seguimiento de la calidad del agua,

progreso del tratamiento ultrasónico y el estado técnico de los dispositivos en tiempo real” (9).

“Beneficios del MPC-buoy:

- Control eficaz de algas: Elimina hasta un 90% de las algas y previene el crecimiento de nuevas algas. Además, el MPC-Buoy permite reducir el consumo de químicos y mejora los indicadores de TSS, DBO y turbidez.
- No hay liberación de toxinas: La pared celular de las algas permanece intacta, impidiendo la liberación de toxinas de las algas en el agua.
- Bajo costo de operación: El sistema opera de forma autónoma alimentado por energía solar y tiene integrado un limpiador automático acuático para reducir el mantenimiento a un mínimo.
- Inofensivo para el medio ambiente: El ultrasonido usado por LG Sonic es inocuo para peces, plantas, zooplancton e insectos. Los dispositivos hacen uso de una baja potencia (5-20 Vatios); por lo tanto, ningún alto voltaje es transmitido al agua.
- Eficaz en grandes superficies de agua: El MPC-Buoy puede controlar algas dentro de un rango de hasta 500m de diámetro por dispositivo. En caso de grandes superficies de agua es posible instalar múltiples boyas.
- Fácil de instalar y de mantener: Los dispositivos de LG Sonic se colocan directamente en el cuerpo de agua emitiendo ondas de ultrasonido que se propagan en todo el cuerpo de agua” (8).

### 3.1.3. “Eliminación ecológica de algas con Dumo Algacleaner

Eliminación de los problemas con algas:

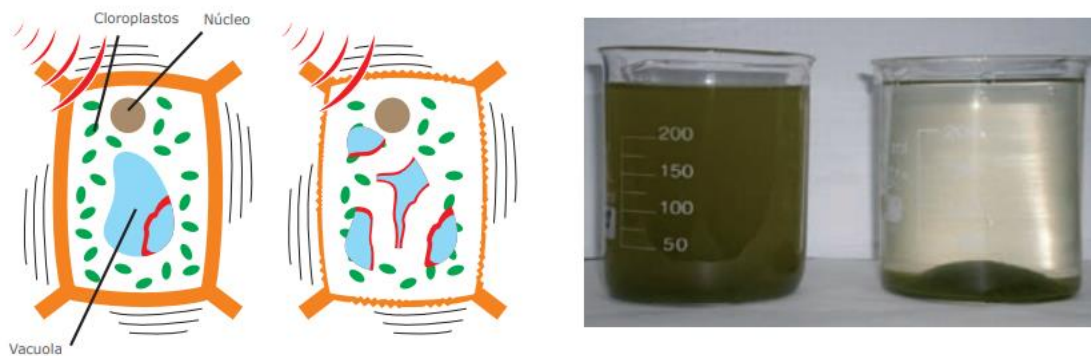
La mitigación y la inhibición del crecimiento de algas mediante el uso de ultrasonido, evita la utilización de productos químicos y no genera residuos. Por tanto se trata de una tecnología limpia que permite cumplir los requisitos legislativos de la política ambiental.

La propagación del sonido en un medio como el agua se lleva a cabo por una transición continua de ondas de presión. En el caso de los ultrasonidos el paso entre aumento y disminución de la presión respecto a la presión normal se produce a una velocidad superior a 20.000 veces por segundo (20kHz).

DUMO Algacleaner emite pulsos ultrasónicos causando daños a la estructura interna de las células del alga. Bajo el efecto del ultrasonido se producen rupturas en las vacuolas,

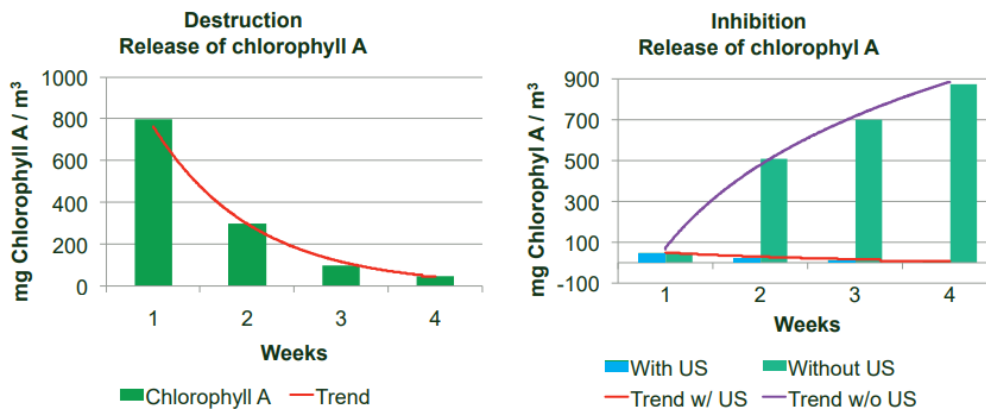
encargadas de otorgar flotabilidad al alga, además de daños en los poros de la pared celular, dificultando la adquisición de nutrientes vitales para el alga (fig. 3-5).

El sistema DUMO emite diferentes frecuencias generando frentes de onda eficaces contra las algas cubriendo un amplio espectro de aplicación en diversas especies mediante la combinación de frecuencia, potencia y secuencia de pulsos. Dependiendo de las condiciones ambientales, nutrientes en el agua, los efectos de destrucción e inhibición así como el tipo y las características poblaciones de algas existentes, el efecto de DUMO Algacleaner comienza a hacerse notable a partir de la cuarta y la octava semana desde su aplicación (fig. 3-6).



Fuente: <http://ecoprojects.cl/algacleaner/>

Figura 3-5. Estructura interna de células de alga y efecto del ultrasonido en el agua con algas



Fuente: <http://ecoprojects.cl/algacleaner/>

Figura 3-6. Destrucción e inhibición de la clorofila A

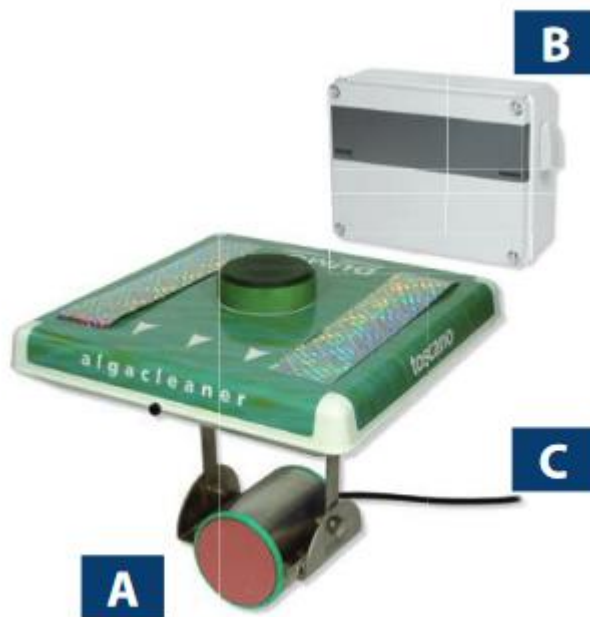
Ahora es posible aliviar la proliferación de algas en una balsa, estanque, lago, fuente, **entre otros**. Sin la necesidad de productos químicos. El equipo ultrasónico se asegurará de controlar las algas con el método más sostenible posible. Su instalación es sencilla y fácil. Todo lo que se necesita hacer es colocar el dispositivo en el agua y conectarlo a la corriente o fuente de energía.

Ventajas:

- a) Ecológico
- b) No ocasiona daños a las personas, animales o plantas
- c) No necesita productos químicos
- d) Mínimo mantenimiento
- e) Fácil de instalar
- f) Funcionamiento 24/7
- g) Bajo consumo energético

Descripción del sistema:

- a) Emisor ultrasónico situado, gracias a su flotador, a la profundidad óptima para la correcta emisión y propagación de los ultrasonidos.
- b) Módulo de control DUMO, instalado en un área seca, alimentado mediante 110/220V a la red de corriente.
- c) Un cable de 30m (opcionalmente 40m) que conecta el emisor y el módulo de control.



Fuente: <http://ecoprojects.cl/algacleaner/>

Figura 3-7. Elementos del sistema DUMO algacleaner toscano

Otras características:

- a) Ondas ultrasónicas: generador digital de multifrecuencia con programas de secuencia automática.
- b) Salida de alarma de ausencia de emisión: salida física (3A, 250V).
- c) Protecciones: sobrecargas, sobrecalentamiento y rotura del cable del emisor.
- d) Pilotos: en emisión, sobre voltaje” (10).

#### 3.1.4. Ubicación y resultados de equipos comercializados por Ecoprojects

- La empresa Ecoprojects S.p.a. ha logrado con sus equipos LG Sonic e-line, MPC Buoy y Dumo algacleaner toscano disminuir hasta en un 90% de algas existentes en algunos cuerpos de agua del país ya sea destinados a consumo o recreacionales estéticos.
- Estos equipos de ultrasonido han evitado la aparición de nuevas algas, mejorando así la calidad del agua y siempre siendo seguros para peces, plantas, zooplancton e insectos.
- Los cuerpos de agua del país tratados actualmente con esta tecnología se encuentran en embalse La Dehesa (Aguas Andinas), Club de golf Brisas de Santo Domingo, Parque Juan Pablo II de Las Condes, Viña Casas Patronales y Parque Tricao de Santo Domingo.

Santiago, 12 de octubre de 2017

### A QUIEN PUEDA INTERESAR


Certifico que desde la instalación en noviembre de 2015, del equipo MPC-BUOY de la Empresa LG Sonic BV se ha podido verificar una disminución significativa en la concentración de algas del tipo cianobacterias en el Embalse La Dehesa, que almacena agua cruda para el tratamiento y producción de Agua Potable de la Empresa Aguas Andinas de Santiago de Chile, además nos ha permitido bajar de manera importante el uso de Carbón Activado en Polvo(CAP) en el tratamiento de la Planta que usa el agua de este Embalse.

Adicionalmente, a partir de la instalación del equipo se tiene acceso a las mediciones en línea de Temperatura, Turbiedad, Clorofila-a, Ficocianina, pH, Oxígeno Disuelto y Potencial Redox, lo cual permite conocer en tiempo real la calidad de agua del Embalse.

Durante este periodo, el servicio profesional brindado por los asesores de LG Sonic BV ha sido excelente y oportuno, lo cual nos ha permitido aclarar dudas y asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

Sin otro particular, se extiende el presente certificado para que LG Sonic BV lo use como considere conveniente.

Atte,



Marcela Etcheberrigaray P.  
Subgerente de Calidad de Agua, Recursos y Salud  
Aguas Andinas S.A.

Fuente: Obtención por correo electrónico a través de gerente comercial de Ecoprojects

Figura 3-8. Certificado de Aguas Andinas para LG Sonic

En la Figura 3-8 se muestra un certificado de Aguas Andinas S.A. el cual certifica que desde que se instaló el MPC-Buoy en su embalse La Dehesa, se ha verificado una disminución de las algas tipo cianobacterias.

### **3.2. PRESENTACIÓN DE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES**

#### 3.2.1. Presentación de Normas Secundarias de Calidad Ambiental

La Ley 19.300 establece que dentro de los instrumentos de gestión ambiental se encuentran las normas secundarias. En el artículo 32 establece que: Mediante decreto supremo que llevará las firmas del Ministro del Medio Ambiente y del ministro competente según la materia de que se trate, se promulgarán las normas secundarias de calidad ambiental.

Actualmente existen 5 normas secundarias vigentes, los otros estados son: en elaboración, vigente/en revisión, derogada u otros. Las 5 normas secundarias de calidad ambiental vigentes son:

- a) Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío
- b) Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo
- c) Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales del Lago Villarrica
- d) Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano
- e) Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue

El Ministerio del Medio Ambiente, con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente y de la Dirección General de Aguas son los encargados de realizar los informes técnicos anuales de cumplimiento de normas de calidad del agua. Lo anterior lo establecen cada norma secundaria al final del decreto en el título “informe de calidad”. A la fecha solo se ha visto sobrepasada la norma secundaria de Villarrica y se está trabajando en un plan de descontaminación de este lago. El plan es el de Descontaminación por Clorofila A, Fósforo Disuelto y Transparencia de la cuenca del Lago Villarrica.

#### 3.2.2. “D.S. 9 MMA/ Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío

## OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Artículo 1º.- Objetivo de la regulación. El presente decreto establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Biobío.

El objetivo de las mismas es conservar o preservar los ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación territorial de las presentes normas corresponde a la cuenca del río Biobío, ubicada en las regiones Octava de Biobío y Novena de la Araucanía.

## TÍTULO III

### NIVELES DE CALIDAD AMBIENTAL POR ÁREA DE VIGILANCIA

Artículo 4º.- Áreas de Vigilancia. Para efectos del control del cumplimiento de las presentes normas, se han establecido para la cuenca del río Biobío catorce áreas de vigilancia. Los lugares de inicio y término de cada una de las áreas de vigilancia se establecen en la tabla N°1 (Tabla 3-1.).

Tabla N° 1  
Áreas de Vigilancia

Cauce	Área Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM		Ruso
			N	E	
Biobío	BI-10	Desde : Naciente río Biobío Hasta : Aguas arriba río Llanquén (Ralco)	5.711.543 5.769.355	310.452 298.618	19 S 19 S
	BI-20	Desde : Aguas arriba río Llanquén (Ralco) Hasta : Rucalhue	5.769.355 5.822.557	298.618 243.987	19 S 19 S
	BI-30	Desde : Rucalhue Hasta : Aguas arriba confluencia río Vergara	5.822.557 5.848.551	243.987 706.514	19 S 18 S
	BI-40	Desde : Aguas arriba confluencia río Vergara Hasta : Aguas arriba confluencia río Gómero	5.848.551 5.881.166	706.514 692.791	18 S 18 S
	BI-50	Desde : Aguas arriba confluencia río Gómero Hasta : Puente Mecano	5.881.166 5.921.259	692.791 672.524	18 S 18 S
	BI-60	Desde : Puente Mecano Hasta : Desembocadura boca Norte	5.921.259 5.925.241	672.524 663.277	18 S 18 S
Bureo	BU-10	Desde : Naciente Río Bureo Hasta : Aguas arriba confluencia río Biobío	5.795.898 5.838.106	265.051 721.500	19 S 18 S

Cauce	Área Vigilancia	Límites Área de Vigilancia	Coordenadas UTM		Ruso
			N	E	
Duqueco	DU-10	Desde : Naciente Río Duqueco Hasta : Río Duqueco 12 km aguas arriba confluencia río Biobío	5.848.968 5.841.594	282.470 737.483	19 S 18 S
Laja	LA-10	Desde : Naciente río Laja Hasta : Bajo descarga central Antuco	5.861.863 5.866.808	288.085 262.499	19 S 19 S
	LA-20	Desde : Bajo descarga central Antuco Hasta : Aguas arriba confluencia río Caliboro	5.866.808 5.875.026	262.499 721.479	19 S 18 S
	LA-30	Desde : Aguas arriba confluencia río Caliboro Hasta : Puente Laja (Aguas arriba confluencia río Biobío)	5.875.026 5.872.804	721.479 701.995	18 S 18 S
Malleco	MA-10	Desde : Naciente Río Malleco Hasta : Angol	5.765.971 5.816.045	258.634 702.790	19 S 18 S
Renaico	RR-10	Desde : Naciente río Renaico Hasta : Aguas arriba confluencia río Vergara	5.770.174 5.828.800	263.010 707.391	19 S 18 S
Vergara	VE-10	Desde : Naciente río Rehue Hasta : Aguas arriba confluencia río Biobío	5.778.334 5.847.741	707.245 706.470	18 S 18 S

Fuente: D.S. 9/MMA

Tabla 3-1. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Biobío

En esta **Tabla 3-1** se muestran los límites de las áreas de vigilancia en la cuenca del río Biobío. Cada área de vigilancia está delimitada con sus coordenadas UTM norte, este y el huso utilizado.

Artículo 5°.- Niveles de calidad. Para cada área de vigilancia identificada, se establecen los siguientes niveles de calidad ambiental para cada uno de los contaminantes normados (**Tabla 3-2**):

Tabla 2: Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia en la cuenca del río Biobío

N°	Contaminante	Unidad	BI-10	BI-20	BI-30	BI-40	BI-50	BI-60	BU-10	DU-10	LA-10	LA-20	LA-30	MA-10	RE-10	VE-10
1	Aluminio Total	mg/l	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2	Amonio	mg N/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
3	Compuestos Orgánicos Halogenados	mg/l	0,002	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,002	0,006	0,01	0,002	0,002	0,03
4	Cloruro	mg/l	3	7	7	8	8	-	4	4	3	3	3	4	5	6
5	Coliformes Fecales	NMP/100ml	50	50	500	500	1000	1000	1000	1000	50	50	500	50	50	500
6	Conductividad Eléctrica	µS/cm	80	90	150	150	150	-	80	120	80	95	150	60	60	80
7	Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	5	5	8	8	5	7	9	6	3	3	8	6	7	10
9	Fósforo Total	mg/l	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	0,1	0,03	0,02	0,06
10	Hierro Total	mg/l	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
11	Índice Fenol	mg/l	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,004
12	Nitrato	mg N/l	0,03	0,03	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,04	0,03	0,15	0,04	0,03	0,2
13	Nitrito	mg N/l	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,01	0,005	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,01
14	Nitrógeno Total	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4
15	Ortofosfato	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,1	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05
16	Oxígeno Disuelto	mg/l	10	10	9	9	8,7	8,7	9	9	9	8,7	8,7	10	9	9
17	pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
18	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	8	4	7	8	9	8	10	5	2	2	5	5	5	6
19	Sulfato	mg/l	5	6	6	14	14	-	5	5	7	6	6	5	5	10

Fuente: D.S. 9/MMA

Tabla 3-2. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

## TÍTULO IV

### CUMPLIMIENTO Y EXCEDENCIAS

Artículo 6°.- Del cumplimiento. El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá verificarse anualmente de acuerdo al programa de vigilancia, sobre la base del monitoreo para cada contaminante normado y en la sección final de cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4°.

Artículo 7°.- Condiciones de excedencia. Se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, cuando el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para un contaminante, considerando un periodo de dos años calendarios consecutivos, supere los valores establecidos en las presentes normas.

Para el control de aluminio total, hierro total, nitrato, nitrógeno total, fósforo total, ortofosfato y sólidos suspendidos totales, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el promedio de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de dos años calendarios consecutivos, sea mayor, a los valores establecidos en las presentes normas.

Para el control del oxígeno disuelto, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 15 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de dos años calendarios consecutivos, sea menor, a los valores establecidos en las presentes normas.

En el caso del control de pH, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 15 o el percentil 85 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de dos años calendarios consecutivos, se encuentre, fuera del rango establecido en el presente decreto.

Se considerarán también sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, si en un año de monitoreo, uno o más contaminantes superan al menos en dos oportunidades consecutivas los límites establecidos en el artículo 5°.

Para determinar las excedencias se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

Si el periodo de monitoreo no comenzare el 1° de enero, se considerarán los dos primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones hasta disponer de 2 años calendarios consecutivos de mediciones.

## TÍTULO V

### PROGRAMA DE VIGILANCIA

Artículo 9°. - Programa de Vigilancia. El control de las presentes normas deberá efectuarse de acuerdo a un programa de vigilancia, el que será aprobado por la Superintendencia, previo informe favorable del Ministerio del Medio Ambiente, en un plazo máximo de seis meses contados desde la publicación del presente decreto. Para tal efecto, la Superintendencia contará con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero.

El programa de vigilancia deberá contener, a lo menos, los contaminantes normados, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas y su ubicación, las frecuencias de monitoreo, las metodologías de muestreo y analíticas seleccionadas para cada contaminante y las tareas correspondientes a cada uno de los organismos según su competencia.

Al programa de vigilancia deberá darse adecuada publicidad, a fin de informar a la ciudadanía, a lo menos, a través de los sitios electrónicos de los órganos indicados en el inciso primero.

## TÍTULO VI

### INFORME DE CALIDAD

Artículo 12.- Informe de Calidad. El Ministerio del Medio Ambiente, con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente y de la Dirección General de Aguas, elaborará anualmente un Informe de Calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad contenidas en este decreto, a partir de la fecha de entrada en vigencia del presente decreto, a excepción del primero que se elaborará transcurridos los dos primeros años de vigencia. Dicho informe será de conocimiento público y será publicado en los sitios electrónicos de los organismos indicados.

Este Informe de Calidad deberá señalar fundadamente, al menos, el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, contenidas en el presente decreto, para cada uno de los contaminantes controlados en las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4<sup>o</sup> (19).

3.2.3. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca del río Bío Bío

RESUMEN EJECUTIVO:

La evaluación de cumplimiento de la Normas Secundarias de Calidad Ambiental, fue desarrollada en el presente informe considerando lo definido en el Artículo 7° del Decreto N° 9/2015, en el cual se establece que el periodo de evaluación deberá considerar un periodo de dos años calendarios consecutivos. Cabe mencionar que el inicio del muestreo por parte de la Dirección General de Aguas fue en otoño del año 2016, por lo que para este informe se considera hasta la campaña de verano del 2018 para cumplir con el período de evaluación.

Se evaluó el cumplimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para todas las áreas de vigilancia establecidas en la norma y para todas las áreas de vigilancia donde se levantó información, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas junto con información adicional a la norma.

Se establece la realización del análisis de cumplimiento normativo en todas las áreas de vigilancia respecto de los 18 de 19 parámetros normados, los que considera: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, DBO<sub>5</sub>, DQO, Aluminio total, Cloruros, Hierro total, Índice de Fenol, Nitritos, Nitratos, Amonio, Nitrógeno total, Fósforo total, Ortofosfatos, Sólidos Suspendedos Totales y Sulfatos. Los Compuestos Orgánicos Halogenados no han sido medidos por problemas con el logro de los niveles de detección.

Respecto de los parámetros evaluables de acuerdo a las especificaciones técnicas de muestreo, análisis y evaluación de cumplimiento normativo, se establece que el único parámetro que presenta cumplimiento en todas las áreas de vigilancia, es el Aluminio y el índice de Fenol, mientras que el resto de los parámetros presentan incumplimiento normativo, sobresaliendo en ésta evaluación los parámetros Nitritos y Nitrógeno Total.

## INTRODUCCIÓN:

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

## ALCANCE:

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, los procesos de muestreo y el análisis de la información recibida, se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, y en referencias técnicas de la Superintendencia

del Medio Ambiente, esto es:

a) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:

- Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará que el resultado corresponde a un valor no válido para efectos de la evaluación de cumplimiento.
- Si LD < al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido para efectos de la evaluación de cumplimiento y que el resultado es igual al LD.

b) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:

- Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
- El dato será válido si y sólo si la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.

c) Sólo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la representatividad estacional establecida en el artículo 7° del D.S. N° 9/2015. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales, en los términos establecidos en el artículo 8° del mismo Decreto.

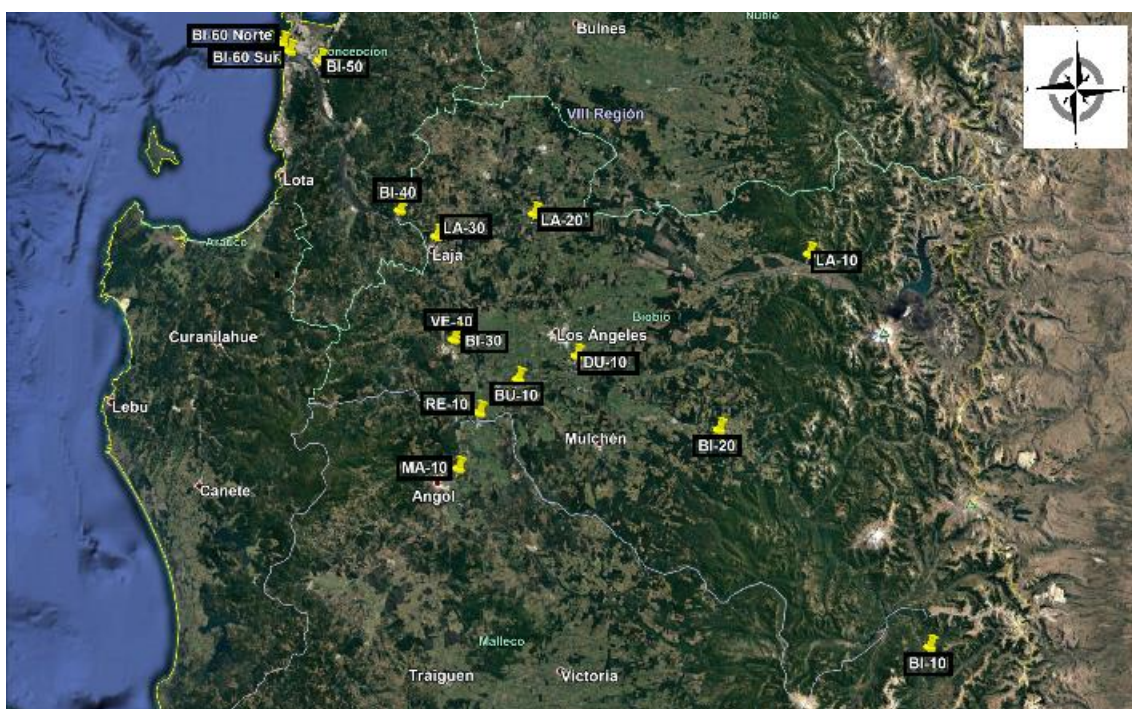
d) Validación de los resultados obtenidos acorde a diversos criterios de representatividad, es decir, metodologías de ensayo, tiempos de preservación, límites de detección acorde a las consideraciones existentes respecto de los límites normativos, **entre otros.**

#### VALIDACIÓN DE LOS DATOS PARA EL CONTROL NORMATIVO:

El D.S. N° 9/2015, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece las Normas

Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Biobío define catorce (14) áreas de vigilancia, definiendo niveles de calidad específicos para cada una de ellas respecto a ciertos parámetros.

La Dirección General de Aguas monitorea periódicamente cada una de estas áreas de vigilancia, a través de actividades de medición, muestreo y análisis en cada una de las estaciones de monitoreo definidas para ello. **Estas áreas y estaciones monitoreadas se muestran en la Figura 3-9.**



Fuente: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1042180>

Figura 3-9. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

#### FRECUENCIA DE MONITOREO:

De acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 9/2015, se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

Desde el inicio de los monitoreos, se consideró la realización 4 campañas de monitoreo al año (una en cada estación del año), por lo que para validar la estacionalidad se entenderá que las estaciones coinciden con el trimestre calendario, esto es; verano es el periodo comprendido por los meses de enero, febrero y marzo; otoño es el periodo comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el periodo comprendido por los meses de julio,

agosto y septiembre; y primavera es el periodo comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Considerando lo antes mencionado, se informa que durante el período evaluado (otoño 2016 a verano 2018) se realizaron en general, 8 monitoreos en todas las áreas de vigilancia de la NSCA de la cuenca del Río Biobío.

#### Cumplimiento de frecuencia de monitoreo:

- El periodo de análisis del presente informe, considera como inicio de muestreo el periodo estacional de otoño 2016 y su término en verano 2018.
- Se observa cumplimiento, a lo menos en 1 muestreo por periodo estacional, en los parámetros Coliformes Fecales, DBO<sub>5</sub>, DQO, Aluminio total, Cloruro, Hierro Total, Índice de Fenol, Amonio, Nitrato, Nitrito, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Ortofosfato, Sólidos Suspendidos Totales y Sulfatos.
- Los parámetros pH, Conductividad y Oxígeno Disuelto, solo presentan cumplimiento respecto del mínimo de muestreos en ciertas estaciones. El resto de las estaciones, no cumple con esta condición a causa de fallas del equipo en el proceso de medición.
- Respecto del parámetro Compuestos Orgánicos Halogenados, no se presentan muestreos asociados, debido a la imposibilidad de cumplir con el límite de detección señalado en la Norma, por lo cual no se logra licitar su análisis.

#### RESULTADOS, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES:

Se establece que la evaluación de cumplimiento considerará la siguiente modalidad de análisis. Parámetros analizables respecto a cumplimiento:

- a) Aluminio en todas las Áreas de Vigilancia
- b) Amonio
- c) Cloruros
- d) Coliformes Fecales en todas las Áreas de Vigilancia
- e) DQO
- f) Fósforo Total
- g) Hierro Disuelto en todas las Áreas de Vigilancia
- h) Índice de Fenol en todas las Áreas de Vigilancia
- i) Nitrato en todas las Áreas de Vigilancia
- j) Nitrito

- k) Nitrógeno Total
- l) Ortofosfato en todas las Áreas de Vigilancia
- m) Sólidos Suspendidos Totales
- n) Sulfatos en todas las Áreas de Vigilancia

Parámetros analizables de forma referencial:

- a) pH en todas las Áreas de Vigilancia
- b) Conductividad Eléctrica en todas las Áreas de Vigilancia
- c) Oxígeno Disuelto en todas las Áreas de Vigilancia
- d) Fósforo Total
- e) Nitrito
- f) Nitrógeno Total
- g) Sólidos Suspendidos Totales

Parámetros no analizables: DBO<sub>5</sub> y Compuestos Orgánicos Halogenados en todas las Áreas de Vigilancia

En el análisis realizado en el presente informe de Calidad de las Aguas de la Cuenca del Río Biobío, fue considerada la información reportada de acuerdo a las campañas realizadas por la Dirección General de Aguas durante el periodo junio 2016 a marzo 2018, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 9, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, mediante el cual establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas de la Cuenca del Río Biobío.

Cumplimiento de los límites normativos: En referencia al cumplimiento normativo asociado a los resultados de los análisis de percentiles realizados a la información reportada por la Dirección General de Aguas, durante el periodo junio 2016 a marzo 2018, considerando los 18 parámetros medidos en las 14 áreas de vigilancia y definidos en la tabla N° 2 (figura 3-10) del artículo 5 del D.S. N° 9/2015 MMA, se logrado establecer lo siguiente:

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos para los parámetros que más influencia tienen en la eutrofización de cuerpos de agua:

Oxígeno disuelto: La evaluación desarrollada permite establecer cumplimiento de los límites normativos sólo en dos áreas de vigilancia, opuesto a lo ocurrido en otra área y en un punto de control. Respecto de las estaciones que presentan análisis referencial por falta de datos medidos durante el año 2016 a causa de la falla del equipo de medición, se establece cumplimiento normativo referencial en el caso de tres estaciones. En ocho estaciones, en las cuales se establece referencialmente incumplimiento normativo.

Coliformes fecales: La evaluación desarrollada permite establecer cumplimiento de los límites normativos en siete áreas de vigilancia, opuesto a lo ocurrido en otras siete.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación, en cuatro áreas de vigilancia y en un punto de control.

Demanda biológica de oxígeno: A partir de la evaluación desarrollada, es posible establecer cumplimiento del límite normativo, sólo en un punto de control. El resto de las estaciones no puede ser evaluada, debido a la invalidación de datos generado por incumplimientos relacionados con los límites de detección, establecidos en las metodologías utilizadas en el análisis de laboratorio.

Demanda química de oxígeno: A partir de la evaluación desarrollada, es posible establecer cumplimiento del límite normativo sólo en dos áreas de vigilancia y en un punto de control. Por otra parte y considerando el análisis referencial que presentan algunas estaciones (por falta de datos medidos durante el año 2017, en la mayoría de las áreas de vigilancia, a causa de problemas en el suministro del reactivo utilizado en el análisis del parámetro), se establece cumplimiento normativo referencial en el caso de nueve estaciones, opuesto a lo que presentan tres estaciones, en las cuales se establece incumplimiento de tipo referencial.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación, en dos áreas de vigilancia.

Nitrito: La evaluación desarrollada permite establecer cumplimiento de los límites normativos en las áreas de vigilancia definidas como BI-30, BI-60, DU-10, VE-10 y en el punto de control BI-60-3. Por otra parte y considerando la invalidación del dato obtenido durante 2018 en BU-10, se establece cumplimiento normativo referencial en ésta área de vigilancia. El resto de las áreas de vigilancia, no cuentan análisis de ningún tipo, a causa de la invalidación de los datos por incumplimiento de la condición establecida para el límite de detección de las metodologías utilizadas.

Nitrato: La evaluación desarrollada del parámetro, permite establecer cumplimiento de los

límites normativos sólo en el área de vigilancia LA-10. Mientras que en resto de las áreas de vigilancia presenta incumplimiento normativo.

En relación al análisis definido en el artículo N° 7 inciso segundo del D.S. 9/2015 del MMA, en el cual se establece como condición anexa para el cumplimiento normativo del parámetro, el análisis del promedio de las concentraciones medidas considerando un periodo de 2 años calendario consecutivos, se logra establecer incumplimiento del límite normativo en todas las áreas de vigilancia, con excepción de LA-10.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación en todas las áreas de vigilancia con excepción de BI-30 y LA-10.

Amonio: La evaluación desarrollada permite establecer cumplimiento de los límites normativos en las áreas de vigilancia definidas como BI-60 y el punto de control BI-60-3. Por otra parte y considerando el análisis referencial que presentan algunas áreas de vigilancia debido al incumplimiento de la condición establecida para el límite de detección de las metodologías utilizadas, se define cumplimiento normativo referencial en el caso de las estaciones BI-50, DU-10, LA-20 y VE-10. El resto de las áreas de vigilancia y, a causa de la misma invalidación antes comentada en todos los datos presentados, no permiten realizar evaluación de cumplimiento del límite normativo.

Nitrógeno total: La evaluación desarrollada permite establecer incumplimiento de los límites normativos en BI-20, BI-30, BI-40, BI-50, BI-60, BU-10, DU-10, LA-30, MA-10 y VE-10; e incumplimiento referencial en BI-10. Respecto de las áreas de vigilancia definidas como LA-10, LA-20 y RE-10, al presentar invalidación en todos los datos presentados, impide poder realizar la evaluación normativa. En relación al análisis definido en el artículo N° 7 inciso segundo del D.S. 9/2015 del MMA, en el cual se establece como condición anexa para el cumplimiento normativo del parámetro, el análisis del promedio de las concentraciones medidas considerando un periodo de 2 años calendario consecutivos, se logra establecer incumplimiento del límite normativo en todas las áreas de vigilancia, con excepción de LA-20, RE-10 y VE-10.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación en todas las áreas de vigilancia con excepción de LA-10, LA-20 y RE-10.

Fósforo total: A partir de la evaluación desarrollada, es posible establecer cumplimiento del límite normativo sólo en las áreas de vigilancia definidas como BI-10, BI-30, BI-50, BU-10,

DU-10, MA-10 y VE-10 y en el punto de control BI-60-3, mientras que BI-30 y LA-30 presentan incumplimiento normativo. Por otra parte y considerando el incumplimiento de la condición establecida para el límite de detección de las metodologías utilizadas, generando la invalidación de datos de forma parcial, se establece cumplimiento normativo referencial en el caso de las estaciones BI-20, BI-40, LA-10 y RE-10, opuesto a lo que presentan LA-20, en la cual se establece incumplimiento de tipo referencial.

En relación al análisis definido en el artículo N° 7 inciso segundo del D.S. 9/2015 del MMA, en el cual se establece como condición anexa para el cumplimiento normativo del parámetro, el análisis del promedio de las concentraciones medidas considerando un periodo de 2 años calendario consecutivos, se logra establecer cumplimiento del límite normativo en todas las áreas de vigilancia, con excepción de BI-60, LA-20 y LA-30.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación solo en BI-60, LA-20 y LA-30.

Sulfato: La evaluación desarrollada permite establecer cumplimiento de los límites normativos sólo en las áreas DU-10, MA-10, RE-10 y VE-10, mientras que el resto de las áreas de vigilancia, presenta incumplimiento normativo.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación en el caso de las áreas de vigilancia BI-20, BI-30, BI-40 y LA -10.

Ortofosfato: A partir de la evaluación desarrollada, es posible establecer cumplimiento del límite normativo sólo en las áreas de vigilancia definidas como BI-10, BI-20, BU-10, RE-10 y VE-10 en el punto de control BI-60-3, mientras que en BI-30, BI-40, BI-50, BI-60, DU-10, LA-10, LA-20, LA-30 y MA-30, presenta incumplimiento normativo.

En relación al análisis definido en el artículo N° 7 inciso segundo del D.S. 9/2015 del MMA, en el cual se establece como condición anexa para el cumplimiento normativo del parámetro, el análisis del promedio de las concentraciones medidas considerando un periodo de 2 años calendario consecutivos, se logra establecer cumplimiento del límite normativo en todas las áreas de vigilancia, con excepción de BI-50, DU-10 y LA-30.

Respecto del análisis referente al incumplimiento por superación del límite normativo en al menos 2 ocasiones consecutivas definido en el artículo N° 7, inciso quinto del D.S. 9/2015 de MMA, se observa esta situación en BI-30, BI-50 BI-60, DU-10, LA-10, LA-20, LA-30 y MA-10” (28).

3.2.4. “D.S. 53 MMA/ Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo

## TÍTULO I

Objetivo y ámbito de aplicación:

Artículo 1º.- Objetivo de la regulación. El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo.

El objetivo de las mismas es conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

Artículo 2º.- Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación territorial de las presentes normas corresponde a la cuenca del río Maipo, ubicada en las regiones Metropolitana de Santiago, de Valparaíso y del Libertador General Bernardo O'Higgins.

## TÍTULO III

Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia:

Artículo 4º.- Áreas de Vigilancia. Para efectos del control del cumplimiento de las presentes normas se han establecido para la cuenca del río Maipo once áreas de vigilancia. Los lugares de inicio y término de cada una de las áreas de vigilancia se establecen en la tabla siguiente. Las coordenadas (en UTM WGS 84 - Huso 19) se señalan a modo referencial:

Cauce	Área de vigilancia	Límite área de vigilancia	Coordenadas UTM (referenciales)	
			Este	Norte
Río Maipo	MA-1	De: Naciente Río Maipo	422.660	6.212.599
		Hasta: Confluencia Río Volcán	387.236	6.258.616
	MA- 2	De: Confluencia Río Volcán	387.236	6.258.616
		Hasta: Confluencia Río Colorado	372.888	6.281.894
	MA- 3	De: Confluencia Río Colorado	372.888	6.281.894
		Hasta: Confluencia Río Clarillo	348.692	6.276.145
	MA- 4	De: Confluencia Río Clarillo	348.692	6.276.145
		Hasta: Confluencia Río Mapocho	312.933	6.267.713
	MA- 5	De: Confluencia Río Mapocho	312.933	6.267.713
		Hasta: Maipo aguas arriba puente Lo Gallardo ( en toma de agua potable Esva)	259.984	6.273.972
Río Angostura	AN-1	De: Naciente Río Angostura (desde confluencia con Río Peuco en Panamericana)	341.519	6.242.421
		Hasta: Confluencia Río Maipo	324.549	6.257.808
Río Mapocho	MP-1	De: Confluencia Río San Francisco y Molina	370.042	6.306.383
		Hasta: Confluencia Estero Arrayán	361.441	6.307.435
	MP-2	De: Confluencia Estero Arrayán	361.441	6.307.435
		Hasta: Confluencia Río Maipo	312.694	6.267.832
Estero Lampa	LA- 1	De: Naciente Estero Tilti	320.838	6.344.693
		Hasta: Confluencia Río Mapocho	330.398	6.297.965
Estero Puangue	PU-1	De: Naciente Estero Puangue	302.231	6.327.443
		Hasta: Puangue en Curacaví	299.510	6.301.959
	PU-2	De: Puangue en Curacaví	299.510	6.301.959
		Hasta: Confluencia Río Maipo	281.616	6.264.244

Fuente: D.S. 53/MMA

Tabla 3-3. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Maipo

En la **Tabla 3-3** se muestran los límites de las áreas de vigilancia en la cuenca del río Maipo. Cada área de vigilancia está delimitada con sus coordenadas UTM este y norte.

Artículo 5°.- Niveles de calidad. Para cada Área de Vigilancia identificada, se establecen los siguientes niveles de calidad ambiental para cada uno de los parámetros normados:

N°	Parámetro	Unidad	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	MP-1	MP-2	AN-1	LA-1	FU-1	FU-2
1	Oxígeno disuelto	mg/l	8	8	8	8	6	8	6	6	5	8	5
2	Conductividad eléctrica	µS/cm	1900	1900	1900	1600	1600	400	1600	1600	1900	400	1750
3	pH	-	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,7	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
4	Cloruro	mg/l	300	240	240	180	180	30	240	180	240	30	240
5	Sulfato	mg/l	430	380	380	380	380	150	380	380	480	150	380
6	Demanda biológica de oxígeno	mg/l	8	8	8	8	8	5	10	10	10	5	10
7	Nitrato	mg/l N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,5	0,5	0,5	4	8	1,5	10	4	4	1,5	10
8	Ortofosfato	mg/l P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,08	0,08	0,08	0,15	1	0,08	2,5	0,15	0,6	0,6	2,5
9	Plomo disuelto	mg/l	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
10	Níquel disuelto	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
11	Zinc disuelto	mg/l	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
12	Cromo total	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: D.S. 53/MMA

Tabla 3-4. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

En la Tabla 3-4 se presentan los niveles de calidad por cada área de vigilancia y para cada parámetro normado que debe ser medido y muestreado.

## TÍTULO IV

### Cumplimiento y excedencias:

Artículo 6°.- Del cumplimiento. El cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá verificarse anualmente de acuerdo al Programa de Vigilancia, sobre la base del monitoreo para cada parámetro controlado y en la sección final de cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4°.

Artículo 7°.- Condiciones de excedencia. Se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, cuando el percentil 95 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, considerando un periodo de tres años calendarios consecutivos, supere los límites establecidos en las presentes normas.

Para el control del oxígeno disuelto, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 5 de los valores de las concentraciones de las

muestras analizadas, considerando un periodo de tres años calendarios consecutivos, sea menor a los límites establecidos en las presentes normas.

En el caso del control de pH, se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental, cuando el percentil 5 y 95 de los valores de las concentraciones de las muestras analizadas, considerando un periodo de tres años calendarios consecutivos, se encuentren fuera del rango establecido en el presente decreto.

Se considerarán también sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, si uno o más parámetros superan al menos en dos oportunidades consecutivas los límites establecidos en el artículo 5°.

Para determinar las excedencias anteriores se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

## TÍTULO VI

Programa de vigilancia:

Artículo 12.- Programa de Vigilancia. El monitoreo de la calidad del agua, para el control de estas normas, deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia, el cual será elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente, con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero.

Este Programa de Vigilancia deberá ser aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente, previo informe favorable del Ministerio del Medio Ambiente, en un plazo máximo de ocho meses desde la publicación del presente decreto. Dicho documento será de conocimiento público y en él se indicarán, a lo menos, los parámetros que se monitorearán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas y su ubicación, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades de los organismos competentes y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear.

El Programa de Vigilancia deberá incluir, al menos, un monitoreo mensual para cada parámetro a controlar y deberá incluir el uso de pruebas o ensayos ecotoxicológicos y el muestreo de bioindicadores en los tramos de vigilancia definidos, como herramientas complementarias para determinar los efectos de la calidad del agua en las comunidades acuáticas. Adicionalmente, deberá considerar la intensificación del monitoreo en caso de observarse una tendencia hacia la superación de los niveles de calidad ambiental establecidos

en las presentes normas.

## TÍTULO VII

Informe de calidad:

Artículo 15.- Informe de Calidad. El Ministerio del Medio Ambiente, con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente y de la Dirección General de Aguas, elaborará un Informe de Calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad contenidas en este decreto. Dicho informe será de conocimiento público y deberá ser publicado anualmente.

Este Informe de Calidad deberá señalar fundadamente al menos el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, contenidas en el presente decreto, para cada uno de los parámetros controlados en las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4°” (20).

3.2.5. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas de la cuenca de Río Maipo

La evaluación de cumplimiento de la Normas Secundarias de Calidad Ambiental, fue desarrollada en el presente informe, considerando lo definido en el artículo 7° del Decreto N° 53, del año 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se establece que el periodo de evaluación deberá considerar un periodo de tres años calendarios consecutivos, sin embargo y considerando la existencia de información durante el periodo 2014, ésta será incluida en el análisis que a continuación se expone.

Se evaluó el cumplimiento de la Normas Secundarias de Calidad Ambiental para todas las

áreas de vigilancia establecidas en la norma mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas, junto con información adicional a la norma, la que fue reportada a la SMA, por la Dirección General de Aguas (DGA) y del Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

Se establece la realización del análisis de cumplimiento normativo en todas las áreas de vigilancia de la norma respecto de los 12 parámetros normados: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto, Cloruros, Cromo Total, Zinc disuelto, Nitratos y Ortofosfatos. Para los parámetros Sulfatos, Níquel disuelto, Plomo disuelto, y DBO<sub>5</sub> sólo se cuenta con una evaluación referencial debido a la falta de datos para emitir un pronunciamiento. Cabe mencionar que debido a la falta de información, se realiza evaluación referencial para todos los parámetros del área de vigilancia Estero Puangue 1 (PU-1).

En resumen, de evaluación de cumplimiento de los datos válidos se obtienen los siguientes *incumplimientos* a la norma:

La cuenca del Río Mapocho es la que presenta más variación de incumplimientos, considerando superación normativa de Conductividad en MA-2 y MA-5; Oxígeno disuelto en MA-3 y MA-4; Cloruros en MA-1, MA-2, MA-3 y MA-5; Zinc disuelto en MA-3; Nitratos en MA-2 y MA-3. Además, se presentan incumplimientos por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma, según se indica: Cloruros en MA-1; Conductividad, Cloruros y Sulfatos en MA-2; Cloruros y Nitratos en MA-3; Oxígeno disuelto en MA-4; Conductividad y Cloruros en MA-5.

En la cuenca del Río Mapocho se establece incumplimiento por Conductividad en MP-2; Cloruros y Zinc disuelto en MP-1. En esta última, MP-1, el Zinc disuelto además presenta incumplimiento por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma.

En la cuenca del Estero Lampa se verifica incumplimiento en LA-1 a causa de Oxígeno disuelto y Cloruros. En esta área de vigilancia, además se presenta incumplimiento en Cloruros por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma.

En la cuenca del Estero Puangue se verifica incumplimiento en PU-2 por Conductividad, Cloruros y Nitratos. Además, se presentan incumplimientos por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma, según se indica: Oxígeno disuelto en PU-1; Conductividad, Cloruros y Sulfatos en PU-2.

En la cuenca del Río Angostura se verifica incumplimiento en AN-1 por Nitratos.

## INTRODUCCIÓN

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

## ALCANCE

En el marco de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la cuenca del Río Maipo, se verificará la información levantada durante el período comprendido entre el 1 de septiembre de 2014 y el 31 de diciembre de 2017, con el fin de establecer la factibilidad de evaluación del cumplimiento normativo, en cuanto cada uno de los parámetros normados y las estaciones establecidas para cada área de vigilancia.

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, los procesos de muestreo y el análisis de la información recibida, se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

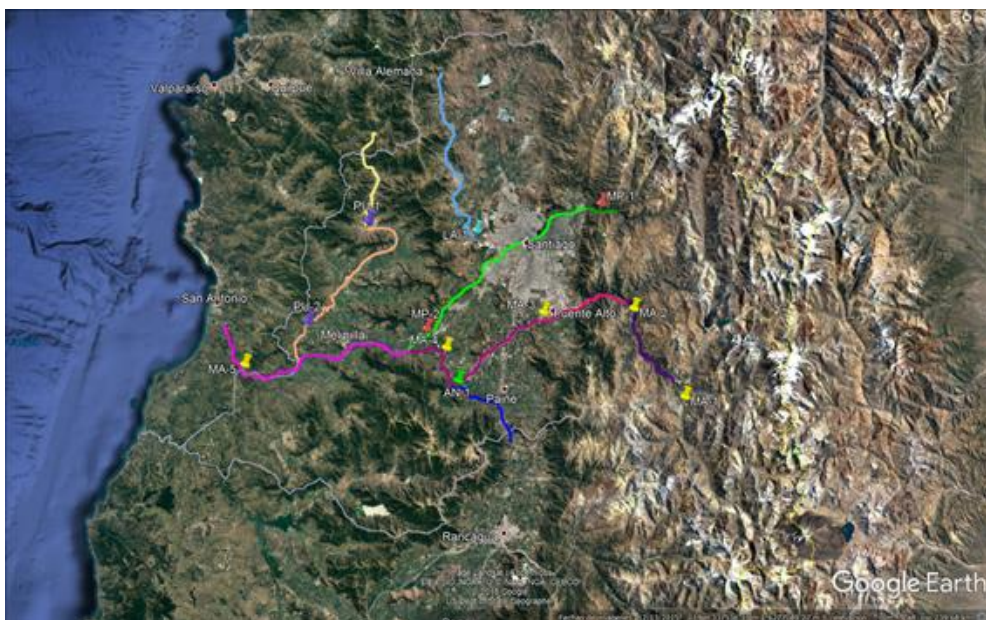
- a) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará que el resultado corresponde a un valor no válido para efectos de la evaluación de cumplimiento.
  - Si LD  $<$  al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido para efectos de la evaluación de cumplimiento y que el resultado es igual al LD.
  
- b) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
  - El dato será válido si y sólo si la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.

- c) Sólo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la representatividad estacional establecida en el artículo 7° del D.S. N° 53/2014. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales, en los términos establecidos en el artículo 8 del mismo Decreto.
- d) Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de ensayo establecidas en los artículos 9° y 10° del D.S. N° 53/2014.
- e) Validación de los resultados obtenidos acorde a diversos criterios de representatividad, es decir, tiempos de preservación, límites de detección acorde a las consideraciones existentes respecto de los límites normativos, **entre otros**.

#### VALIDACIÓN DE LOS DATOS PARA EL CONTROL NORMATIVO

El D.S. N° 53/2014, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Maipo define once (11) áreas de vigilancia, definiendo niveles de calidad específicos para cada una de ellas respecto a los parámetros pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Cloruros, Sulfatos, DBO<sub>5</sub>, Nitratos, Ortofosfatos, Plomo Disuelto, Níquel Disuelto, Zinc Disuelto y Cromo Total.

La Dirección General de Aguas monitorea periódicamente cada una de estas áreas de vigilancia, a través de actividades de medición, muestreo y análisis en cada una de las estaciones de monitoreo definidas para ello. Estas áreas y estaciones se muestran en la Figura 3-10.



Fuente: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041410>  
Figura 3-10. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

#### FRECUENCIA DE MONITOREO

De acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 53/2014, se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

Desde el inicio de los monitoreos, se consideró la realización 12 campañas de monitoreo al año (una en cada mes del año), por lo que para validar la estacionalidad se entenderá que las estaciones coinciden con el trimestre calendario, esto es; verano es el periodo comprendido por los meses de enero, febrero y marzo; otoño es el periodo comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el periodo comprendido por los meses de julio, agosto y septiembre; y primavera es el periodo comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Considerando lo antes mencionado, se informa que durante el período evaluado (septiembre 2014 a diciembre 2017) se realizaron 39 monitoreos en toda la Red de Control.

#### Cumplimiento de frecuencia de monitoreo:

- El área de vigilancia que presenta menor cantidad de actividades de muestreo durante el periodo 2015 a 2017, es Estero Puangue 1, a causa de la existencia de periodos de sequía en el sector, que impedían el desarrollo de muestreos en la zona y la obtención de a lo menos una muestra.
- Respecto de la frecuencia de muestreo y análisis, de cada uno de los parámetros, durante el periodo de evaluación 2015 a 2017, y exceptuando lo ocurrido en la Estación de Control Estero Puangue 1, es decir, considerando las 10 áreas de vigilancia restantes, se logra establecer que, existe a lo menos 1 dato, en cada estación de monitoreo por cada periodo estacionario definido, para los parámetros pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, Cloruros, Cromo total, Níquel disuelto, Plomo disuelto, Zinc disuelto, Nitratos y Ortofosfatos. Los parámetros DBO<sub>5</sub> y Sulfatos, no presentan esta condición debido a la inexistencia de datos durante verano 2015 (DBO<sub>5</sub>) y primavera 2015 (Sulfatos).

## **RESULTADOS, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES**

Se establece que la evaluación de cumplimiento considerará la siguiente modalidad de análisis:

- Parámetros analizables respecto a cumplimiento en todas las áreas de vigilancia: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto, Cloruros, Cromo total, Zinc disuelto, Nitratos y Ortofosfatos.
- Parámetros analizables de forma referencial para todas las áreas de vigilancia: Sulfatos, Níquel disuelto, Plomo disuelto, DBO<sub>5</sub>.
- Se exceptúa de lo anterior la evaluación del área de vigilancia en Estero Puangue denominada PU-1 por no contar con el número mínimo de datos para generar la evaluación, por lo que todos los parámetros controlados en dicha área se analizarán de forma referencial.

El análisis realizado en el presente Informe Técnico fue considerada la información reportada de acuerdo a las campañas realizadas por la Dirección General de Aguas durante el periodo septiembre 2014 hasta diciembre 2017, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 53, de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, mediante el cual se establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas de la Cuenca del Río Maipo.

Cumplimiento de los límites normativos: En referencia al cumplimiento normativo asociado a los resultados de los análisis de percentiles realizados a la información reportada por la Dirección General de Aguas, durante el periodo enero 2015 a diciembre 2017, considerando los 12 parámetros medidos en las 11 áreas de vigilancia y sus respectivos límites definidos en la tabla N° 2 del artículo 5 del D.S. N° 53/2014 MMA, se logrado establecer lo siguiente:

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos para los parámetros que más comúnmente influyen en la eutrofización de cuerpos de agua.

Oxígeno disuelto: Considerando los resultados obtenidos en cada área de vigilancia, se establece cumplimiento normativo en PU-2; cumplimiento normativo en niveles de latencia en MA-1, MA-2, MA-5, MP-1, MP-2 y AN-1; e incumplimiento normativo en el caso de las áreas MA-3, MA-4 y LA-1. En PU-1 se establece incumplimiento referencial por falta de datos.

Adicional a lo anterior, el parámetro Oxígeno disuelto presenta incumplimiento normativo en MA-4 y PU-1 por la condición definida en el artículo 7° del Decreto N° 53/2014, que establece que se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental en el caso que uno o más parámetros superen al menos en dos oportunidades consecutivas los límites establecidos en el artículo 5° del mismo instrumento.

Sulfato: Considerando que no fue posible obtener resultados en ninguna de las áreas de vigilancia durante el periodo estacional primavera 2015, no es posible evaluar el cumplimiento normativo. De manera referencial, considerando los resultados válidos, tenemos cumplimiento referencial en PU-1; cumplimiento referencial en niveles de latencia en MA-1, MA-3, MA-4, MA-5, MP-1, MP-2, LA-1 y AN-1; e incumplimiento referencial en el caso de MA-2 y PU-2.

Adicional a lo anterior, el parámetro Sulfatos presenta incumplimiento normativo en MA-2 y PU-2 por la condición definida en el artículo 7° del Decreto N° 53/2014, que establece que se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental en el caso que uno o más parámetros superen al menos en dos oportunidades consecutivas los límites establecidos en el artículo 5° del mismo instrumento.

Nitrato: En referencia a lo antes mencionado y considerando los resultados obtenidos en cada área de vigilancia, se establece cumplimiento normativo en MA-1, MA-4, MP-1, LA-1; cumplimiento normativo en niveles de latencia en MA-5 y MP-2; e incumplimiento normativo en el caso de MA-2, MA-3, PU-2 y AN-1. En PU-1 establece cumplimiento referencial por falta de datos.

Adicional a lo anterior, el parámetro Nitratos presenta incumplimiento normativo en MA-3 por la condición definida en el artículo 7° del Decreto N° 53/2014, que establece que se considerarán sobrepasadas las normas secundarias de calidad ambiental en el caso que uno o más parámetros superen al menos en dos oportunidades consecutivas los límites establecidos en el artículo 5° del mismo instrumento.

Ortofosfato: Considerando los resultados obtenidos tenemos cumplimiento referencial en todas las áreas de vigilancia de la norma. Se exceptúa PU-1 donde se establece incumplimiento referencial por falta de datos.

DBO5: Considerando que no fue posible obtener resultados durante el periodo estacional definido como verano 2015, y la invalidación de resultados de varios períodos estacionales por exceder el tiempo de preservación de las muestras, no es posible evaluar el cumplimiento normativo. De manera referencial, considerando los resultados válidos, tenemos cumplimiento referencial en MA-1, MA-2, MA-3, MA-4, MA-5, MP-2, LA-1 y AN-1; cumplimiento referencial en niveles de latencia en PU-2; e incumplimiento referencial en el caso de MP-1” (29).

3.2.6. “D.S. 75 MINSEGPRES/ Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano

## TÍTULO I

Objetivos y Ámbito de Aplicación:

Artículo 1°.- El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Serrano.

El objetivo general de las mismas es proteger y mantener cuerpos o cursos de agua de calidad excepcional en la Cuenca del río Serrano que asegure sus cualidades como sitio de valor ambiental, escénico y turístico, de manera de salvaguardar el aprovechamiento del recurso hídrico, las comunidades acuáticas y los ecosistemas, maximizando los beneficios ambientales, sociales y económicos.

Artículo 2º.- Los cauces a ser regulados en la cuenca hidrográfica del río Serrano son los siguientes:

Río Serrano, río Paine, río Grey, río Baguales, río Vizcachas, río De Las Chinas, río Tres Pasos y río Don Guillermo.

### TÍTULO III

Niveles o Valores de Calidad Ambiental por Áreas de Vigilancia:

Artículo 4º.- Para efectos del cumplimiento y fiscalización del presente decreto, se han establecido para la cuenca del río Serrano 9 áreas de vigilancia. Los datos geodésicos corresponden al datum y elipsoide oficial WGS84, los datos cartográficos corresponden a la proyección UTM – Huso 18. Dichas áreas de vigilancia se identifican en la siguiente tabla 3-5:

TABLA N° 1  
ÁREAS DE VIGILANCIA

CAUCE	ÁREA DE VIGILANCIA	LÍMITES ÁREA DE VIGILANCIA	COORDENADAS UTM (Metros)	
			ESTE	NORTE
Río Paine	PA-10	Desde: Desagüe Lago Dickson	635.692	4.361.817
		Hasta: Inicio Lago Nordenskjöld	655.313	4.352.252
Río Serrano	SE-10	Desde: Desagüe Lago Toro	642.720	4.326.992
		Hasta: Confluencia con río Grey	632.266	4.309.807
	SE-20	Desde: Confluencia ríos Grey	632.266	4.309.807
		Hasta: Desembocadura río Serrano	632.877	4.302.236
Río Grey	GR-10	Desde: Desagüe lago Grey	639.130	4.327.972
		Hasta: Confluencia con río Serrano	632.266	4.309.807
Río Las Chinas	CH-10	Desde: Naciente río las Chinas	675.249	4.345.627
		Hasta: Desembocadura en lago Toro	672.239	4.320.001
Río Baguales	BA-10	Desde: Naciente río Baguales	683.287	4.366.633
		Hasta: Confluencia río Vizcachas	676.170	4.345.910
Río Vizcachas	VI-10	Desde: Naciente río Vizcachas	677.217	4.344.488
		Hasta: Confluencia río Chinas	675.222	4.345.258
Río Don Guillermo	DG-10	Desde: Naciente río Don Guillermo	687.094	4.319.028
		Hasta: Confluencia con río las Chinas	672.239	4.320.001
Río Tres Pasos	TP-10	Desde: Naciente río Tres Pasos	675.071	4.297.601
		Hasta: Desembocadura en lago Toro	661.741	4.315.304

Fuente: D.S. 75/MINSEGPRES  
Tabla 3-5. Límites áreas de vigilancia para cuenca río Serrano

En la Tabla 3-5 se muestran los límites de las áreas de vigilancia en la cuenca del río Serrano. Cada área de vigilancia está delimitada con sus coordenadas UTM este y norte.

Artículo 5º.- Para cada área de vigilancia identificada en la Tabla N°1(Tabla 3-5) del artículo anterior, se ha asignado, en la Tabla N°2 (Tabla 3-6), un nivel o valor de calidad ambiental para cada uno de los parámetros normados. Para el caso de los metales, los valores indicados corresponden a la fracción total.

TABLA N° 2

NIVELES O VALORES DE CALIDAD AMBIENTAL POR ÁREAS DE VIGILANCIA

PARÁMETROS	ÁREAS DE VIGILANCIA									
	Unidad	PA-10	SE-10	SE-20	GR-10	CH-10	BA-10	VI-10	DG-10	TP-10
1 Aluminio	mg/L	9,0	1,0	3,0	3,0	10,0	7,0	6,0	1,0	1,0
2 Cadmio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3 Cloro	mg/L	8,0	10,0	8,0	8,5	8,0	10,0	11,0	20,0	15,0
4 Cobrec	mg/L	0,05	0,08	0,01	0,07	0,05	0,09	0,06	0,06	0,04
5 Coliformes Fecales	NMP/100 ml	-	10	-	-	-	-	-	-	-
6 Conductividad Eléctrica	µS/cm	80	180	80	340	300	370	360	550	370
7 Cromo	mg/L	0,06	0,06	0,01	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07	0,06
8 Hierro	mg/L	16,0	1,0	3,0	5,0	12,7	35,0	28,0	5,0	4,0
9 Manganeso	mg/L	0,3	0,1	0,2	0,08	2,0	0,7	0,6	0,1	0,05
10 Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001
11 Molibdeno	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
12 Niquel	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
13 Oxígeno Disuelto (1)	mg/L	9,8	9,5	7,9	8,6	7,0	9,2	7,3	9,3	9,7
14 pH (2)	Unidad	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8
15 Plomo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
16 RAS (3)	-	0,2	0,5	0,4	0,7	1,0	0,8	0,8	-	0,7
17 Selenio	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
18 Sulfato	mg/L	5,0	13,0	5,0	5,0	56,0	30,0	28,0	58,0	29,0
19 Zinc	mg/L	0,04	0,02	0,04	0,02	0,09	0,04	0,09	0,05	0,05

NOTAS:

(1) Expresado en términos de valor mínimo

(2) Expresado en términos de valor máximo y mínimo

(3) Razón de adsorción de sodio (RAS). Relación utilizada para expresar la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo. Cuantitativamente como miliequivalentes:

$$RAS = \frac{Na}{[(Ca + Mg) / 2]^{1/2}}$$

En que, Na; Ca y Mg = Son respectivamente las concentraciones, en miliequivalentes por litro, de iones sodio, calcio y magnesio.

Fuente: D.S. 75/MINSEGPRES

Tabla 3-6. Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

## TÍTULO IV

### Cumplimiento e Informe de Calidad:

Artículo 6°.- El monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá realizarse anualmente para cada parámetro, en cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4°, con una frecuencia mínima de 4 veces al año con distribución estacional y de acuerdo al Programa de Vigilancia.

Artículo 7°.- Se entenderá que las aguas cumplen con las normas secundarias de calidad ambiental establecidas en el presente decreto, cuando el percentil 66 móvil para dos años consecutivos de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia, sea menor o igual a los límites establecidos en las presentes normas.

Para el caso del oxígeno disuelto, la concentración deberá ser mayor o igual a los límites establecidos en la presente norma, y para el caso del pH, la concentración deberá fluctuar entre el rango establecido en la presente norma.

Artículo 8°.- Para los efectos de evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto, corresponderá a la Dirección General de Aguas calificar la adecuada representatividad de las muestras analizadas que hayan sido afectadas por situaciones excepcionales y transitorias tales como erupciones volcánicas, aluviones, entre otros.

Artículo 9°.- La Comisión Nacional del Medio Ambiente coordinará a la Dirección General de Aguas y al Servicio Agrícola y Ganadero en la elaboración de un informe de calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto. Dicho informe será de conocimiento público y será publicado anualmente, exceptuando el primero, que será publicado una vez que se haya cumplido el plazo establecido en el artículo 7°.

Para efectos de lo anterior, dentro de los primeros tres meses de cada año, las direcciones regionales de la Dirección General de Aguas y del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región de Magallanes y Antártica Chilena deberán remitir, al Director Regional de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la información sobre las mediciones efectuadas.

El informe de calidad deberá señalar, fundadamente, al menos el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto, para cada uno de los parámetros normados en cada una de las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4°.

## TÍTULO V

### Fiscalización:

Artículo 10°.- Corresponderá a la Dirección General de Aguas y al Servicio Agrícola y Ganadero fiscalizar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental comprendidas en el presente decreto.

## TÍTULO VI

### Programa de Vigilancia:

Artículo 11°.- El Programa de Vigilancia será de conocimiento público y será elaborado por la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero en coordinación con la Comisión Nacional del Medio Ambiente y aprobado mediante resolución de la Dirección General de Aguas.

En el Programa de Vigilancia se deberá señalar al menos, y sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 6°, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear.

El Programa de Vigilancia podrá incorporar el monitoreo de parámetros adicionales a los establecidos en las presentes normas, así como también nuevas estaciones de monitoreo de calidad de aguas, con la finalidad de generar información para revisiones futuras de las normas. Asimismo, los bioindicadores podrán ser desarrollados en este programa como herramientas complementarias para evaluar el impacto sobre las comunidades acuáticas y la calidad del agua.

Las mediciones realizadas con posterioridad a la entrada en vigencia de las presentes normas y con anterioridad a la aprobación del programa de vigilancia, podrán ser válidamente utilizadas por la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero cuando cumplan con los requisitos exigidos en este artículo y en el Título VII del presente decreto” (22).

### 3.2.7. “Informe técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua – Norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas superficiales de la cuenca del río Serrano

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del agua establecida en el D.S. N° 75/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano.

Se evaluó el cumplimiento de las normas secundarias de calidad de la cuenca del río Serrano, para todas las estaciones de control incluidas en el programa de vigilancia actualmente vigente, para el período enero 2016 a diciembre de 2017, mediante la revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas.

El análisis de datos incluido en el presente informe se realizó con las mediciones del periodo 2017, en consideración que los datos correspondientes al período 2016 ya fueron validados y utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo en el periodo bienal, según se puede apreciar en el informe técnico de cumplimiento de expediente DFZ-2017-5419-XII-NC-EI.

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

Si bien durante el año 2017 se realizaron las cuatro campañas señaladas en la norma para todas las áreas de vigilancia, parte de los parámetros analizados en cada caso no fueron monitoreados con igual periodicidad, de manera que Aluminio; Cadmio; Cromo; Mercurio; Molibdeno; Níquel; Plomo; RAS; Selenio y Zinc fueron analizados referencialmente en todas las estaciones donde debían ser monitoreados.

Por medio del análisis de las metodologías de muestreo, metodologías de análisis y de tiempo de almacenamiento, fue posible identificar que:

- a) Respecto de los métodos de análisis, estos se condicen con los propuestos en el D.S. N° 75, de 2009 y/o en la Res. Ex. N° 3307/2011 para todos los parámetros de control.
- b) En cuanto al tiempo de almacenamiento, se detectó que la mayoría de los parámetros fueron analizados tras un tiempo de almacenaje dentro de lo recomendado en las metodologías correspondientes, y sólo Mercurio se analizó tras un período mayor de almacenamiento al recomendado en todas las campañas y estaciones.

En relación a lo anterior, de los parámetros considerados como válidos para su análisis, de acuerdo a frecuencias y metodologías de muestreo y preservación, se determinó que sólo el parámetro Sulfato en las estaciones PA-10 en el río Paine; SE-20 en el río Serrano y GR-10 en el río Grey sobrepasó el máximo normativo, mientras que Cobre en el río Serrano en SE-20, se encontró en niveles próximos al límite normativo (> 80%), alcanzando así niveles de advertencia.

En cambio, de los parámetros evaluados referencialmente, se identificó que Plomo en SE-10 en el río Serrano y RAS en VI-10 en el río Vizcachas se encontraron sobre los límites respectivos, y RAS en el río Baguales en BA-10 se encontró en niveles de advertencia por su proximidad al límite normativo (> 80%).

Por último, los límites de detección de los parámetros Cadmio y Selenio resultaron iguales al límite normativo establecido para todas las estaciones de monitoreo, por ende no fue posible determinar si es necesario advertir la proximidad del dato respecto del límite, a la vez que no fue posible analizar el cumplimiento normativo de los parámetros Mercurio; Níquel y Plomo por analizarse con metodologías cuyo LD es superior al límite normativo respectivo en casi toda el área de vigilancia.

Se constató la realización de monitoreos por parte de la DGA para los parámetros Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH y RAS, con una frecuencia igual o mayor a la descrita en el respectivo Programa de Vigilancia, donde además, no se fijan condiciones de muestreo y/o metodologías de análisis, por lo que no se analizó la validez de los resultados.

De igual manera, la Seremi de Salud de Magallanes dio cuenta de los análisis efectuados al parámetro Coliformes Fecales en todas las estaciones comprometidas, en una frecuencia igual a la informada por la DGA.

No se cuenta en ninguno de los casos con mediciones de los parámetros, Fosfato, Cipermetrina, Diazinón; Nitratos y Macroinvertebrados Bentónicos para las estaciones en que fueron incorporados en el Programa de Vigilancia.

## INTRODUCCIÓN

Cabe mencionar que el análisis de los datos del 2016 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente DFZ-2017-5419-XII-NC-EI, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2017, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 diciembre de 2017, y con ello, el presente informe da cuenta de treinta y siete actividades de fiscalización, incluida una actividad de acompañamiento de esta

Superintendencia en apoyo a la Dirección General de Aguas, durante la campaña de primavera de 2017.

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N° 302, de 2011, del Subsecretario del Medio Ambiente, que instruye sobre modificaciones al procedimiento de declaración de zona saturada y latente, a partir de la entrada en vigencia de la nueva Institucionalidad Ambiental, modificada por la Resolución Exenta N° 422, de 2012.

## ALCANCE

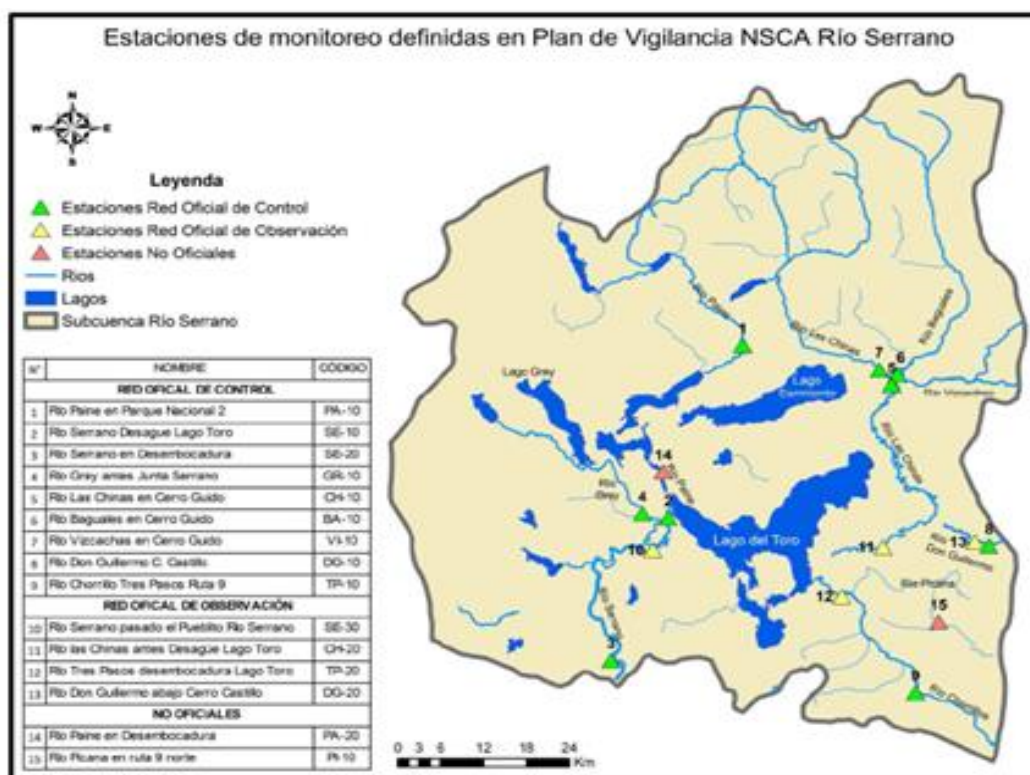
En el marco de la Norma Secundaria de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Superficiales de la Cuenca del Río Serrano se verificará la validez de la información levantada durante el año 2017 en la red de control, para determinar si es factible emitir un pronunciamiento respecto de evaluación del cumplimiento normativo para el período móvil de 2 años comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de diciembre de 2017.

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, muestreos y análisis se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, en el programa de vigilancia y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

- a. Contar con resultados de parámetros normados en todas las estaciones de monitoreo que conforman la red de control establecida en el programa de vigilancia.
- b. Contar con resultados de parámetros normados según su frecuencia mínima anual y con la distribución estacional establecida en la norma.
- c. Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de ensayo correspondientes.
- d. Validación de los resultados obtenidos acorde diversos criterios de representatividad, por ejemplo: tiempos de envase, límites de detección, suma de fracciones es menor o igual al resultado total de cierto parámetro, **entre otros.**

## VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

A continuación, la Figura 1 (3-11) presenta el listado y ubicación de todas las estaciones que componen el programa de vigilancia ambiental de la norma.



Fuente: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041409>

Figura 3-11. Representación espacial de las áreas de vigilancia y estaciones de monitoreo para la cuenca del río Serrano

### FRECUENCIA DE MONITOREO RED DE CONTROL

El artículo 6° de la norma establece que el monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental deberá realizarse anualmente para cada parámetro, en cada una de las áreas de vigilancia, con una frecuencia mínima de **cuatro veces al año** con distribución estacional y de acuerdo al Programa de Vigilancia (PV).

No obstante, de manera adicional, el artículo 11° de la norma secundaria de calidad indica que el Programa de Vigilancia deberá señalar al menos, y sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 6°, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear. Teniendo lo anterior como referencia, el PV del río Serrano establece que los muestreos se realizarán preferentemente durante los meses de febrero, junio y octubre, fijando así una frecuencia de tres muestreos anuales, constituyendo una contradicción que finalmente se resuelve en base a lo indicado en la norma, según se señala en oficio Ord. DGA N° 256, de 2015.

Siendo así, durante el año 2016 se constata la realización de cuatro campañas de medición en la mayoría de las estaciones de la red de control, siendo la única excepción la estación río

Don Guillermo (DG-10), dado que éste se encontraba seco al momento del muestreo de verano, a diferencia del año 2017, cuando se efectuaron las cuatro campañas en todas las áreas de vigilancia.

Durante el periodo 2017, los parámetros Cadmio; Níquel; Plomo; RAS y Selenio en todas las estaciones no fueron monitoreados con la frecuencia establecida en la NSCA, lo que es posible identificar en la **Tabla 3**. Al respecto, DGA informó problemas en los equipos de análisis que imposibilitaron el análisis durante la campaña de verano en el caso de Cadmio; Níquel; Plomo y Selenio y en las campañas de otoño e invierno en el caso de Sodio para la cuantificación de RAS.

Adicionalmente, el parámetro Coliformes Fecales, responsabilidad de la Seremi de Salud de la región de Magallanes y Antártica Chilena, fue informado en todas las campañas de monitoreo para la estación SE-10 donde su análisis es obligatorio según la NSCA, al igual que en la estación CH-10 considerada en el Programa de Vigilancia.

Tal como se indica en el Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente DFZ-2017-5419-XII-NC-EI, durante el año 2016 los parámetros Aluminio; Cromo; Mercurio; Molibdeno; Selenio y Zinc, fueron monitoreados en menor frecuencia a la establecida en la NSCA, a la vez que el parámetro Coliformes Fecales no fue informado por el organismo respectivo, en las estaciones SE-10 y CH-10 en aquella oportunidad, pese a que de manera posterior, se informó los análisis realizados durante las cuatro campañas del año 2016.

## RESULTADOS RED DE CONTROL, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N° 75/2009, se entenderá que las aguas cumplen con las NSCA establecidas cuando el percentil 66 móvil para dos años consecutivos de las concentraciones de las muestras analizadas para un parámetro, según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia, sea igual o menor a los límites establecidos en la norma. Para el caso del Oxígeno Disuelto, la concentración deberá ser mayor o igual a los límites establecidos en la citada norma, y para el caso del pH, la concentración deberá fluctuar entre el rango establecido de la norma, ambos en términos de percentil 66 móvil de los dos años consecutivos señalados.

De acuerdo a la norma, 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.

Cabe hacer mención que, en base a las conclusiones de la revisión de los datos establecida en la sección 5 de este Informe, la información levantada no cumple, en su totalidad, con los requisitos mínimos para definir su validez, y por ende, en aquellos casos en que los resultados se identificaron como incompletos y/o inválidos, el análisis del cumplimiento de la norma para el período 2016-2017 se realizó de manera **referencial**, o incluso, no fue posible evaluarlos.

Tales casos se pueden resumir como sigue:

- a) Parámetros válidos para su análisis respecto a cumplimiento: Cloruro; Cobre; Conductividad; Hierro; Manganeso; Oxígeno Disuelto; pH y Sulfato en todas las áreas de vigilancia, a excepción de DG-10 y Coliformes Fecales en SE-10.
- b) Parámetros analizados de forma referencial por frecuencia insuficiente y/o exceder los tiempos de conservación, previo a su análisis: Aluminio; Cadmio; Cromo; Molibdeno; RAS; Selenio y Zinc en todas las áreas de vigilancia; Cloruros; Cobre; Conductividad; Hierro; Manganeso; Oxígeno Disuelto; pH y Sulfato en DG-10 y Mercurio en BA-10 y Plomo en SE-10.
- c) Parámetros sin evaluar debido a límites de detección por sobre niveles de cumplimiento: Mercurio; Níquel y Plomo en todas o la mayoría de las áreas de vigilancia.

La actividad de examen de la información realizada, consideró las campañas de monitoreo realizadas por la Dirección General de Aguas durante el período enero de 2016 y diciembre de 2017 y los análisis efectuados por ésta, por la SEREMI de Salud de Magallanes y por laboratorios acreditados, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N° 75, de 2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, mediante el cual Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano y de la Res. Ex. N° 3307, de 2011, que Aprueba el Programa de Vigilancia de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Serrano, complementada por la Res. Ex. N° 277, de 2012 que establece la metodología a utilizar para el análisis de los parámetros controlados en el cumplimiento de la norma.

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

Para la Red de Control

- Áreas de monitoreo: Las estaciones monitoreadas correspondieron a aquellas definidas en la Res. Ex. N° 3307/2011 en concordancia a las áreas de vigilancia establecidas en el D.S. MINSEGPRES N° 75/2009

- Frecuencia de monitoreo: Durante el periodo 2016-2017 se realizaron las cuatro campañas anuales señaladas en la norma para gran parte de las áreas de vigilancia, con la única excepción del río Don Guillermo en Cerro Castillo (DG-10). Pese a lo anterior, parte de los parámetros analizados en cada estación y campaña no fueron realizados con igual periodicidad, de manera que Aluminio; Cadmio; Cromo; Mercurio; Molibdeno; Níquel; Plomo; RAS; Selenio y Zinc fueron medidos con menor frecuencia a la debida en todas las estaciones en que correspondía su análisis.

- Validez de los datos: Por medio del análisis de las metodologías de muestreo, metodologías de análisis y de tiempo de almacenamiento, fue posible identificar que:

- o Mediante oficios ORD. DGA N° 17, de 2018 y ORD. DCPRH N°23, ambos de 2017, la DGA informó las cadenas de custodia de las muestras colectadas que permitieron verificar las condiciones de conservación de éstas, junto con los instructivos de muestreo (LADGA-IM-01) y de uso de la sonda multiparámetro para mediciones *in situ* (LADGA-IM-09), seguidos durante cada monitoreo, determinándose su validez acorde a la NCh411/2.Of96.
- o Respecto de los métodos de análisis, estos se condicen con los propuestos en el D.S. N° 75, de 2009 y en la Res. Ex. N° 3307/2011 para todos los parámetros de control.
- o En cuanto al tiempo de almacenamiento, se detectó que sólo Mercurio en todas las campañas y estaciones se analizó tras un período mayor de almacenamiento al recomendado.

- Evaluación de Cumplimiento: En razón a lo anterior, se procedió a evaluar el cumplimiento de las normas, según los datos informados, identificándose lo siguiente:

- o De los parámetros válidos para su análisis, sólo se verificaron concentraciones de Sulfato por sobre el límite normativo en PA-10 en el río Paine; SE-20 en el río Serrano y GR-10 en el río Grey, en tanto que de

los parámetros evaluados referencialmente, Plomo en SE-10 en el río Serrano y RAS en VI-10 en el río Vizcachas se encontraron sobre los límites respectivos.

- o De los parámetros válidos para su análisis se verificaron concentraciones próximas a los límites normativos correspondientes para Cobre en el río Serrano en SE-20. En la evaluación referencial, en tanto, se determinaron bajo esta condición RAS en el río Baguales en BA-10, no pudiéndose determinar los niveles de advertencia para Cadmio y Selenio en todas las estaciones y de Mercurio en el río Don Guillermo en DG-10.
- o No se pudo evaluar cumplimiento para los parámetros Mercurio; Níquel y Plomo en casi ninguna de las estaciones, porque los LD de los métodos analíticos correspondientes eran superiores a los respectivos límites normativos, la excepción para Mercurio fue en el río Baguales en BA-10 y en el río Don Guillermo en DG-10 y Plomo en el río Serrano en SE-10.

#### Para la Red de Observación

- Áreas de monitoreo: Respecto a las estaciones de Observación, durante el período analizado (enero de 2016 a diciembre de 2017), el monitoreo se realizó en todas las áreas de vigilancia relativas a los ríos Las Chinas; Serrano; Don Guillermo; Tres Pasos; Paine y Picana.
- Frecuencia de monitoreo: Se constató que el monitoreo de la Red de Observación se realizó en su totalidad durante el período evaluado, pero en ninguno de los casos se reportó resultados analíticos para los parámetros Nitrato; Fosfato; Cipermetrina; Diazinón, ni Macroinvertebrados Bentónicos.
- Validez de los datos: Para las mediciones de terreno, se determinó que los resultados son válidos, en consideración que son las metodologías usadas en la Red de Vigilancia. Del resto de los parámetros, en consideración que sólo se analizó Coliformes Fecales, se puede señalar que no se cuenta con una referencia especificada en los respectivos instrumentos de gestión ambiental pertinentes que indiquen que la metodología usada no sea válida, y en cuanto a tiempo de almacenamiento, su análisis se realizó dentro del tiempo recomendado” (30).

### 3.2.8. “D.S. 122 MINSEGPRES/ Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue

#### TÍTULO I

##### Objetivos y ámbito de aplicación

Artículo 1º.- El presente decreto establece las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue.

El objetivo general de las mismas es mantener la calidad de las aguas del lago Llanquihue y prevenir la eutroficación antrópica, proporcionando instrumentos de gestión para aportar a la mantención de su actual condición oligotrófica.

Artículo 2º.- El ámbito de aplicación territorial de la presente norma corresponde al lago Llanquihue.

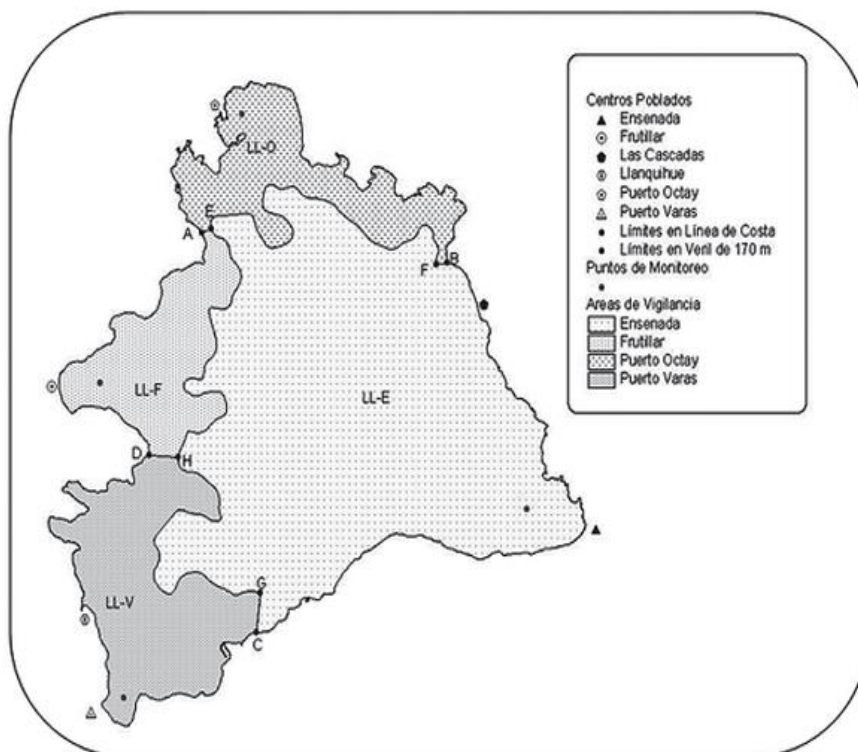
#### TÍTULO III

##### Niveles de calidad ambiental por áreas de vigilancia

Artículo 4º.- Para efectos del cumplimiento y fiscalización del presente decreto, se establecen cuatro áreas de vigilancia. La delimitación y ubicación de las áreas de vigilancia se establecen en la tabla siguiente y se diagraman en la figura 1 (figura 3-12):

ÁREA DE VIGILANCIA	UBICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL POLÍGONO
	Coordenadas UTM, Dátum WGS 84, Huso 18 Sur		
Ll-O	A: E 676.626 B: E 677.330 E: E 695.644 F: E 694.749	N 5.454.156 N 5.454.351 N 5.452.259 N 5.452.108	Puerto Octay: Desde el punto A en línea recta hasta el punto E, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto F, en línea recta hasta el punto B y siguiendo la línea de costa hasta el punto A.
Ll-E	B: E 677.330 F: E 694.749 E: E 695.644 H: E 674.775 G: E 681.138 C: E 672.519	N 5.454.351 N 5.452.108 N 5.452.259 N 5.439.922 N 5.431.289 N 5.440.045	Ensenada: Desde el punto B en línea recta hasta el punto F, siguiendo por el veril de 170 m pasando por los puntos E y H, hasta el punto G, en línea recta hasta el punto C y siguiendo la línea de costa hasta el punto B.
Ll-V	C: E 672.519 G: E 681.138 H: E 674.775 D: E 680.860	N 5.440.045 N 5.431.289 N 5.439.922 N 5.428.793	Puerto Varas: Desde el punto C en línea recta hasta el punto G, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto H, en línea recta hasta el punto D y siguiendo la línea de costa hasta el punto C.
Ll-F	D: E 680.860 H: E 674.775 E: E 695.644 A: E 676.626	N 5.428.793 N 5.439.922 N 5.452.259 N 5.454.156	Frutillar: Desde el punto D en línea recta hasta el punto H, siguiendo por el veril de 170 m hasta el punto E, en línea recta hasta el punto A y siguiendo la línea de costa hasta el punto D.

Figura 1: Representación de las Áreas de Vigilancia en el lago Llanquihue



Fuente: D.S. 122/MINSEGPRES

Figura 3-12. Áreas de vigilancia en el lago

En la **Figura 3-12** se muestran las cuatro áreas de vigilancia en lago Llanquihue. También, aparecen sus coordenadas UTM y descripción del polígono.

Artículo 5°.- Para la protección de la calidad de las aguas y para la mantención del estado trófico del lago Llanquihue, se establecen en la **Tabla 3-7** los siguientes niveles de calidad para cada parámetro y para cada una de las áreas de vigilancia definidas en el artículo anterior.

**Tabla 2: Niveles de Calidad por Áreas de Vigilancia en el lago Llanquihue**

Parámetros	Unidad	Áreas de Vigilancia			
		LL-O Puerto Octay	LL-F Frutillar	LL-E Ensenada	LL-V Puerto Varas
Conductividad	µS/cm	110	110	110	110
pH		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	% de Saturación	≥ 85	≥ 85	≥ 85	≥ 85
Turbiedad	NTU	2,1	2,1	2,4	2,5
Sílice	mg/l	1,83	1,84	1,77	1,80
DQO	mg/l	4,8	4,9	6	5
Transparencia	M	≥ 13,5	≥ 14,0	≥ 16,0	≥ 12,5
Nitrógeno total	mg/l	0,12	0,14	0,13	0,13
Fósforo total	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01
Clorofila "a"	µg/l	1,4	1,4	1,4	1,4

Fuente: D.S. 122/MINSEGPRES

Tabla 3-7. Niveles de Calidad por Áreas de Vigilancia en el lago Llanquihue

#### TÍTULO IV

##### Cumplimiento e informe de calidad

Artículo 6°.- El monitoreo para verificar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto deberá realizarse para cada parámetro, en cada una de las áreas de vigilancia indicadas en el artículo 4° y de acuerdo al Programa de Vigilancia.

Artículo 7°.- Se entenderá que las aguas cumplen con las normas secundarias de calidad establecidas en el presente decreto, 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 Programa de Vigilancia, sea igual o menor a los límites establecidos en las presentes normas.

Para el caso del oxígeno disuelto y transparencia, se entenderá que las aguas cumplen con las normas secundarias de calidad establecidas en el presente decreto cuando el percentil 33 de los valores medidos en las muestras analizadas para este parámetro, considerando un período

de dos años consecutivos y según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia, sea igual o mayor a los límites establecidos en las presentes normas.

Para el caso del pH, se entenderá que las aguas cumplen con las normas secundarias de calidad establecidas en el presente decreto cuando el percentil 66 de los valores medidos en las muestras analizadas para este parámetro, considerando un período de dos años consecutivos y según la frecuencia mínima establecida en el Programa de Vigilancia, se encuentre dentro del rango determinado en las presentes normas.

Artículo 8°.- Para los efectos de evaluar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto, corresponderá a la Dirección General de Aguas (DGA) calificar la adecuada representatividad de las muestras analizadas que hayan sido afectadas por situaciones excepcionales y transitorias, tales como erupciones volcánicas y aluviones, entre otros.

Artículo 9°.- La CONAMA, coordinará a la DGA y a la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR), en la elaboración de un informe de calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las presentes normas secundarias de calidad de las aguas del lago Llanquihue. Dicho informe será de conocimiento público y será publicado anualmente, a excepción del primero que se elaborará, una vez transcurridos dos años contados desde la entrada en vigencia del presente decreto.

Para efectos de lo anterior, dentro de los primeros tres meses de cada año, la DGA y la DIRECTEMAR deberán remitir al Director Regional de la CONAMA, la información sobre las mediciones efectuadas y demás información pertinente. Este Informe de Calidad deberá señalar, fundadamente, al menos el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto para cada uno de los parámetros normados en las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4°.

## TÍTULO V

### Fiscalización

Artículo 10°.- Corresponderá a la Dirección General de Aguas y a la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante controlar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental contenidas en el presente decreto.

## TÍTULO VI

### Programa de vigilancia

Artículo 11°.- El monitoreo de la calidad del agua del lago Llanquihue, para el control de estas normas, deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia, el cual será elaborado por la DGA y la DIRECTEMAR, en coordinación con la CONAMA.

Este Programa de Vigilancia deberá ser aprobado mediante resolución de la Dirección General de Aguas. Dicho documento será de conocimiento público y en él se indicarán, a lo menos, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades de los organismos competentes, y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear.

Artículo 12°.- El Programa de Vigilancia podrá incorporar el monitoreo de parámetros adicionales a los establecidos en las presentes normas, así como también nuevas estaciones de monitoreo de calidad de aguas, con la finalidad de generar información para revisiones futuras de las normas, pudiendo incluirse también el uso de bioindicadores, bioensayos, o ambos, como herramientas complementarias para evaluar el efecto de la calidad del agua en las comunidades acuáticas.

Artículo 13°.- Las mediciones obtenidas con posterioridad a la entrada en vigencia de las presentes normas y con anterioridad a la aprobación del programa de vigilancia, podrán ser válidamente utilizadas por la DGA y la DIRECTEMAR, cuando cumplan con los requisitos exigidos en el Título VII del presente decreto” (23).

#### 3.2.9. “Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del agua – norma secundaria de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento del D.S. N°122/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue (NSCA).

Se evaluó el cumplimiento de las normas secundarias de calidad del Lago Llanquihue, para todas las estaciones de control incluidas en el programa de vigilancia actualmente vigente, para el período bienal comprendido entre enero 2016 y diciembre de 2017, mediante la

revisión de los datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA), así como también se hizo una revisión de los datos entregados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) para las estaciones de observación.

El análisis de datos incluido en el presente informe se realizó con las mediciones del periodo 2017, en consideración que los datos correspondientes al período 2016 ya fueron validados y utilizados para la evaluación del cumplimiento normativo en el periodo bienal, según se puede apreciar en el informe técnico de cumplimiento de expediente DFZ-2017-5421-X-NC-EI.

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

Red de Control:

Se identificó que las frecuencias del muestreo fueron las necesarias para la mayoría de parámetros en todas las áreas de vigilancia, siendo la única excepción el parámetro Turbiedad, que no fue medida en ninguna oportunidad, y Nitrógeno Total en una de las dos campañas del año 2016.

En cuanto a la validez de los datos, se determinó que los parámetros que reunieron todas las condiciones óptimas para su medición fueron pH; Conductividad; Oxígeno Disuelto y Transparencia, y los analizados en laboratorio DQO, Clorofila “a” y Sílice. Del resto de parámetros, se determinó que la metodología usada no se correspondía con lo señalado en la norma o en el Programa de Vigilancia, como en los casos de Fósforo Total y Nitrógeno Total.

Así, de los parámetros válidos evaluados, se determinó el cumplimiento en todas las áreas en los parámetros DQO, pH y Sílice. El parámetro Transparencia estuvo por debajo del límite mínimo normativo correspondiente en Ensenada, mientras que presentó valores cercanos al límite en Puerto Octay y Frutillar, a la vez que Oxígeno Disuelto, según ambas mediciones (concentración y saturación) y Conductividad se hallaron en valores cercanos a los límites fijados en todas las áreas de vigilancia, en tanto que Clorofila se cuantificó también en niveles cercanos a los máximos normados en las áreas de Puerto Octay; Frutillar y Puerto Varas. Por otra parte, y pese a que tanto las frecuencias como la validez de los datos no eran las adecuadas, se efectuó un análisis referencial del cumplimiento de la normativa para los parámetros restantes, encontrándose que el Fósforo Total habría excedido las concentraciones máximas fijadas en Frutillar y Puerto Varas y habría alcanzado niveles cercanos a la excedencia en Puerto Octay y Ensenada.

Red de Observación:

Se constató que durante el período enero de 2016 a diciembre de 2017, se ejecutó la evaluación de la Red de Observación de acuerdo a la frecuencia fijada en el PV para todos los puntos correspondientes.

Por otra parte, y en consideración a que no ha sido posible muestrear en el estero Puma durante todo el período, se han ejecutado muestreos en el río Tepu, también afluente al Lago.

En cuanto a la validez de los datos, se identificó que los parámetros Sílice; DQO; Fósforo Total; Clorofila “a”; Nitrato; Nitrito y Fosfatos se ajustan a las metodologías de análisis, muestreo, y almacenamiento, que les permiten ser considerados para próximas evaluaciones de la norma.

## INTRODUCCIÓN

Cabe mencionar que el análisis de los datos del 2016 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente DFZ-2017-5421-X-NC-EI, por tanto el presente informe complementa dicha información con el análisis de los datos del 2017, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 diciembre de 2017, y con ello, el presente informe da cuenta de 5 actividades de fiscalización, incluida una actividad de acompañamiento de esta Superintendencia en apoyo a la Dirección General de Aguas, durante la campaña de primavera de 2017.

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N°302, de 2011, del Subsecretario del Medio Ambiente, que instruye sobre modificaciones al procedimiento de declaración de zona saturada y latente, a partir de la entrada en vigencia de la nueva Institucionalidad Ambiental, modificada por la Resolución Exenta N°422, de 2012.

## ALCANCE

En consideración a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue se verificará la información levantada durante el año 2017, para determinar la factibilidad de evaluación del cumplimiento normativo para el período móvil de dos años, 2016-2017.

Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, muestreos y análisis se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, en

el programa de vigilancia y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

- a. Contar con resultados de parámetros normados según su frecuencia mínima anual y de acuerdo con distribución estacional establecida en la norma;
- b. Contar con resultados de parámetros normados en todas las estaciones de monitoreo que conforman la red de control establecida en el programa de vigilancia;
- c. Obtención de resultados de los parámetros normados utilizando las metodologías de ensayo correspondientes;
- d. Validación de los resultados obtenidos acorde diversos criterios de representatividad, por ejemplo: tiempos de envase, límites de detección, suma de fracciones sea menor o igual al resultado total de cierto parámetro, **entre otros**.

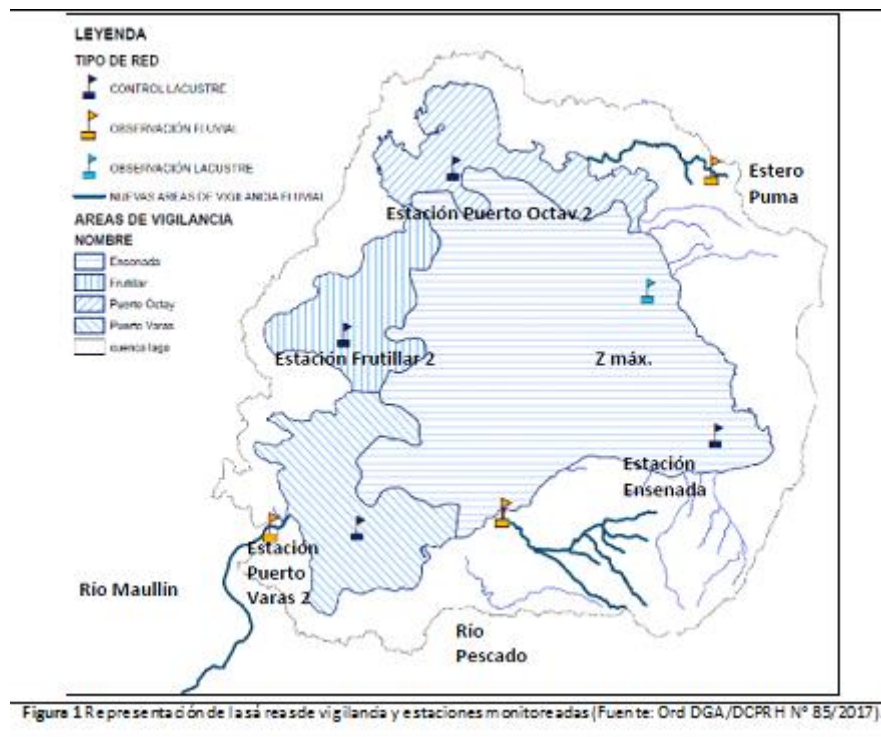
Adicionalmente, se verificará el desarrollo del monitoreo de la Red de Observación establecida en el Programa de Vigilancia Ambiental de la norma (PV), según Res. Ex. N°1207, de 2012, esto en lo que respecta a áreas de vigilancia, estaciones de monitoreo, parámetros medidos y frecuencia anual de muestreo según las condiciones fijadas en el Programa de Vigilancia.

Es necesario reiterar que el análisis de los datos del 2016 ha sido adoptado del Informe Técnico de Cumplimiento asociado al expediente DFZ-2017-5421-X-NC-EI, por tanto el presente informe sólo realiza el análisis de los datos del 2017, completando así un período de evaluación de la norma de dos años consecutivos, 2016-2017.

#### VALIDEZ DE LOS DATOS RED DE CONTROL

A continuación, la Figura 1(3-13) presenta el listado y ubicación de todas las estaciones que componen el programa de vigilancia ambiental de la norma, incluyendo tanto las estaciones de la red de control, como las correspondientes a la red de observación.

### FRECUENCIA DE MONITOREO RED DE CONTROL



Fuente: <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041408>

Figura 3-13. Representación de las áreas de vigilancia y estaciones monitoreadas

El artículo 11° de la norma secundaria de calidad indica que el PV deberá señalar al menos, y sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 6°, los parámetros que se medirán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades y las metodologías analíticas.

En función de lo anterior, el PV establece que se requiere hacer como mínimo dos campañas de monitoreo en el año, que permitan evaluar el comportamiento del Lago tanto en período de estratificación (verano) como en período de mezcla (invierno). En cada estación se debe levantar información sobre la columna de agua, por lo que se requiere la toma de muestras a distintas profundidades.

Con respecto a la frecuencia con que se realizaron los muestreos, se verificó que en las cuatro áreas de vigilancia se controlaron los parámetros Conductividad, pH; Oxígeno Disuelto; Sílice; DQO; Transparencia; Nitrógeno Total; Fósforo Total y Clorofila “a” dos veces durante el año 2017 (invierno y verano), y en todas las profundidades fijadas. Sólo el parámetro Turbiedad no se midió en todo el año en las cuatro áreas de vigilancia.

## RESULTADOS RED DE CONTROL, CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y CONCLUSIONES

De acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N°122/2009, se entenderá que las aguas cumplen con la NSCA establecida 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 Programa de Vigilancia, sea igual o menor a los límites (o rango) establecidos en la presente norma. Para el caso de Transparencia y Oxígeno Disuelto se utilizará el percentil 33.

De acuerdo a la norma, 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.

El periodo de evaluación de la norma en el presente informe, corresponde comprendido entre el día 1 de enero de 2016 y el día 31 de diciembre de 2017.

Cabe hacer mención que, en vista a las conclusiones de la revisión de validez para los datos según la sección 5 de este Informe, parte de la información levantada no cumple con los requisitos mínimos para definir su validez, y por ende, en tales casos el análisis del cumplimiento de la norma para el período 2016-2017 se realizó de manera exclusivamente referencial. De esta forma, la evaluación de cumplimiento de la norma será abordada como sigue:

- a) Parámetros analizables respecto a cumplimiento: DQO; Clorofila “a”; Sílice; Transparencia; Conductividad; pH y Oxígeno Disuelto en todas las áreas de vigilancia.
- b) Parámetros analizables de forma referencial: Fósforo Total y Nitrógeno Total en todas las estaciones.
- c) Parámetros sin mediciones: Turbiedad en toda el área de vigilancia.

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de los análisis de parámetros realizados en el periodo bienal 2016-2017, se puede establecer lo siguiente, en cada área de vigilancia:

Puerto Octay: De los parámetros validados para su evaluación según los criterios de frecuencia; tiempo de almacenamiento previo a su análisis y metodologías de muestreo y análisis, los parámetros DQO, pH y Sílice se encontraron dentro de los niveles fijados por la norma, en tanto que Conductividad; Oxígeno Disuelto, Transparencia y Clorofila “a”, se registraron en niveles dentro de la norma, pero cercanos a los de advertencia, es decir sobre

un 80% de lo normado para Conductividad y Clorofila “a” y bajo un 120% en Transparencia y ambos casos de Oxígeno Disuelto.

Del resto de los parámetros, que como ya se mencionó se evaluaron únicamente de manera referencial, se determinó que Nitrógeno Total se encontraron dentro de lo establecido en la norma, en tanto que Fósforo Total, presentó concentraciones dentro de los requerimientos normativos, pero los niveles medidos se encontraron sobre el 80% de su límite normativo correspondiente.

Ensenada: Los parámetros DQO, pH; Oxígeno Disuelto en concentración, Sílice y Clorofila “a” se determinaron dentro de los límites fijados en la norma, en tanto que Conductividad y Oxígeno Disuelto en porcentaje, pese a encontrarse dentro de la normativa, se registraron en niveles cercanos al límite respectivo, es decir, sobre el 80% para Conductividad y bajo el 120% en el caso del Oxígeno Disuelto. En contraste, Transparencia se midió por debajo del mínimo normativo, verificándose el incumplimiento de la norma.

De manera referencial el parámetro que se encontrarían dentro de la normativa, en el caso que los resultados determinados fueran válidos, sería el Nitrógeno Total. En contraste, las concentraciones de Fósforo Total, si bien se registraron bajo el límite normativo, sobrepasarían el 80% del valor normado.

Puerto Varas: De los parámetros efectivamente válidos, se determinó que DQO, pH, Sílice y Transparencia se midieron en niveles dentro de la normativa, según su percentil 33 y/o 66, según el caso. Por otra parte, Conductividad; Oxígeno Disuelto y Clorofila “a” se determinaron igualmente dentro de los valores normados, pero en niveles cercanos a los fijados como límite, sobre el 80% de lo normado en el caso de Conductividad y Clorofila “a” y bajo el 120% en ambas mediciones de Oxígeno Disuelto.

De los parámetros analizados referencialmente dada la invalidez de sus mediciones, se determinó que Nitrógeno Total se registró bajo el máximo normativo, pero que Fósforo Total excedió el valor normado.

Frutillar: De los parámetros válidamente medidos, los parámetros registrados dentro de lo normado fueron: DQO, pH y Sílice; en niveles dentro del rango exigido en el caso de pH y bajo el 80% en el caso de Sílice. Por su parte, pese a que Conductividad; Clorofila “a”, Oxígeno Disuelto y Transparencia también se registraron dentro de los límites normados, los respectivos percentiles se hallaron en niveles cercanos al límite, esto es sobre el 80% en el caso de Conductividad y Clorofila “a” y bajo el 120% en Transparencia y ambos casos de Oxígeno Disuelto.

Por otra parte, de los parámetros analizados referencialmente, Nitrógeno Total se registró bajo el 80% de lo normado, y por lo tanto cumple con la normativa, en tanto que el percentil 66 medido para Fósforo Total se registró por sobre el límite normativo, y con ello, incumpliendo la norma fijada en el área de vigilancia correspondiente.

La actividad de examen de la información realizada, consideró las campañas de monitoreo realizadas por la DGA y DIRECTEMAR durante los años 2016 y 2017, en el marco de la evaluación del cumplimiento normativo definido en el D.S. N°122, de 2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue y de la Res. Ex. N° 1207, de 2012, que Aprueba el Programa de Vigilancia de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas del Lago Llanquihue.

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

Para la Red de Control:

- i. **Áreas de monitoreo:** Las áreas de vigilancia monitoreadas correspondieron a aquellas definidas en la Res. Ex. N° 1207/2009 en concordancia a las áreas de vigilancia establecidas en el D.S. MINSEGPRES N°122/2009.
- ii. **Frecuencia de monitoreo:** Durante el período 2016 – 2017 se monitorearon la mayoría de los parámetros en todas las áreas faltantes. El único parámetro que no ha sido analizado en todo el periodo fue Turbiedad y por su parte, Nitrógeno Total que no fue cuantificado en una de las dos campañas del año 2016.
- iii. **Validez de los datos:** Por medio del análisis de muestreo, metodologías de análisis y de tiempo de almacenamiento, fue posible identificar que los parámetros que reunieron todas las condiciones óptimas para su análisis fueron aquellos medidos *in situ*: pH; Conductividad; Oxígeno Disuelto y Transparencia, y los medidos en laboratorio DQO, Clorofila “a” y Sílice. Del resto de parámetros, se determinó que la metodología usada no se correspondía con lo señalado en la norma o en el PV, en los casos de Fósforo Total y Nitrógeno Total.

- iv. **Evaluación de Cumplimiento:** Dado lo anterior, los parámetros que pudieron ser evaluados, fueron DQO, Conductividad; Clorofila “a”; pH; Oxígeno Disuelto; Sílice y Transparencia en todas las áreas de vigilancia, determinándose que el cumplimiento en todas las áreas en los parámetros DQO, pH y Sílice. El parámetro Transparencia estuvo por debajo del límite mínimo normativo correspondiente en Ensenada, mientras que presentó valores cercanos al límite en Puerto Octay y Frutillar , a la vez que Oxígeno Disuelto, según ambas mediciones (concentración y saturación) y Conductividad se hallaron en valores cercanos a los límites fijados en todas las áreas de vigilancia, en tanto que Clorofila se cuantificó también en niveles cercanos a los máximos normados en las áreas de Puerto Octay; Frutillar y Puerto Varas. Por otra parte, y pese a que tanto las frecuencias como la validez de los datos no eran las adecuadas, se efectuó un análisis referencial del cumplimiento de la normativa para los parámetros restantes, encontrándose que el Fósforo Total habría excedido las concentraciones máximas fijadas en Frutillar y Puerto Varas y habría alcanzado niveles cercanos a la excedencia en Puerto Octay y Ensenada.

Para la Red de Observación:

- i. **Áreas de monitoreo:** Las áreas de vigilancia monitoreadas correspondieron a aquellas definidas en la Res. Ex. N°1207/2009.
- ii. **Estaciones monitoreadas:** Durante ambos años en evaluación, se han controlado tres de las cuatro estaciones incorporadas en el Programa de Vigilancia: Estación de máxima profundidad en Ensenada (Zmáx); Río Maullín (LI-RM) y Río Pescado (LI-RP). El punto establecido en el estero Puma, no ha sido muestreado en ninguna ocasión producto de la dificultad logística que concita su muestreo, en su lugar, durante los años 2016 y 2017 se ha muestreado en Río Tepu (LI-RT) el cual es, igualmente, un afluente del lago Llanquihue.

- iii. **Frecuencia:** Durante el período 2016 – 2017 todas las estaciones fueron monitoreadas con una frecuencia igual a la fijada en el PV. El parámetro Turbiedad no ha sido analizado en todo el periodo.
  
- iv. **Validez de los datos:** Por medio del análisis de muestreo, metodologías de análisis y de tiempo de almacenamiento, fue posible identificar que los parámetros que reunieron todas las condiciones óptimas para su análisis fueron Transparencia, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, DQO, Clorofila “a”, Sílice; Nitrato, Fosfatos y Amoníaco. El resto de los parámetros se invalidaron por el tiempo de almacenamiento previo a su análisis, o bien porque la metodología usada no se correspondía con la señalada en la norma o PV” (31).

#### 3.2.10. “Informe técnico de antecedentes para declarar a la cuenca del Lago Villarica como zona saturada por clorofila “a” transparencia y fósforo disuelto

Para el caso de la cuenca del lago Villarica en la novena región de la Araucanía, en este estudio se le dará prioridad al informe técnico de antecedentes para declarar a la cuenca del lago Villarica como zona saturada por clorofila “a”, transparencia y fósforo disuelto. Este informe fue publicado el 6 de septiembre de 2017 por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la región de la Araucanía. En dicha fecha se empezaron a publicar archivos acerca del plan de descontaminación del lago y el 12 de noviembre de 2018 se dio inicio al proceso de elaboración del plan de descontaminación por clorofila “a”, transparencia y fósforo disuelto, para la cuenca del lago Villarica. El último archivo publicado fue el 1 de octubre de 2019 y aún sigue en estado de elaboración. En este estudio no se mostrará el D.S. 19/2013 MMA de Normas Secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del lago Villarica. Lo anterior debido a que el informe técnico de zona saturada detalla muchas partes del decreto y se realizó en respuesta a los resultados de los informes técnicos que se realizan anualmente para todas las NSCA vigentes.

## INTRODUCCIÓN

La ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente establece en su título II, los instrumentos de gestión ambiental, entre los cuales destacan las Normas de Calidad

ambiental, las Normas de emisión y los Planes de prevención y descontaminación, todos estos, dirigidos a la conservación del medio Ambiente o la preservación de la naturaleza.

En el décimo programa priorizado de normas plasmado en el acuerdo N°273 del Consejo Directivo de CONAMA en abril del año 2005, se establece que el Lago Villarrica es una prioridad para la elaboración de una norma de calidad en su cuerpo de agua. Estudios científicos y antecedentes generados para el Lago Villarrica por Campos et al., 1983; indicaban en esa fecha que su nivel trófico estaba aumentando de manera acelerada, pasando de un estado oligotrófico a un estado mesotrófico. Mediante Resolución Exenta N°3.325/2007, se da inicio a la Dictación de Norma Secundaria de Calidad Ambiental para proteger las aguas del Lago Villarrica.

La norma entró en vigencia en octubre del año 2013 (D.S. N°19/2013) y tiene por objetivo: "Proteger la calidad de las aguas del lago, de modo de prevenir un aumento acelerado de su estado trófico, provocado por la actividad antrópica dentro de su cuenca hidrográfica". En ella, se definen los niveles de calidad de siete parámetros: Transparencia, Fósforo Disuelto, Fósforo Total, Saturación de Oxígeno, Nitrógeno Disuelto, Nitrógeno Total y Clorofila "a". También, se define el estado del indicador "trofia deseada" el cual se obtiene en base a cálculos realizados sobre base a los parámetros indicados previamente.

El procedimiento y metodología relacionados con el monitoreo, tales como la frecuencia de monitoreo, metodologías de muestreo, metodología de análisis y control de la norma, se encuentran descritos en Programa de Medición y Control de Calidad Ambiental (PMCCA), elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), dictado mediante Resolución Exenta N°671, de fecha 21 de julio del año 2016, en coordinación con la Dirección General de Aguas (DGA) y la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (IDIRECTEMAR). El PMCCA, establece los parámetros y áreas de vigilancia detallados en el D.S. N°19/2013, que corresponden a la Red de Control. Además, este programa detalla aquellos procedimientos referidos a otros parámetros y estaciones de vigilancia que no están especificadas en la norma, pero que tienen por finalidad ampliar la información existente en la determinación de la calidad del agua. Estos parámetros y estaciones, corresponden a la Red de Observación. De modo general, en este programa se establece el desarrollo de dos campañas de monitoreo en el año, una en primavera y otra en verano. Actualmente, las campañas de monitoreo de primavera se realizan cada año entre octubre y noviembre, mientras que la campaña de verano se lleva a cabo entre enero y febrero.

Transcurridos tres años desde la entrada en vigencia de la norma secundaria, y según los Informes Técnicos de Cumplimiento de la Superintendencia del Medio Ambiente que se encuentran asociados a los expedientes DFZ-2016-4695-IX-NC-EI y DFZ-2017-5420-IX-NC-EI (ver Anexos 2 y 3) del Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental

(SMA, 2017a,b), se evidenció la superación de la norma para los valores máximos del parámetro Clorofila "a" en todas las áreas de vigilancia monitoreadas, en los periodos 2014-2015 y 2015-2016. En este mismo período, se evidenció la superación del promedio bianual para este parámetro en todas las áreas de vigilancia. Junto a lo anterior, el parámetro Transparencia registró niveles de saturación en su valor promedio bianual en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 para el área de vigilancia Pelagial (centro del lago), encontrándose en niveles de latencia para las 5 estaciones litorales en el período de 2014-2015. En el período de 2015-2016, el promedio bianual de Transparencia se encontró en un nivel de latencia para las estaciones Litoral Villarrica (LIT-VILL), Litoral Sur (LITSU) y Litoral Poza (LIT-PO), mientras que las estaciones LIT-PU y LIT-NO, registraron cumplimiento normativo. Los valores mínimos de Transparencia para el período 2014-2015, se encontraron en niveles de latencia para el área PEL-CE y LIT-PU, mientras que en el período 2015-2016 los valores cumplen con la normativa. Finalmente, en el período 2015-2016, se registró saturación por los valores máximos de Fósforo Disuelto en todas las áreas de vigilancia, a excepción de Litoral Pucón (LIT-PU) y Litoral Norte CLIT-NO), donde se registraron solo niveles de latencia. Asimismo, el promedio bianual de este período, para este parámetro se encontró en niveles de latencia en las áreas PEL-CE, LIT-VILL y LIT-PO. Dado lo anterior, de acuerdo a la definición de Zona Saturada establecida en la letra u del Artículo 2' de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, considerando los criterios de superación indicados en la NSCA del Lago Villarrica (D.S. 19/2013) y lo señalado en el inciso final del artículo 43 de la Ley 19.300 antes señalada, corresponde declarar Zona Saturada la subcuenca del Lago Villarrica por la superación de los parámetros Transparencia, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto, lo cual se fundamenta en el presente informe.

Niveles normados y condiciones de superación de la Norma Secundaria de calidad ambiental (D.S. N°19/2013):

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 5° del D.S. N°19/2013, en la Tabla 1 (Tabla 3-8) se definen los niveles de calidad de cada parámetro en cada una de las áreas de vigilancia, con el fin de dar cumplimiento con el objetivo de la normativa, el cual consiste en la protección de la calidad de las aguas y el mantenimiento del estado trófico del Lago Villarrica

PARAMETRO	UNIDAD	CRITERIO	ÁREA DE VIGILANCIA					
			PEL	LIT-Poza	LIT-Pucón	LIT-Norte	LIT-Villarrica	LIT-Sur
Trofia deseada			Oligotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico	Oligomesotrófico
Transparencia (Secchi)	M	Promedio anual	≥ 9	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7	≥ 7
		Mínimo	≥ 5	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Fósforo (P) disuelto	mg P/l	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Fósforo (P) total	mg P/l	Promedio anual	≤ 0,010	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,015
		Máximo	≤ 0,015	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,025
Saturación Oxígeno	%	Mínimo	≥ 80	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70	≥ 70
Nitrógeno (N) disuelto	mg N/l	Promedio anual	< 0,10	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,15	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Nitrógeno (N) total	mg N/l	Promedio anual	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15	≤ 0,15
		Máximo	≤ 0,20	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Clorofila "a"	µg/l	Promedio anual	≤ 3	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
		Máximo	≤ 6	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10

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

Fuente: [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/2.\\_Informe\\_Tecnico\\_declaratoria\\_y\\_Anexos.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/2._Informe_Tecnico_declaratoria_y_Anexos.pdf)

Tabla 3-8. Niveles de Calidad por Áreas de Vigilancia en el lago Villarrica

Condiciones de Superación de la Norma y Criterios para el Análisis de Datos:

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N° 19/2013, se entenderán sobrepasadas las NSCA establecidas, cuando:

- El promedio aritmético de los valores de las muestras analizadas para un parámetro o el valor máximo permitido, considerando un período de dos años consecutivos, y según la frecuencia mínima y profundidades de medición establecida en el PMCCA, sea mayor a los límites establecidos en el Artículo 5° (Tabla 3-8).
- La excepción son los parámetros Saturación de Oxígeno y Transparencia, para los cuales se entenderán sobrepasadas las NSCA, cuando el promedio aritmético de los valores de las muestras analizadas o el valor mínimo permitido, considerando un período de dos años consecutivos, según la frecuencia mínima y las profundidades establecidas en el (PMCCA) sea menor a los límites establecidos en las presentes normas, o cuando para el área Pelagial (Centro del lago) la Saturación de Oxígeno sobre el fondo sea menor que 50% durante un año.

- Adicionalmente, las NSCA se entenderán sobrepasadas, cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del promedio anual de Clorofila "a" y dos o más del resto de los parámetros normados en el artículo 5', y/o cuando durante tres años consecutivos o tres veces durante cinco años se sobrepasen los límites del valor máximo de Clorofila "a" y tres o más del resto de los parámetros normados en dicho artículo. Dado que a la fecha sólo se cuenta con información válida de dos parámetros medidos durante tres años, no se cuenta con la evaluación del cumplimiento de este inciso.

Criterios para el análisis de datos reportados para el cumplimiento normativo:

Junto a lo anterior, el párrafo 4° Art. Primero de la R.E. N°671 de la Superintendencia del Medio Ambiente (PMCCA Lago Villarrica), señala que la evaluación del cumplimiento de la normativa deberá considerar los siguientes criterios para analizar y validar los datos reportados:

- Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará que el resultado corresponde a un valor no válido para efectos de la evaluación de cumplimiento.
  - Si LD  $<$  al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido para efectos de la evaluación de cumplimiento y que el resultado es igual al LD.
- Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:
  - Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.
  - El dato será válido sí y sólo sí, la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.
- Sólo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la frecuencia anual y profundidades de medición establecidas en el programa de medición y control de la calidad ambiental de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica. Se exceptúan de lo anterior, aquellos casos donde las muestras o campañas que hayan sido calificadas fundadamente como no representativas por la Dirección General de Aguas, en los términos establecidos en el artículo 8' del D.S. N°19, de 2013 del Ministerio del Medio Ambiente.

- Para el parámetro Saturación de Oxígeno del área pelagial en el fondo, sólo serán válidos los datos que correspondan a mediciones puntuales realizadas en el fondo del lago, esto es, en el rango de profundidad superior a 85 metros.

## DELIMITACIÓN DEL ÁREA A DECLARAR COMO ZONA SATURADA

El agua y los nutrientes que entran a un lago pueden provenir desde la atmósfera y desde la cuenca. De acuerdo al estudio de la UACH (2008) sólo el 6% de los nutrientes que ingresan al Lago Villarrica son aportados por las precipitaciones, mientras que el resto provienen desde su cuenca hidrográfica. Las estimaciones de nutrientes, indican que la suma de todos los aportes al lago desde las sub-cuencas, superan la capacidad de carga crítica del lago, lo que refuerza la propuesta sobre delimitar la zona saturada a la cuenca total del lago, incluyendo sus riberas y afluentes.

La efectividad que tendría un plan de descontaminación en la subcuenca del Lago Villarrica se ha evaluado a través de simulaciones de distintos escenarios. El estudio de la UCT (2012) muestra que, al simular un escenario desfavorable en relación con las distintas contribuciones de fuentes contaminantes difusas en la cuenca, se ocasionaría un incremento en el aporte de nutrientes al lago. Por el contrario, escenarios favorables que implican reducciones de nutrientes en la cuenca, generarían una disminución en los nutrientes medidos en el lago. Esto viene a corroborar lo planteado anteriormente, dicho de otra forma: Existe una relación directa entre aumentos de nutrientes en la cuenca y aumentos de nutrientes en el lago.

Los estudios de la UACH (2008), UCT (2012) y MMA-AGNES (2011), han estimado la carga de nutrientes y han establecido aportes con estimaciones similares entre sí, identificando fuentes puntuales y difusas en la cuenca del Lago Villarrica. Algunas presiones ambientales en la zona litoral del lago están asociadas con actividades económicas como la acuicultura, agricultura, pastoreo, actividad forestal, residuos industriales líquidos y aguas servidas domésticas tratadas y crudas. Por lo tanto, la eutrofización del lago no se generaría solo desde la directa explotación de su recurso hídrico, sino a partir de las actividades antrópicas que se realizan y localizan en su cuenca.

Las actividades económicas y productivas en la subcuenca del Lago Villarrica dependen en gran medida de la cantidad y calidad de sus aguas. Entre estas actividades se destacan:

- Turismo
- Pisciculturas
- Silvoagropecuarias

## CONCLUSIONES INFORME:

- Elevados niveles de Clorofila "a", tales como los constatados en la superación de la normativa secundaria son indicadores del aumento de la trofia del Lago Villarrica. Estos niveles de nutrientes son generados principalmente de manera alóctona, es decir, por el excesivo ingreso de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) desde las subcuencas hidrográficas aportantes al lago.
- Los estudios realizados a la fecha, demuestran que actualmente la capacidad de carga crítica anual del Lago Villarrica se encuentra superada entre 2,0 y 3,4 veces para Nitrógeno y entre 1,3 y 2,2 veces para Fósforo, lo que sustenta la idea de aplicar acciones y medidas en toda la subcuenca total del lago, incluyendo sus riberas y afluentes. Esto también soporta la definición del área geográfica a declarar como Zona Saturada.
- Estudios elaborados por UACH (2008); MMA-AGIES (2011) y UCT (2012) para el Lago Villarrica, han evidenciado que los principales aportes de nutrientes al lago provienen de las descargas de residuos líquidos tratados o semitratados de las pisciculturas, la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Pucón, las descargas de aguas servidas crudas de Curarrehue al Río Trancura, los pozos y fosas sépticas ubicados en el borde del lago y en las riberas de sus afluentes, y el arrastre de nutrientes por escorrentía provenientes de praderas agrícolas sobre-fertilizadas. Estos antecedentes, permiten justificar la subcuenca del lago, como área geográfica a declarar como Zona Saturada para la elaboración de un plan de descontaminación, que apunte a establecer acciones y medidas sobre las principales fuentes aportantes de nutrientes y permita alcanzar los niveles normados para Clorofila "a", Transparencia y Fósforo Disuelto.
- Culminado el análisis del período de fiscalización de la NSCA del Lago Villarrica (D.S. N°19/2013) por parte de la SMA entre los períodos 2014-2015 y 2015-2016, se determinó que los valores máximos y promedio bi-anual para el parámetro Clorofila "a" en la totalidad de las áreas de vigilancia monitoreadas de acuerdo al PMCCA de la Norma, se encontraron en niveles de saturación. Junto a lo anterior, la Transparencia registró niveles de saturación en su valor promedio bianual en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 para el área de vigilancia Pelagial (centro del lago), encontrándose en niveles de latencia para las 5 estaciones litorales en el período de 2014-2015.
- Finalmente, el parámetro Fósforo Disuelto en el último período evaluado (2015-2016) registra un nivel de saturación de la norma en todas las estaciones, con excepción de Litoral Pucón y Litoral Norte, las cuales presentaron niveles de latencia. Por tanto, de acuerdo con la definición de Zona Saturada establecida en la letra u del Artículo 2° de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, considerando los criterios

de superación indicados en la NSCA del Lago Villarrica (D.S. 19/2013) y lo señalado en el inciso final del artículo 43 de la Ley 19.300 antes señalada, corresponde declarar Zona Saturada la subcuenca del Lago Villarrica por la superación de los parámetros Transparencia, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto” (32).

3.2.11. “Informe final análisis y evaluación de medidas de reducción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) para incorporar al plan de descontaminación del Lago Villarrica (Universidad de la Frontera)

#### OBJETIVO GENERAL

Identificar, analizar y evaluar un conjunto de medidas para lograr la reducción de cargas de Nitrógeno y Fósforo proveniente de las principales fuentes aportantes en cuenca del Lago Villarrica, definiendo las potenciales reducciones de cargas y su eficiencia, con el fin de contribuir a la elaboración del Anteproyecto del Plan de Descontaminación del Lago Villarrica.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medición de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) en cauces aportantes al Lago Villarrica.
2. Identificación y análisis de propuestas de medidas para reducir la carga de nutrientes provenientes de fuentes puntuales y difusas identificadas en la investigación.
3. Evaluación, mediante modelos de transporte, de un conjunto de medidas para reducirla carga de nutrientes proveniente de los principales cauces aportantes al Lago Villarrica.

#### CONCLUSIONES GENERALES

1. Respecto a la medición de nutrientes (Nitrógeno y fósforo) en cauces aportantes al Lago Villarrica. De forma general se observaron variaciones importantes en las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo en las condiciones de borde utilizadas para la estimación y modelación de aportes desde fuentes puntuales y difusas en la cuenca. Por lo tanto, se sugiere aumentar el número de muestreos tanto en la cantidad como en su periodicidad de forma sostenida en el tiempo; se aconseja realizar dos muestreos mensuales por un periodo de al menos un año completo para conocer las variaciones estacionales y su relación con las emisiones desde fuentes puntuales y difusas.

2. Respecto a la concentración de Fósforo Total, en los puntos de control, este no mostró mayor variación durante el año, no así para el Nitrógeno total, el cual muestra variaciones importantes en el Río Trancura en sus dos puntos de control (M5 y M6). Por lo tanto, se sugiere aumentar el número de muestreos tanto en la cantidad como en su periodicidad.
3. Respecto a la identificación y análisis de propuestas de medidas para reducir la carga de nutrientes provenientes de fuentes puntuales y difusas fue posible analizar 13 estudios realizados en la cuenca del Lago Villarrica (desde el año 1999 al año 2018). De ellos se desprendieron alrededor de 88 medidas, las cuales fueron ordenadas y sistematizadas, para luego ser evaluadas en 2 talleres ampliados a servicios públicos, empresas presentes en la cuenca y a la comunidad. De ello es posible concluir lo siguiente:
  - Respecto de las medidas de Gestión, es necesaria la implementación de un PDA para el Lago Villarrica, el cual considere: monitoreo constante, normas de emisión asociadas a límites de cargas de contaminantes anuales en todos los enteros y ríos de la cuenca, control de remoción de áridos en los afluentes aportantes, mejora de estándares de construcción en la ribera del Lago y regulación en el uso de lanchas y botes. Además de mejorar el sistema de monitoreo actual, considerando parámetros orgánicos, que implique mayor periodicidad de recolección de información, y que se encuentre asociada a una base de datos online y de acceso público. Finalmente, es necesaria la creación de instrumentos económicos para el incentivo de las mejoras implementadas en el PDA que incluyan impuestos verdes, programas para la gestión ambiental municipal, sellos ambientales con apoyo internacional, fomento de buenas prácticas agrícolas y subsidios para la mejora productiva sustentable.
  - En cuanto a fuentes puntuales, se propone establecer menores límites de detección de reportes de pisciculturas, generando, además, límites menores de carga de nutrientes diarios/mensuales de sus efluentes. Considerar aumento en el valor de las multas y mayor inversión en fiscalización estatal, y finalmente la implementación de mejoras a las PTAS existentes e instalación de PTAS en urbes que no la poseen.
  - Respecto de las fuentes difusas, se propone el desarrollar un sistema de remoción de nutrientes hacia la zona pelagial del Lago Villarrica, el cual sea monitoreado y utilizado como bioindicador de la salud de este acuífero.
  - Respecto a medidas que pudieran ser evaluadas en este estudio mediante modelaciones matemáticas con WASP o N-SPECT, no fue posible establecer medidas concretas que implicaran algún tipo de intervención cuantificada sobre alguna de las diferentes fuentes de emisión establecidas en las mesas de

trabajo, por lo cual no fue posible cumplir con este punto de la metodología. Se sugiere incluir este aspecto en un futuro estudio, identificando medidas de reducción concretas que permitan evaluar su efecto en la carga de nutrientes de los ríos y esteros.

4. Respecto de la evaluación, mediante modelos de transporte, y considerando los escenarios 1 (valores bajo el Límite de Detección = 0) y escenario 2 (valores bajo el Límite de Detección = 50%), de un conjunto de medidas para reducir la carga de nutrientes proveniente de los principales cauces aportantes al Lago Villarrica, fue posible determinar que:
  - El aporte de Fósforo a la cuenca proviene en un 83.5-85.7% desde fuentes difusas, por lo tanto, es importante evaluar escenarios de control y reducción que ayuden a la mitigación de este aporte hacia el lago manejando los usos de suelo.
  - Que, del aporte de Nitrógeno, éste es aportado en un 35.1-36.2% por fuentes puntuales y 63.8-64.9% por fuentes difusas.
  - Que, respecto al aporte por ríos y enteros, es el Río Trancura es el que mayor cantidad de nutrientes aporta. Fósforo Total: con 232.25-246.74 ton/año de un total aportado al lago de 246.38-263.45 ton/año, y Nitrógeno Total: con 1292.-1320.73 ton/año de un total aportado al lago de 1424.27-1464.67 ton/año.
  - Que, respecto de las principales fuentes puntuales aportantes, las Aguas Servidas de Curarrehue aportan significativamente a la carga que llega al lago desde el Río Trancura, de igual manera las pisciculturas Catripulli, Curarrehue, Caburgua 11, Molco y Loncotrarro son fuentes importantes de Nitrógeno y Fósforo Total, por lo que se sugiere poner atención a los procesos de cada planta, con la intención de buscar fórmulas de optimización en el tratamiento de sus efluentes.
5. Respecto a las cargas por tipo de uso de suelo, el mayor aporte de Nitrógeno provendría de la cobertura Pradera (37.5%), seguida de Renoval (31.2%) y Matorral (23.2%), y el Fósforo provendría principalmente de las coberturas Renoval (31.1%), Matorral (24.0%), "Pradera" (22.65%) y Plantaciones Exóticas (14.4%).
6. Respecto del levantamiento de información realizado por la Mesa Técnica organizada por el Ministerio de Medio Ambiente:
  - Fue posible obtener datos relevantes de fuentes difusas como Viviendas sin alcantarillado (Villarrica y Pucón), Viviendas rurales, Fosas, hoteles y condominios bordelago (ribera sur) y Termas. Esta información fue sumada a lo calculado por N-SPECT, lo que permitió acortar la brecha existente entre los valores difusos reportados por WASP y lo calculado por N-SPECT.

7. Respecto de la aplicación de Agroquímicos, fue posible identificar las zonas y la cantidad de agroquímicos fosfatados y nitrogenados que se aplican en la cuenca, pero no fue posible establecer un método convincente para este estudio que representara de mejor manera el transporte de excedentes de estos agroquímicos hasta un cuerpo de agua que conectara al Lago Villarrica, por lo que se sugiere incluir este cálculo en un próximo estudio en la zona.
8. Finalmente se concluye que es necesario realizar un trabajo de evaluación de escenarios de contaminación y determinación de los límites de carga máxima de nutrientes que cada río y entero estudiado sería capaz de soportar, lo cual permitiría el establecimiento de normas de regulación para cada una de las fuentes estudiadas” (33).

### **3.3. COMENTARIOS FINALES DEL CAPÍTULO**

Con respecto al funcionamiento técnico, administrativo y normativo de la empresa Ecoprojects y los organismos del estado competentes, se puede apreciar anteriormente que ambas entidades miden, tratan y previenen la eutrofización de maneras extremadamente diferentes. Ambas entidades carecen de aspectos relevantes para dar respuesta al riesgo de eutrofización de manera eficaz y eficiente, pero también cuentan con aspectos muy útiles, confiables y efectivos.

En el siguiente capítulo se realizará el análisis comparativo del funcionamiento técnico, administrativo y normativo de Ecoprojects y organismos del estado con respecto a la prevención, medición y tratamiento de la eutrofización en cuerpos de agua de Chile.

**CAPÍTULO 4: ANÁLISIS COMPARATIVO Y RECOMENDACIONES SOBRE  
FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE  
ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS  
S.P.A. CON RESPECTO A LA MEDICIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA  
EUTROFIZACIÓN**

#### **4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y RECOMENDACIONES SOBRE FUNCIONAMIENTO TÉCNICO, ADMINISTRATIVO Y NORMATIVO DE ORGANISMOS DEL ESTADO COMPETENTES Y EMPRESA ECOPROJECTS S.P.A. CON RESPECTO A LA MEDICIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA EUTROFIZACIÓN**

El presente capítulo es un estudio o análisis comparativo y se dividirá en tres grandes partes. Estas partes son: análisis comparativo normativo, análisis comparativo técnico y análisis comparativo administrativo. El objetivo del análisis normativo es determinar qué entidad (pública o privada) es más eficaz y eficiente en cumplimiento normativo relativo a controlar, medir y prevenir eutrofización. El objetivo del análisis técnico es igualmente determinar qué entidad es más eficaz y eficiente en dar respuesta al riesgo de eutrofización con medidas técnicas. El objetivo del análisis administrativo es definir cuál entidad es más efectiva aspectos administrativos con respecto a la gestión de la eutrofización. En todos los análisis se busca incluir aspectos positivos y negativos de ambas gestiones. Al final del estudio comparativo se darán recomendaciones considerando lo positivo y negativo de ambas estrategias y gestiones.

##### **4.1. ANÁLISIS COMPARATIVO NORMATIVO**

###### **4.1.1. Ecoprojects**

Ecoprojects S.p.A. al ser una empresa privada lo que puede hacer es cumplir con normativas del estado a través de sus actividades y estrategias. Para el control, medición y prevención de la eutrofización, su estrategia es vender equipos de ultrasonido certificados y pertenecientes a la empresa holandesa LG Sonic. A diferencia del estado de Chile que crea normativas para que sean fiscalizadas periódicamente por la Superintendencia de Medio Ambiente con ayuda de Dirección General de Aguas, SEREMIS de Medio Ambiente, **entre otros**.

Los equipos de ultrasonido que han sido o son comercializados por la empresa Ecoprojects S.p.A. no requieren del uso de químicos para tratar el agua turbia con algas verdes y verdeazules (cianobacterias). Los aditivos químicos que generalmente se pueden usar para tratar el agua son: alumbre (sulfato de aluminio y sulfato de otro elemento), sulfato de cobre, quelato de cobre, **entre otros**. Por lo tanto, Ecoprojects al evitar el uso de estos químicos se asegura de cumplir con la Norma Chilena Oficial 1333/78 o NCh1333 Of. 78. en sus requisitos de calidad del agua para estética o usos estéticos.

Estos tres siguientes requisitos está cumpliendo y evitando Ecoprojects al vender equipos de ultrasonido en vez de promover la utilización de químicos al agua.

- a) “materias que sedimenten formando depósitos objetables.
- b) materias, incluyendo radionucleidos, en concentraciones o combinaciones que sean tóxicas o que produzcan reacciones fisiológicas indeseables en seres humanos, peces, otros animales y plantas.
- c) sustancias y condiciones o combinaciones de estas, en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable” (24).

Con respecto al requisito A), este se cumple debido a que se evita el uso de alumbre como sustancia floculante que se une o enlaza a las partículas de fósforo u otros sólidos en suspensión para finalmente provocar su precipitación y formar sedimentos al fondo del cuerpo de agua.

Con respecto a los requisitos B) y C), este se cumple debido a que se evita el uso de sulfato de cobre y cobre quelado como alguicida/herbicida. En cualquier forma, el cobre se une con las proteínas de las plantas y las algas, lo que hace que sus células pierdan su contenido y resulta en la muerte del organismo. Las concentraciones de cobre en las alguicidas y herbicidas también inhiben la fotosíntesis. Las alguicidas y herbicidas de cobre siguen activos por un período entre horas y días después de la aplicación. Si se utilizaran estos alguicidas no se cumplirían los requisitos B) y C) debido a que ambos químicos producen lo siguiente:

- a) “Pueden matar las bacterias, los caracoles, y los peces beneficiosos.
- b) Pueden resultar en un nivel de OD (oxígeno disuelto) peligrosamente bajo.
- c) No selectivos: fomentan el crecimiento de especies más resistentes (Lyngbya, *Ossillatoria*, entre otros). Estas últimas son cianobacterias.
- d) Pueden resultar en una acumulación de cobre y la falta de vida al fondo del lago.

También, el sulfato de cobre es un residuo peligroso y cuesta mucho removerlo” (34). Es por esto que se cumple la normativa debido a que el ultrasonido no genera residuos, no requiere de químicos ni es dañino para peces, plantas y otras especies acuáticas. Los equipos de Ecoprojects han dejado en óptimas condiciones los cuerpos de agua en que están instalados y han eliminado hasta el 90% de las algas existentes. Así cumplen con los requisitos de calidad del agua de la NCh 1333/78 con respecto a agua destinada a estética y recreación sin contacto directo. Con respecto a los requisitos para agua destinada a consumo humano, la NCh 1333 indica que esta agua debe cumplir con la norma NCh 409 Of. 2005.

La Norma Chilena Oficial 409 establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional. Ecoprojects vendió un equipo MPC-Buoy a Aguas Andinas S.A. en noviembre de 2015. Este equipo se instaló en el embalse la Dehesa que almacena agua cruda para el tratamiento y producción de agua potable de Aguas Andinas. Desde ese entonces que se ha visto una disminución significativa en la concentración de algas tipo cianobacterias. Por lo tanto, Ecoprojects cumple con la NCh 409 en los criterios para parámetros de turbiedad. También, ayuda a cumplir los criterios para elementos o sustancias químicas de importancia para la salud (35). “Los elementos nitrato y nitrito pueden verse reducidos gracias al ultrasonido debido a que hay estudios que fueron realizados sobre los procesos de muerte y descomposición de las cianobacterias y estos han mostrado que estas producen un elevado número de partículas o coloides en su proceso de descomposición que tienen una gran capacidad de absorción de nutrientes. Así pues, la reducción de las concentraciones de nitrógeno y fósforo se vería justificada por los procesos de descomposición de las cianobacterias” (36). Es importante recalcar que los equipos de ultrasonido solamente ayudan a cumplir la norma 409 porque actúan directo en el cuerpo de agua y cumplen parámetros para evitar eutrofización. Luego, la planta de tratamiento utiliza el agua del embalse para tratarla y así hacerla potable. Lo mismo aplica para los “requisitos de calidad para parámetros organolépticos, específicamente los parámetros físicos color verdadero, olor y sabor” (35). Gracias a el MPC-Buoy, Aguas Andinas ha podido bajar de manera importante el uso de Carbón Activado en Polvo (CAP) en el tratamiento de la planta que usa el agua de este embalse.

El MPC-Buoy vendido a Aguas Andinas S.A. también ha ayudado a cumplir el D.S. 735/1969 MINSAL: Reglamento de los Servicios de Agua, Destinados al Consumo Humano. Se ayuda a cumplir por ejemplo el artículo 1° que dice lo siguiente: “Todo servicio de agua potable deberá proporcionar agua de buena calidad en cantidad suficiente para abastecer satisfactoriamente a la población que le corresponde atender, debiendo además, asegurar la continuidad del suministro contra interrupciones ocasionadas por fallas de sus instalaciones o de su explotación.

También se ayuda a cumplir el artículo 9°: Sin perjuicio de lo señalado en los artículos anteriores, las aguas que se empleen en la explotación de servicios de agua potable no deberán contener sustancias tóxicas o dañinas ni organismos que no puedan ser eliminados por un tratamiento y, además, estar libres de organismos microscópicos o sustancias que puedan causar perturbaciones en la normal operación y eficiencia de los procesos de tratamiento.

Para la determinación de las condiciones señaladas en el inciso anterior, el agua antes de ser tratada debe ser sometida a los análisis que ordene la Secretaría Regional Ministerial de Salud” (17).

#### 4.1.2. Organismos Estatales

Por su parte, el Estado de Chile a través de sus organismos competentes, crea y genera las diversas leyes, decretos supremos, normas, **entre otros**. Que rigen al país en temas medioambientales. Las Normas Secundarias de Calidad Ambiental referidas a cuerpos de agua, pertenecen al Ministerio del Medio Ambiente y el “objetivo de las mismas es conservar o preservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos a través de la mantención o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca” (20). La Ley 19.300 de MINSEGPRES sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en su artículo 32° señala que: “[...] Mediante decreto supremo que llevará las firmas del Ministro del Medio Ambiente y del ministro competente según la materia de que se trate, se promulgarán las normas secundarias de calidad ambiental. Toda norma de calidad ambiental será revisada por el Ministerio del Medio Ambiente a lo menos cada cinco años, aplicando el mismo procedimiento antes señalado.

La coordinación del proceso de generación de las normas de calidad ambiental, y la determinación de los programas y plazos de cumplimiento de las mismas, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente” (16).

Por su parte, la SMA realiza anualmente un informe técnico de cumplimiento de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas. La DGA colabora con la entrega de información y datos.

A diferencia de Ecoprojects que comercializa equipos que cumplen con parámetros de calidad para así cumplir con las normativas que aplican, el Estado genera normativas para luego vigilar su cumplimiento de manera periódica. Actualmente existen cinco NSCA vigentes para cuerpos de agua y todas tienen una estructura más o menos similar. La estructura que se seleccionó como relevante fue: Objetivo y ámbito de aplicación, niveles de calidad ambiental por área de vigilancia, cumplimiento y excedencias, Fiscalización, programa de vigilancia e informe de calidad.

El Informe técnico de cumplimiento de NSCA cuenca río Biobío estableció que entre el otoño de 2016 y el verano 2018 “respecto de los parámetros evaluables de acuerdo a las especificaciones técnicas de muestreo, análisis y evaluación de cumplimiento normativo, se establece que el único parámetro que presenta cumplimiento en todas las áreas de vigilancia, es el Aluminio y el índice de Fenol, mientras que el resto de los parámetros presentan incumplimiento normativo, sobresaliendo en esta evaluación los parámetros Nitritos y Nitrógeno Total” (28). Otros incumplimientos son amonio, fósforo total, ortofosfato, oxígeno disuelto, DBO, **entre otros**. Los parámetros destacados son de importancia para la eutrofización (28).

El Informe técnico de cumplimiento de NSCA cuenca río Maipo dice que “Se establece la realización del análisis de cumplimiento normativo en todas las áreas de vigilancia de la norma respecto de los 12 parámetros normados: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno disuelto, Cloruros, Cromo Total, Zinc disuelto, Nitratos y Ortofosfatos. Para los parámetros Sulfatos, Níquel disuelto, Plomo disuelto, y DBO5 sólo se cuenta con una evaluación referencial debido a la falta de datos para emitir un pronunciamiento. Cabe mencionar que debido a la falta de información, se realiza evaluación referencial para todos los parámetros del área de vigilancia Estero Puangue 1 (PU-1).

En resumen, de evaluación de cumplimiento de los datos válidos se obtienen los siguientes incumplimientos a la norma: La cuenca del Río Mapocho es la que presenta más variación de incumplimientos, considerando superación normativa de Oxígeno disuelto y Nitratos. Además, se presentan incumplimientos por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma, según se indica: Sulfatos, Nitratos y Oxígeno disuelto.

En la cuenca del Estero Lampa se verifica incumplimiento a causa de Oxígeno disuelto. En la cuenca del Estero Puangue se verifica incumplimiento por Nitratos. Además, se presentan incumplimientos por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma, según se indica: Oxígeno disuelto y Sulfatos. En la cuenca del Río Angostura se verifica incumplimiento por Nitratos” (29). También, hay otros parámetros con incumplimiento que no se mencionaron en este análisis debido a que no son de relevancia para la eutrofización. Existen varios otros parámetros que si cumplen la NSCA.

El Informe técnico de cumplimiento de NSCA cuenca río Serrano estableció que “de los parámetros considerados como válidos para su análisis, de acuerdo a frecuencias y metodologías de muestreo y preservación, se determinó que sólo el parámetro Sulfato en las estaciones PA-10 en el río Paine; SE-20 en el río Serrano y GR-10 en el río Grey sobrepasó el máximo normativo.

No se cuenta en ninguno de los casos con mediciones de los parámetros, Fosfato y Nitratos para las estaciones en que fueron incorporados en el Programa de Vigilancia” (30). Se han seleccionado los resultados de los parámetros relevantes para la eutrofización.

“Frecuencia de monitoreo: Se constató que el monitoreo de la Red de Observación se realizó en su totalidad durante el período evaluado, pero en ninguno de los casos se reportó resultados analíticos para los parámetros Nitrato y Fosfato” (30).

El Informe técnico de cumplimiento de NSCA lago Llanquihue estableció que “se identificó que las frecuencias del muestreo fueron las necesarias para la mayoría de parámetros en todas las áreas de vigilancia, siendo la única excepción el parámetro Turbiedad, que no fue medida en ninguna oportunidad, y Nitrógeno Total en una de las dos campañas del año 2016. En cuanto a la validez de los datos, se determinó que los parámetros que reunieron todas las

condiciones óptimas para su medición fueron pH; Conductividad; Oxígeno Disuelto y Transparencia, y los analizados en laboratorio DQO, Clorofila “a” y Sílice. Del resto de parámetros, se determinó que la metodología usada no se correspondía con lo señalado en la norma o en el Programa de Vigilancia, como en los casos de Fósforo Total y Nitrógeno Total. Así, de los parámetros válidos evaluados, se determinó el cumplimiento en todas las áreas en los parámetros DQO, pH y Sílice. El parámetro Transparencia estuvo por debajo del límite mínimo normativo correspondiente en Ensenada, mientras que presentó valores cercanos al límite en Puerto Octay y Frutillar, a la vez que Oxígeno Disuelto, según ambas mediciones (concentración y saturación) y Conductividad se hallaron en valores cercanos a los límites fijados en todas las áreas de vigilancia, en tanto que Clorofila se cuantificó también en niveles cercanos a los máximos normados en las áreas de Puerto Octay; Frutillar y Puerto Varas. Por otra parte, y pese a que tanto las frecuencias como la validez de los datos no eran las adecuadas, se efectuó un análisis referencial del cumplimiento de la normativa para los parámetros restantes, encontrándose que el Fósforo Total habría excedido las concentraciones máximas fijadas en Frutillar y Puerto Varas y habría alcanzado niveles cercanos a la excedencia en Puerto Octay y Ensenada” (31).

Según el “Informe técnico de antecedentes para declarar a la cuenca del lago Villarrica como zona saturada por clorofila “a”, transparencia y fósforo disuelto, elevados niveles de Clorofila "a", tales como los constatados en la superación de la normativa secundaria son indicadores del aumento de la trofia del Lago Villarrica. Estos niveles de nutrientes son generados principalmente de manera alóctona, es decir, por el excesivo ingreso de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) desde la subcuencas hidrográficas aportantes al lago.

Culminado el análisis del período de fiscalización de la NSCA del Lago Villarrica (D.S. N°19/2013) por parte de la SMA entre los períodos 2014-2015 y 2015-2016, se determinó que los valores máximos y promedio bi anual para el parámetro Clorofila "a" en la totalidad de las áreas de vigilancia monitoreadas de acuerdo al PMCCA de la Norma, se encontraron en niveles de saturación. Junto a lo anterior, la Transparencia registró niveles de saturación en su valor promedio bianual en los períodos 2014-2015 y 2015-2016 para el área de vigilancia Pelagial (centro del lago), encontrándose en niveles de latencia para las 5 estaciones litorales en el período de 2014-2015.

Finalmente, el parámetro Fósforo Disuelto en el último periodo evaluado (2015-2016) registra un nivel de saturación de la norma en todas las estaciones, con excepción de Litoral Pucón y Litoral Norte, las cuales presentaron niveles de latencia. Por tanto, de acuerdo con la definición de Zona Saturada establecida en la letra u del Artículo 2° de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, considerando los criterios de superación indicados en la NSCA del Lago Villarrica (D.S. 19/2013) y lo señalado en el inciso final del artículo 43 de la Ley 19.300 antes señalada, corresponde declarar Zona Saturada la subcuenca del Lago

Villarrica por la superación de los parámetros Transparencia, Clorofila "a" y Fósforo Disuelto” (32).

#### 4.1.3. Comparación Normativa

Como se puede apreciar al principio, Ecoprojects cumple y ayuda a cumplir normativas del estado a través de la comercialización de equipos de ultrasonido que utilizan una tecnología limpia para eliminar el exceso de algas verdes y verdeazules. Sin embargo, los equipos se encuentran instalados en cuerpos de agua de menor envergadura que los que el estado debe vigilar y están bajo un mayor control de cualquier elemento o sustancia que pueda ingresar en ellos. Lo anterior facilita el cumplimiento de normativas al igual que el no uso de químicos para tratar el agua.

Los organismos estatales competentes como MMA, SMA, DGA, SEREMIs de medio ambiente, **entre otros**, han logrado cumplimiento parcial para las distintas NSCA vigentes. En todas las NSCA hay incumplimientos que involucran nutrientes que favorecen la eutrofización. También, existen evaluaciones referenciales debido a falta de datos, frecuencias de muestreo inadecuadas y/o invalidez de datos. Hay incumplimientos por superar en dos o más oportunidades consecutivas el límite establecido en la norma. Hay parámetros relevantes que nunca fueron medidos o tuvieron periodos en que no se midieron. Existen parámetros que se midieron con una metodología no señalada en la norma secundaria o en el programa de vigilancia.

Como se puede observar, Ecoprojects parece ser más eficaz cuando se trata de cumplimiento normativo, pero hay que volver a recalcar que los organismos estatales deben tener en cuenta muchas más variables o riesgos y deben muestrear, controlar, tratar y gestionar cuerpos de agua más grandes. Esa es la razón por la cual tienen distintas áreas de vigilancia distribuidas en el cuerpo de agua y que entregan mediciones representativas debido a que también se realizan campañas de medición.

## 4.2. ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO

### 4.2.1. Introducción comparación técnica

Los clientes de la empresa Ecoprojects han podido verse beneficiados por la tecnología de

ultrasonido que poseen los equipos que han vendido y que son provenientes de la empresa holandesa LG Sonic. Actualmente, Ecoprojects vende un equipo DUMO Algacleaner de la empresa española Toscano. En este análisis se compararán todos los aspectos técnicos de los equipos de ultrasonido en el control, medición y prevención del exceso de algas con las medidas técnicas que han implementado y/o propuesto los organismos estatales competentes. También, los organismos estatales como MMA, SMMA, SMA, **entre otros**. En el caso de recopilación de antecedentes e información para elaborar el Plan de descontaminación del lago Villarrica, han permitido la participación de diversos actores como universidades, ONGs, particulares, **entre otros**. En este análisis se incluirán los aspectos técnicos para prevenir, medir y controlar la eutrofización que están incluidos en las NSCA vigentes, los informes de cumplimiento de NSCA, el informe que declara al lago Villarrica como zona saturada y los antecedentes que aportan propuestas técnicas para la elaboración del Plan de descontaminación del lago Villarrica.

Los equipos de ultrasonido tienen aspectos técnicos que se relacionan con su alcance de medición, la tecnología limpia, el bajo mantenimiento, su constante medición, la prevención de nuevas algas, su inocuidad, como actúa el ultrasonido, entre otros. La mayoría se reduce a como actúa y opera el equipo en sí dentro de su diámetro de alcance en cuerpos de agua de solamente uso privado hasta hoy en día. En cambio, los organismos estatales deben gestionar muchas más variables al encargarse de cuerpos de agua de uso público. Lo anterior significa que las posibles medidas técnicas que se pueden implementar, deben ser mucho más variadas y que cumplan distintos propósitos que se detallarán más adelante en este análisis.

Como se mencionó, los equipos de ultrasonido que vende o ha vendido Ecoprojects utilizan una tecnología inocua, esto significa que no dañan a peces, plantas, fitoplancton ni otras especies acuáticas beneficiosas. El ultrasonido solo afecta la flotabilidad de algas verdes y azul verdosas (cianobacterias).

#### 4.2.2. Empresa ECOPROJECTS

##### “Control ultrasónico de algas

Los ultrasonidos son ondas sonoras con frecuencias superiores al límite del oído humano (22 kHz). A frecuencias específicas, los ultrasonidos pueden ayudar a controlar el crecimiento de algas.

Las cianobacterias utilizan vesículas de gas para la flotabilidad y la regulación de la profundidad. Durante el día, las algas son fotosintéticas en la capa superior, donde el dióxido

de carbono y los nutrientes disueltos en el agua los ayudan a producir oxígeno y polisacáridos. Durante la noche, las células de cianobacterias vacían su vacuola para hundirse hasta el fondo. Allí, usan oxígeno y nutrientes para producir biomasa.

Las ondas de ultrasonido se encargan de crear una capa de sonido en la superficie del agua que afecta la flotabilidad de las algas. Es entonces cuando las células de algas comienzan a hundirse hasta el fondo.

Sin suficiente luz no pueden hacer fotosíntesis y eventualmente mueren. Es importante destacar que se deben utilizar programas de frecuencia específicos para garantizar la eficiencia de este proceso.

Elegir este proceso como método de control de algas depende en gran parte del tipo de algas que requiere control. Las algas pueden adaptarse durante las estaciones dentro del mismo lago. En este caso las frecuencias ultrasónicas deben ajustarse regularmente para un control exitoso de algas a largo plazo.

Ventajas del control ultrasónico de algas:

- a) El control de algas con ultrasonido es una tecnología bien establecida y utilizada durante muchos años.
- b) Su eficacia para el control de algas verdes y azul verdosas está comprobada.
- c) El ultrasonido es ecológico e inofensivo para los peces o las plantas.
- d) Se puede utilizar para lagos pequeños y grandes.

Desventajas del control ultrasónico de algas

- a) Debe cubrir toda la superficie del lago.
- b) Cada punto espacial debe ser tratado durante un período de tiempo mínimo para lograr la máxima eficiencia” (27).

#### 4.2.2.1. LG Sonic e-line

“Cada sistema LG Sonic e-line tiene un rango de tratamiento de ultrasonido de hasta 200 metros (650 pies). El sistema LG Sonic e-line es un sistema avanzado que emite parámetros de ultrasonido específicos para controlar las algas en superficies de agua de medio tamaño como estanques decorativos y de golf.

Características del LG Sonic e-line:

1) Contiene un transmisor ultrasónico para un control efectivo de algas:

- a) Aquawiper <sup>TM</sup> integrado, un sistema automático de limpieza de los transmisores de ultrasonido.
- b) Chameleon Technology <sup>TM</sup> ajusta el programa ultrasónico a las condiciones específicas del agua.

2) Contiene una caja de control resistente al agua:

- Diseño resistente al agua que la protege de las condiciones ambientales adversas.
- Pantalla LCD con botones para la selección de 12 programas ultrasónicos diferentes.
- Posibilidad de incorporar 1,2 o 4 transmisores a una sola caja de control para el tratamiento de múltiples estanques o cuerpos de agua con curvaturas.

3) Monitoreo a control remoto para evitar visitas recurrentes

- a) Control por GSM/GPRS permite al usuario monitorear y cambiar el programa de ultrasonido a distancia.
- b) Recepción de actualizaciones de estado y alertas cuando se producen cortes de energía.

Características opcionales:

- a) Soporte de instalación: Soporte para instalar el equipo LG Sonic e-line sin el flotador. Fácil de remover para tareas de mantenimiento.
- b) Verificación del transmisor ultrasónico con el e-line tester <sup>TM</sup>: Dispositivo para verificar el correcto funcionamiento del equipo, comprueba el programa ultrasónico que está siendo usado, y controla que el ultrasonido esté extendiéndose por todo el cuerpo de agua.
- c) Sistema de energía solar para un suministro de energía autónomo: El LG Sonic e-line también puede funcionar con energía solar. Se ofrece un sistema solar que incluye panel solar, baterías y regulador de carga.
- d) Fácil de instalar con Flexi-arm <sup>TM</sup>: El brazo flexible puede ajustarse para adaptarse a cada aplicación pudiéndose extender hasta 5 metros” (26).

Como se puede apreciar anteriormente, la tecnología de ultrasonido ha sido utilizada hace años en el tratamiento de cuerpos de agua con exceso de algas nocivas, es decir eutrofizados. Lo anterior da la fiabilidad de una tecnología bien establecida y con testimonios de clientes en varios países. También, destaca su inocuidad para peces, plantas acuáticas, fitoplancton y otras especies beneficiosas. Es inofensivo también para humanos debido a que las frecuencias utilizadas superan el límite del oído humano.

Con respecto al modelo e-line de LG Sonic, se menciona que este tiene un amplio rango de hasta 200 metros, el cual sirve para estanques de mediano tamaño. Este amplio rango es un gran beneficio y sirve para no tener la necesidad de instalar demasiados equipos en un solo cuerpo de agua. También, es muy beneficioso que tenga incorporado un sistema automático de limpieza y un diseño resistente a condiciones adversas, lo cual reduce los esfuerzos de mantenimiento. Es muy beneficioso que se pueda tanto monitorear como cambiar el programa ultrasónico a distancia por control remoto GSM/GPRS eligiendo de los 12 programas que están hechos para distintas condiciones del agua.

El LG Sonic e-line también posee excelentes características opcionales que facilitan la instalación, verificar el funcionamiento, sostener el equipo y energía ecológica solar.

Definitivamente todos los beneficios de LG Sonic e-line superan a las dos desventajas que se mencionaron anteriormente.

#### 4.2.2.2. MPC-Buoy

“El MPC-Buoy es un sistema flotante alimentado con paneles solares el cual combina monitoreo de la calidad del agua en tiempo real y ondas de ultrasonido para controlar las algas en lagos y reservorios de manera efectiva.

El MPC-buoy está diseñado para cuerpos de agua de gran extensión, como lo son:

1. Embalses de agua potable: el MPC-buoy reduce el consumo de químicos, así como problemas de mal sabor en el agua.
2. Reservorios para riego: previene la obstrucción de las válvulas, filtros y rociadores.
3. Lagos: reduce los problemas de olor y previene liberación de peligrosas toxinas.
4. Reservorios industriales: aumenta la calidad del agua y la eficiencia en las torres de enfriamiento.

El MPC-Buoy tiene un rango de tratamiento de 500m/1600ft de diámetro.

Monitoreo, predicción y control de las algas con el MPC-Buoy:

1. Monitoreo de calidad de agua: El MPC-Buoy ofrece un resumen completo de la calidad del agua al recopilar los siguientes parámetros cada 10 minutos:

- Clorofila-a (algas verdes)

- Ficocianina (algas azulesverdes)
- pH
- Turbidez
- Oxígeno disuelto
- Temperatura

2. Predicción de floraciones de algas: Los datos recopilados son entregados en tiempo real mediante radio, GPRS, o software de 3G a web. Basándose en el algoritmo desarrollado por el departamento de investigación y desarrollo de LG Sonic, se puede ajustar el programa ultrasónico a las condiciones específicas del agua, y predecir floraciones algales con unos días de anticipación.

3. Control de algas con ultrasonido: Basándose en la información recibida, los transmisores de ultrasonido son optimizados a las condiciones locales. Al usar presión de ultrasonido, se controlan las algas y cianobacterias. La presión de ultrasonido afecta la flotabilidad de las cianobacterias, causando su hundimiento y muerte” (9).

“Beneficios del MPC-buoy:

- Control eficaz de algas: Elimina hasta un 90% de las algas y previene el crecimiento de nuevas algas. Además, el MPC-Buoy permite reducir el consumo de químicos y mejora los indicadores de TSS, DBO y turbidez.
- No hay liberación de toxinas: La pared celular de las algas permanece intacta, impidiendo la liberación de toxinas de las algas en el agua.
- Bajo costo de operación: El sistema opera de forma autónoma alimentado por energía solar y tiene integrado un limpiador automático acuático para reducir el mantenimiento a un mínimo.
- Inofensivo para el medio ambiente: El ultrasonido usado por LG Sonic es inocuo para peces, plantas, zooplancton e insectos. Los dispositivos hacen uso de una baja potencia (5-20 Vatios); por lo tanto, ningún alto voltaje es transmitido al agua.
- Eficaz en grandes superficies de agua: El MPC-Buoy puede controlar algas dentro de un rango de hasta 500m de diámetro por dispositivo. En caso de grandes superficies de agua es posible instalar múltiples boyas.
- Fácil de instalar y de mantener: Los dispositivos de LG Sonic se colocan directamente en el cuerpo de agua emitiendo ondas de ultrasonido que se propagan en todo el cuerpo de agua” (8).

Como se puede apreciar, el MPC-Buoy al tener un mayor rango de tratamiento sirve para

cuerpos de agua de mayor envergadura. Las demás características son más o menos similares al e-line. Se debe recalcar en que es una tecnología limpia al usar energía solar, al ser inofensivo para otras especies, humanos y no destruye la pared celular de las algas tóxicas impidiendo la liberación de estas toxinas nocivas al agua.

#### 4.2.2.3. Toscano DUMO Algacleaner

“La propagación del sonido en un medio como el agua se lleva a cabo por una transición continua de ondas de presión. En el caso de los ultrasonidos el paso entre aumento y disminución de la presión respecto a la presión normal se produce a una velocidad superior a 20.000 veces por segundo (20kHz). DUMO Algacleaner emite pulsos ultrasónicos causando daños a la estructura interna de las células del alga. Bajo el efecto del ultrasonido se producen rupturas en las vacuolas, encargadas de otorgar flotabilidad al alga, además de daños en los poros de la pared celular, dificultando la adquisición de nutrientes vitales para el alga.

El sistema DUMO emite diferentes frecuencias generando frentes de onda eficaces contra las algas cubriendo un amplio espectro de aplicación en diversas especies mediante la combinación de frecuencia, potencia y secuencia de pulsos. Dependiendo de las condiciones ambientales, nutrientes en el agua, los efectos de destrucción e inhibición así como el tipo y las características poblaciones de algas existentes, el efecto de DUMO Algacleaner comienza a hacerse notable a partir de la cuarta y la octava semana desde su aplicación.

Ventajas:

- Ecológico
- No ocasiona daños a las personas, animales o plantas
- No necesita productos químicos
- Mínimo mantenimiento
- Fácil de instalar
- Funcionamiento 24/7
- Bajo consumo energético

Descripción del sistema:

- Emisor ultrasónico situado, gracias a su flotador, a la profundidad óptima para la correcta emisión y propagación de los ultrasonidos.

- Módulo de control DUMO, instalado en un área seca, alimentado mediante 110/220V a la red de corriente.
- Un cable de 30m (opcionalmente 40m) que conecta el emisor y el módulo de control.

Otras características:

- Ondas ultrasónicas: generador digital de multifrecuencia con programas de secuencia automática.
- Salida de alarma de ausencia de emisión: salida física (3A, 250V).
- Protecciones: sobrecargas, sobrecalentamiento y rotura del cable del emisor” (10).

Como se puede apreciar, el DUMO Algacleaner de Toscano, a pesar de ser un equipo de otra empresa, tiene características bastante similares a los dos anteriores. El DUMO no viene incorporado con panel solar como los dos modelos de LG Sonic pero si tiene bajo consumo energético y claramente esa fuente de energía que lo alimente puede provenir de cualquier tipo de energía. Es fácil de instalar al igual que los otros, no ocasiona daños a otros seres vivos que no sean las algas tóxicas, no usa químicos, requiere mínimo mantenimiento, **entre otros.**

El alcance máximo de este modelo (AC-180) es de 180 metros. Hay otro modelo de toscano que posee mayor alcance (10).

El DUMO Algacleaner también posee una alarma en ausencia de emisión, esto sirve para comprobar que funcione el ultrasonido. La misma función cumple el e-line tester de LG Sonic, el cual verifica el correcto funcionamiento del equipo, comprueba el programa ultrasónico que está siendo usado, y controla que el ultrasonido esté extendiéndose por todo el cuerpo de agua.

#### 4.2.3. Comparación Técnica Intermedia

Se puede apreciar que todos los equipos cuentan con aspectos técnicos específicos que facilitan la erradicación del exceso de algas en cuerpos de agua mediante la tecnología de ultrasonido. Esta medida actúa directamente en el cuerpo de agua y en el agente más visible de la eutrofización. Pero no previene los cauces aportantes de nutrientes, no trata las causas y no gestiona los alrededores. Es por esto que el estado, al gestionar cuerpos de agua que involucran muchas variables, ha tenido que desarrollar medidas y propuestas técnicas de diversos tipos.

Algunas medidas y/o propuestas del estado han sido definir áreas de vigilancia, niveles de calidad ambiental por área de vigilancia, límites de detección, representatividad de muestras, validación de datos, límites normativos, modelos WASP y N-SPECT, monitoreo de contaminantes, aplicar sistema de alcantarillado donde no hay, aplicación de bioingeniería al sistema algar, entre otras medidas técnicas que se han implementado y/o propuesto para los cuerpos de agua de Chile que cuentan con NSCAs vigentes.

#### 4.2.4. Organismos Estatales

Como se mencionó precedentemente, el estado ha implementado y/o propuesto diversas medidas técnicas para prevenir contaminación en cuerpos de agua, entre lo que se previene se encuentra la eutrofización. La primera medida técnica que se analizará es la de definir áreas de vigilancia en los cuerpos de agua y definir los niveles de calidad ambiental por área de vigilancia.

El estado debe tener alguna forma de monitorear los cuerpos de agua de manera que sea representativo el muestreo. También, se definen parámetros con sus límites y unidad de medida. Por ejemplo, en la NSCA río Maipo se muestra lo siguiente:

“Niveles de calidad ambiental por área de vigilancia

Artículo 4°.- Áreas de Vigilancia. Para efectos del control del cumplimiento de las presentes normas se han establecido para la cuenca del río Maipo once áreas de vigilancia.

Artículo 5°.- Niveles de calidad. Para cada Área de Vigilancia identificada, se establecen los siguientes niveles de calidad ambiental para cada uno de los parámetros normados” (20).

Las otras cuatro NSCA vigentes también contienen artículos con tablas que muestran las áreas de vigilancia y los niveles de calidad para cada área.

Con respecto a representatividad de muestras, límites de detección y validación de datos, el informe técnico de cumplimiento de NSCA cuenca río Biobío señala que:

“Para determinar el cumplimiento normativo, es necesario que las mediciones, los procesos de muestreo y el análisis de la información recibida, se hayan ejecutado bajo los criterios técnicos establecidos en la norma de calidad, y en referencias técnicas de la Superintendencia del Medio Ambiente, esto es:

a) Si el resultado de un parámetro es menor al límite de detección (LD), los datos serán

validados en base a lo siguiente:

- Si el LD  $\geq$  al 80% del límite normativo, se considerará que el resultado corresponde a un valor no válido para efectos de la evaluación de cumplimiento.

- Si LD < al 80% del límite normativo, se considerará que el valor es válido para efectos de la evaluación de cumplimiento y que el resultado es igual al LD.

b) Para los parámetros que corresponden a la suma de sus fracciones orgánicas, inorgánicas o disueltas, los datos serán validados en base a lo siguiente:

- Los análisis de todas las fracciones deben ser realizados por un mismo laboratorio de ensayo.

- El dato será válido si y sólo si la suma de las fracciones es menor o igual al valor del resultado del parámetro total.

c) Sólo se considerarán válidos los datos obtenidos en campañas de monitoreo realizadas conforme a la representatividad estacional establecida en el artículo 7° del D.S. N° 9/2015. Se exceptúa de lo anterior, aquellos casos donde la representatividad de las muestras analizadas se vea afectada por fenómenos excepcionales y/o transitorios tales como inundaciones, sequías o catástrofes naturales, en los términos establecidos en el artículo 8° del mismo Decreto.

d) Validación de los resultados obtenidos acorde a diversos criterios de representatividad, es decir, metodologías de ensayo, tiempos de preservación, límites de detección acorde a las consideraciones existentes respecto de los límites normativos, **entre otros**.

De acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 9/2015, se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional. Desde el inicio de los monitoreos, se consideró la realización 4 campañas de monitoreo al año (una en cada estación del año), por lo que para validar la estacionalidad se entenderá que las estaciones coinciden con el trimestre calendario, esto es; verano es el periodo comprendido por los meses de enero, febrero y marzo; otoño es el periodo comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el periodo comprendido por los meses de julio, agosto y septiembre; y primavera es el periodo comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre” (28).

Como se puede apreciar anteriormente, hay varios requisitos técnicos para que los datos obtenidos sean válidos y estos tienen que ver con representatividad estacional, límites de detección, tiempos de preservación, **entre otros**. Los otros informes técnicos de cumplimiento de NSCA poseen requisitos idénticos y otros semejantes. La estacionalidad y tiempos de preservación no aplican para Eco-projects debido a que los equipos monitorean constantemente y entregan datos en tiempo real, no requieren muestreo y análisis de

laboratorio.

#### 4.2.4.1. Informe Universidad de la Frontera

El informe final de análisis y evaluación de medidas de reducción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) para incorporar al plan de descontaminación del lago Villarrica, realizado por la Universidad de la Frontera, propuso las siguientes medidas técnicas:

“Macromedidas de Gestión:

El detalle de las macromedidas puede verse a continuación:

Macromedida 3) Implementación de sistemas físico-químicos de tratamiento de fósforo y otros nutrientes, que tengan por premisa, la prevención de la contaminación.

Macromedida 4) Alimentar modelos matemáticos de predicción de comportamiento de los contaminantes del Lago Villarrica, incluyendo indicadores biológicos.

Macromedida 5) Construcción de sistemas de tratamiento de aguas servidas a niveles comunales y sectoriales, ampliando la red de alcantarillado a todos los sectores con alta densidad poblacional con ausencia de tratamiento.

Macromedidas de Fuentes Puntuales:

Macromedida 1) Implementación de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) asociadas al tratamiento de efluentes provenientes de pisciculturas, restringiendo la captación de agua para dilución de contaminación, incentivando a la industria acuícola a invertir en mejoras y optimización de sus procesos.

Macromedida 2) Establecer menores límites de detección de reportes de pisciculturas, generando, además, límites menores de carga de nutrientes diarios/mensuales de sus efluentes.

Macromedida 3) Implementación de mejoras a las PTAS existentes e instalación de PTAS en urbes que no la poseen.

Macromedidas de Fuentes Difusas:

Macromedida 2) Desarrollar un sistema de remoción de nutrientes en fuentes y cauces aportantes al Lago Villarrica, el cual sea monitoreado y utilizado como bioindicador de la salud de este” (33).

Anteriormente se pueden apreciar diversas medidas de gestión técnicas para incorporar al

plan de descontaminación del lago Villarrica el cual sufre de eutrofización. También, se utilizan modelos matemáticos para calcular emisiones y transporte de nutrientes en la cuenca y en cauces aportantes al lago. Se utilizó el modelo de transporte de nutrientes en cauces aportantes (software WASP) y el software N-SPECT para la modelación del aporte difuso en la cuenca del lago Villarrica.

“Diferencias encontradas en los aportes difusos moderados (WASP y N-SPECT)

Existen diferencias entre los resultados modelados con WASP y N-SPECT relativos a los aportes desde fuentes difusas... Considerando que WASP modela el aporte proveniente de las fuentes puntuales, es posible realizar una estimación del aporte difuso por diferencia con las mediciones de terreno. Debido a que N-SPECT modeló únicamente los aportes provenientes de los usos de suelo, se consideran que las diferencias entre ambos pueden deberse a la existencia de otras fuentes difusas presentes en la cuenca y que no fueron incluidas en el modelamiento de N-SPECT” (37).

Se puede reconocer que el software WASP se utilizó para modelar el aporte proveniente de fuentes puntuales y N-SPECT para difusas. También hay fuentes que no se incluyeron en el modelamiento con N-SPECT.

“Propuestas UFRO: Medidas de Gestión, para fuentes puntuales y difusas

- Construcción de un colector de aguas residuales urbanas y rurales entre Villarrica y Pucón, lo cual daría solución al problema de fosas sépticas detectado por (MMA-UFRO, 2018) en la ribera sur del Lago Villarrica.
- Construir una planta de tratamiento para todo el casco urbano de Curarrehue.
- Exigir, a todas las nuevas empresas piscícolas que deseen ingresar a la cuenca, un sistema de cultivo de recirculación superior al 95% y un sistema de tratamiento en concordancia al cumplimiento de los TMDL” (33).

“Conclusiones Generales:

- Respecto a la medición de nutrientes (Nitrógeno y fósforo) en cauces aportantes al Lago Villarrica. De forma general se observaron variaciones importantes en las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo en las condiciones de borde utilizadas para la estimación y modelación de aportes desde fuentes puntuales y difusas en la cuenca. Por lo tanto, se sugiere aumentar el número de muestreos tanto en la cantidad como en su periodicidad de forma sostenida en el tiempo; se aconseja realizar dos muestreos mensuales por un periodo de al menos un año completo para conocer las variaciones

estacionales y su relación con las emisiones desde fuentes puntuales y difusas.

- Respecto de las medidas de Gestión, es necesaria la implementación de un PDA para el Lago Villarrica, el cual considere: monitoreo constante, control de remoción de áridos en los afluentes aportantes y mejora de estándares de construcción en la ribera del Lago. Además de mejorar el sistema de monitoreo actual, considerando parámetros orgánicos, que implique mayor periodicidad de recolección de información, y que se encuentre asociada a una base de datos online y de acceso público
- En cuanto a fuentes puntuales, se propone establecer menores límites de detección de reportes de pisciculturas, generando, además, límites menores de carga de nutrientes diarios/mensuales de sus efluentes.
- Respecto de las fuentes difusas, se propone el desarrollar un sistema de remoción de nutrientes hacía la zona pelagial del Lago Villarrica, el cual sea monitoreado y utilizado como bioindicador de la salud de este acuífero.
- Respecto a medidas que pudieran ser evaluadas en este estudio mediante modelaciones matemáticas con WASP o N-SPECT, no fue posible establecer medidas concretas que implicaran algún tipo de intervención cuantificada sobre alguna de las diferentes fuentes de emisión establecidas en las mesas de trabajo, por lo cual no fue posible cumplir con este punto de la metodología. Se sugiere incluir este aspecto en un futuro estudio, identificando medidas de reducción concretas que permitan evaluar su efecto en la carga de nutrientes de los ríos y esteros.
- Respecto de la aplicación de Agroquímicos, fue posible identificar las zonas y la cantidad de agroquímicos fosfatados y nitrogenados que se aplican en la cuenca, pero no fue posible establecer un método convincente para este estudio que representara de mejor manera el transporte de excedentes de estos agroquímicos hasta un cuerpo de agua que conectara al Lago Villarrica, por lo que se sugiere incluir este cálculo en un próximo estudio en la zona.
- Finalmente se concluye que es necesario realizar un trabajo de evaluación de escenarios de contaminación y determinación de los límites de carga máxima de nutrientes que cada río y estero estudiado sería capaz de soportar, lo cual permitiría el establecimiento de normas de regulación para cada una de las fuentes estudiadas” (37).

En el portal web de planes y normas del Ministerio del Medio Ambiente, se encuentra todo el expediente del plan de descontaminación del lago Villarrica. Este plan permite la recepción por parte de la SEREMI Araucanía de medio ambiente, de propuestas privadas, figuras legales, particulares y de ciudadanos organizados que sirvan al plan de descontaminación.

#### 4.2.4.2. Documento de Angol Amigable E.I.R.L

Hay un documento que incluye propuestas realizadas por la empresa Angol Amigable E.I.R.L que es de asesoría en gestión de empresas. Las propuestas que involucran aspectos técnicos son las siguientes:

“ANTECEDENTES TECNICOS, CIENTIFICOS, SOCIALES Y ECONOMICOS SOBRE LA ZONA SATURADA DEL LAGO VILLARRICA.

La problemática del Lago Villarrica a nuestro parecer es debido a varias variables que conllevan a los niveles de contaminación ya conocidos. La condición de oligotrofia dada al lago es discutible. Según la condición trófica de oligotrófica señala que es un medio de agua con baja productividad primaria como resultado de contenidos bajos de nutrientes (Nitrógeno y fósforo). Esto actualmente no sucede con el Lago Villarrica. Estos lagos tienen poca producción de algas; hoy los niveles de producción de algas son altas y desconocidas: agrega esta condición que sus aguas son claras, con una alta calidad para uso como agua potable. Hoy sus aguas son turbias y no habría ninguna probabilidad de utilizarla como uso de agua potable. Hay que tener presente que las condiciones de los lagos a medida que tienen mayor contaminación su condición se empeora. (Meso trófico, Eutrófico, Hipertrófico). Creemos que la condición del lago ya no es lo que actual posee.

A continuación se presentan antecedentes que deberían tenerse en cuenta para un buen desarrollo de un plan de descontaminación del Lago Villarrica.

- **MONITOREO DE LOS CONTAMINANTES.** Primeramente aumentar su monitoreo anual con el objeto de analizar con mayor profundidad los niveles de contaminación presente en el Lago Villarrica. En ese orden, la comunidad en general debería saber con exactitud los niveles actuales de la contaminación del lago ya que la información es poco conocida y poco transparente para los turistas que año tras año visitan la zona. Como una forma de que la comunidad esté al tanto de esa información, se debería entregar a las personas que visitan y viven en las comunidades de Villarrica, Pucón y Cunco información al respecto a través de una aplicación tecnológica en sus celulares que precise los niveles de los contaminantes en un periodo de tiempo. Para cumplir con el propósito se debería licitar a empresas tecnológicas que configuren una AAPS que den a conocer todos los datos recabados por la autoridad en relación a los niveles de contaminación actuales del Lago. Es imprescindible que la comunidad conozca esa información tanto para su salud, como para su veraneo, sus inversiones y su plusvalía en la zona. Al no dar esa información, la autoridad no estaría cumpliendo

con su rol de informar a la comunidad de los efectos de la propia contaminación permanente del Lago Villarrica.

- SISTEMA DE ALCANTARILLADO PUBLICO PARA CURARREHUE, PUCON Y VILLARRICA.

Es indispensable propender a la construcción de un plan de mejoramiento substancial de un sistema de alcantarillado moderno y eficaz. Se debe licitar a empresas privadas para efectuar la ejecución de esta gran obra a la brevedad para una mejor calidad del pH del agua, siendo a mayor valor de oxígeno disuelto, mejor es la calidad del agua y menos contaminación. Una comuna como Pucón y Villarrica necesita urgentemente un sistema de alcantarillado de alta calidad. Es indispensable el aporte de las empresas privadas para un mejoramiento substancial de la calidad de vida. Las personas y Sociedades deberían invertir en mejorar sus ductos con el alcantarillado público, donde los pozos sépticos actuales no pueden sobrevivir. Se debe dar un plazo para su término (de los Pozos). Los estudios de la construcción del alcantarillado deberán ser definidos en el anteproyecto.

- APLICACIÓN DE BIOINGENIERIA AL SISTEMA ALGAR. El proceso se basa en un tratamiento biológico que se hace de residuos que determinan saturado el Lago Villarrica, con productos biotecnológicos basados en microorganismos adaptados pero no genéticamente modificados, de libre disposición inocuo para la flora, fauna y seres humanos. Reduce y mineraliza los lodos, evita proliferación de algas. A lo anterior se suma todo tipo de acción para remediar el problema de contaminación del lago Villarrica. En ese orden, la aplicación de nutrientes que eleven los niveles de oxígeno para restablecer un mejoramiento substancial de la calidad de las aguas del lago. Estudio de especialistas en el tema, experimentación permanente por parte de Universidades y departamentos de estudio de lagos que analicen su comportamiento celular y bioquímico” (38).

#### 4.2.5. Comparación técnica final

Como se puede ver en todas las propuestas anteriores, los organismos estatales han tenido que desarrollar y también proponer una gran variedad de medidas técnicas para prevenir, controlar, medir y tratar la eutrofización en cuerpos de agua de Chile. Han fijado límites para ciertos parámetros y dividen los cuerpos de agua en áreas de vigilancia para poder monitorear y fiscalizar eficientemente. Los equipos vendidos por Ecoprojects solamente tienen un alcance de tratamiento determinado y si el cuerpo de agua es mayor, entonces se deben instalar mayor cantidad de equipos. Al igual que los equipos de ultrasonido, se han propuesto medidas de predicción, prevención y tratamiento de la eutrofización. La diferencia es que el

ultrasonido actúa directo en algas nocivas y previene su aparición pero siempre estando presente el equipo. Estos equipos no van a las causas raíz del problema que como se ve anteriormente, pueden ser múltiples. En cambio, el estado ha propuesto sistemas físico-químicos de tratamiento de fósforo y otros nutrientes para prevenir la contaminación. También, se han propuesto medidas de predicción de contaminantes a través de modelos matemáticos de predicción de comportamiento de los contaminantes del Lago Villarrica, incluyendo indicadores biológicos. Los equipos de ultrasonido de Ecoprojects también predicen, pero las futuras floraciones algales, no el comportamiento de contaminantes como fósforo y nitrógeno. Se ha hecho mucho hincapié en instalar alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas servidas y mejoras a las plantas ya existentes. También, se ha dado énfasis en el tratamiento de efluentes de pisciculturas, fiscalización e incentivo a la optimización de sus procesos. Incluso se ha propuesto aplicar bioingeniería con microorganismos adaptados y que al igual que el ultrasonido, es seguro para fauna, flora y seres humanos. Este reduce y mineraliza lodos, evita proliferación de algas. También se ha propuesto aplicar nutrientes que elevan los niveles de oxígeno en el agua.

A pesar de que las propuestas son variadas y parecen ser bastantes complejas, técnicas y prometedoras, las conclusiones del informe UFRO dan a entender que todavía falta mayor periodicidad y número de muestreos de nutrientes de forma sostenida en el tiempo. Se debe mejorar el sistema de monitoreo actual con mayor periodicidad y con base de datos online de acceso público. Las modelaciones matemáticas no lograron establecer medidas de intervención cuantificada por lo que se debe seguir incluyendo esto en otros estudios. No hubo método convincente que representara el transporte de excedentes de agroquímicos hasta un cuerpo de agua que conecte al Villarrica, por lo que el cálculo queda para otro estudio.

Nuevamente, Ecoprojects queda como más eficaz y eficiente en dar respuesta al riesgo de eutrofización pero siempre teniendo en cuenta que el estado debe gestionar muchas más variables y proponer soluciones diversas.

### **4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO ADMINISTRATIVO**

#### **4.3.1. Introducción comparación administrativa**

La empresa chilena Ecoprojects S.p.A. se ha convertido en distribuidora de equipos de ultrasonido LG Sonic y Toscano para erradicar exceso de algas nocivas en cuerpos de agua. Ecoprojects solía importar equipos de la empresa holandesa LG Sonic y fueron vendidos e

instalados con éxito en algunos cuerpos de agua en Chile pertenecientes a otras empresas. Actualmente importa un equipo de la empresa española Toscano.

Ecoprojects es una pyme chilena que en su organigrama cuenta con un gerente general, gerente comercial, gerente técnico y dos asesores, un ingeniero físico y un ingeniero químico. Estos venden productos y asesoran a quienes necesiten implementar soluciones ecológicas a problemas industriales. Evalúan, desarrollan e implementan proyectos ecológicos de acuerdo a las necesidades del cliente. Una de estas soluciones ecológicas son los equipos de ultrasonido para tratar y prevenir eutrofización. Ecoprojects asesora a los clientes para que puedan instalar con éxito los equipos en los cuerpos de agua que lo requieran. Es bastante sencillo todo lo que se refiere a aspectos administrativos de la pyme Ecoprojects S.p.a., en cambio el estado de Chile para gestionar el riesgo de eutrofización posee un conjunto más amplio y complejo de aspectos administrativos a revisar.

#### 4.3.2. Organismos Estatales

Para comenzar, en las Normas Secundarias de Calidad Ambiental existen aspectos administrativos como programa de vigilancia y exigencia de informe de calidad. El D.S. 53/MMA NSCA cuenca río Maipo señala lo siguiente:

“Artículo 12.- Programa de Vigilancia. El monitoreo de la calidad del agua, para el control de estas normas, deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia, el cual será elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente, con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas y el Servicio Agrícola y Ganadero.

Este Programa de Vigilancia deberá ser aprobado por la Superintendencia del Medio Ambiente, previo informe favorable del Ministerio del Medio Ambiente, en un plazo máximo de ocho meses desde la publicación del presente decreto. Dicho documento será de conocimiento público y en él se indicarán, a lo menos, los parámetros que se monitorearán, las estaciones de monitoreo de calidad de aguas y su ubicación, las frecuencias mínimas de monitoreo, las responsabilidades de los organismos competentes y las metodologías analíticas seleccionadas para cada parámetro a monitorear.

El Programa de Vigilancia deberá incluir, al menos, un monitoreo mensual para cada parámetro a controlar y deberá incluir el uso de pruebas o ensayos ecotoxicológicos y el muestreo de bioindicadores en los tramos de vigilancia definidos, como herramientas complementarias para determinar los efectos de la calidad del agua en las comunidades acuáticas. Adicionalmente, deberá considerar la intensificación del monitoreo en caso de observarse una tendencia hacia la superación de los niveles de calidad ambiental establecidos en las presentes normas.

Artículo 15.- Informe de Calidad. El Ministerio del Medio Ambiente, con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente y de la Dirección General de Aguas, elaborará un Informe de Calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad contenidas en este decreto. Dicho informe será de conocimiento público y deberá ser publicado anualmente.

Este Informe de Calidad deberá señalar fundadamente al menos el cumplimiento de las normas secundarias de calidad ambiental, contenidas en el presente decreto, para cada uno de los parámetros controlados en las áreas de vigilancia establecidas en el artículo 4°.

Para el cumplimiento de lo anterior, y sin perjuicio de lo que disponga la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante instrucciones generales dictadas para tales efectos, dentro de los primeros seis meses de cada año, la Dirección General de Aguas deberá remitir al Ministerio del Medio Ambiente la información sobre las mediciones efectuadas y demás información pertinente del año anterior” (20).

Como se puede apreciar anteriormente, el programa de vigilancia y el informe de calidad, son requisitos administrativos que se encuentran en las NSCA. Las demás normas vigentes poseen estos mismos dos requisitos de manera semejante a la NSCA Maipo. Ambas medidas, el programa y el informe, poseen más requisitos administrativos que los gestionan y regulan. Por ejemplo, organismo que aprueba, que lo elabora, que cosas se deben indicar, entre otros.

El Informe Técnico de cumplimiento de normas de calidad del agua NSCA cuenca río Biobío, contiene los siguientes aspectos administrativos:

“De acuerdo al artículo 7° del Decreto N°9/2015, la evaluación de los niveles de calidad, requieren la verificación conjunta de toda la información levantada en cada estación de monitoreo, por un período de dos años consecutivos.

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

Frecuencia de monitoreo:

De acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 9/2015, se considerarán cuatro monitoreos al año, con representatividad estacional.

Desde el inicio de los monitoreos, se consideró la realización 4 campañas de monitoreo al año (una en cada estación del año), por lo que para validar la estacionalidad se entenderá que las estaciones coinciden con el trimestre calendario, esto es; verano es el periodo comprendido por los meses de septiembre, febrero y marzo; otoño es el periodo comprendido por los meses de abril, mayo y junio; invierno es el periodo comprendido por los meses de julio, agosto y septiembre; y primavera es el periodo comprendido por los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Considerando lo antes mencionado, se informa que durante el período evaluado (otoño 2016 a verano 2018) se realizaron en general, 8 monitoreos en todas las áreas de vigilancia de la NSCA de la cuenca del Río Biobío” (28).

Se puede ver que el informe técnico recalca como requisitos administrativos que la evaluación de los niveles de calidad considere información de dos años consecutivos, que la frecuencia de monitoreo sea cuatro campañas al año por estación y que el informe permite al MMA activar los instrumentos de política pública que correspondan.

#### 4.3.2.1. Informe Universidad de la Frontera

El Informe Final de la UFRO de análisis y evaluación de medidas de reducción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) para incorporar al plan de descontaminación del lago Villarrica, propone las siguientes medidas administrativas:

“Propuestas UFRO: Medida de Gestión

- Establecer Límites Máximos de Carga Diaria (TMDL por sus siglas en inglés) para cada uno de los ríos y enteros aportantes al Lago Villarrica y que posean algún tipo de actividad antrópica en a la microcuenca de base (tipo industrial, turística, agrícola y forestal).
  - a. Identificación de principales fuentes de contaminación; logrado en parte por MMA-UCT (2012) y MMA-UFRO (2018).
  - b. Establecer el estado natural de las microcuencas, asumiendo "cero intervención antrópica versus situación actual.
  - c. Identificación de mayores brechas de calidad entre el estado natural de la cuenca y el estado actual de cada microcuenca.
  - d. Asignación de carga a cada una de las fuentes identificadas (puntuales, difusas: antrópicas y biogénicas).
  - e. Establecer un objetivo de reducción de carga de nutrientes en cada una de las microcuencas identificadas con algún tipo de intervención antrópica, focalizando

como punto de cierre la desembocadura al Lago de cada uno de los ríos y esteros de mayor interés.

f. Establecer un plan de gestión integrada de cuencas para toda la cuenca del Lago Villarrica.

- Establecer mecanismos de incentivo tributario para la implementación de nuevas tecnologías de tratamiento, enfocado en fuentes puntuales y fuentes difusas.
- Crear un plan de monitoreo mensual y financiado para el Lago Villarrica.
- Crear un plan de monitoreo mensual y financiado para los principales ríos y esteros aportantes al Lago Villarrica, con un número mínimo de puntos igual al propuesto por MMA-UFRO (2018).

#### Propuestas UFRO: Medida para fuentes puntuales

- Asignar un límite de descarga a cada una de las empresas presentes en la cuenca en función de los TMDL determinados y establecidos en la etapa de Gestión.
- Establecer un plan de reducción de carga en el tiempo con un límite objetivo en función de la meta que establezca la autoridad competente, basado en los TMDL.
- Establecer un mercado de emisiones transables para regular la ampliación de faenas o el ingreso de nuevas empresas en la zona.

#### Propuestas UFRO: Medida para fuentes difusas

- Establecer incentivos económicos a la reforestación de las zonas riparianas de la cuenca del Lago Villarrica con especies de alto potencial para la retención de nutrientes.
- No permitir nuevos desarrollos inmobiliarios que no consideren una planta elevadora a un sistema de alcantarillado o una planta de tratamiento de aguas servidas.
- Definir un plan regulador intercomunal entre Villarrica y Pucón que regule la construcción de viviendas, edificios y hoteles en la ribera sur” (33).

Como se puede apreciar anteriormente, hay mucha variedad de medidas administrativas que se proponen en el informe UFRO y tienen relación con límites máximos de carga diaria, identificación brechas de calidad, asignación de carga a todo tipo de fuentes, objetivo de reducción de carga de nutrientes, plan de gestión integrada de cuencas, incentivos tributarios, mayor frecuencia monitoreo, límites descarga a empresas, plan de reducción de carga, regulaciones a empresas e inmobiliarias, incentivo económico de reforestación con especies

que retienen nutrientes, **entre otros**. Toda esta variedad responde a las distintas variables que se deben controlar para descontaminar y prevenir la eutrofización en el lago.

#### 4.3.2.2. Documento Angol Amigable E.I.R.L

Hay un documento que incluye propuestas realizadas por la empresa Angol Amigable E.I.R.L que es de asesoría en gestión de empresas. Las propuestas que involucran aspectos administrativos son las siguientes:

“ANTECEDENTES TECNICOS, CIENTIFICOS, SOCIALES Y ECONOMICOS  
SOBRE LA ZONA SATURADA DEL LAGO VILLARRICA.

A continuación se presentan antecedentes que deberían tenerse en cuenta para un buen desarrollo de un plan de descontaminación del Lago Villarrica.

- CONTROL Y FISCALIZACION DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS EN LA ZONA SATURADA.
- Una de las variables que conllevan a una contaminación del Lago, son los fertilizantes utilizados en diversos campos del sector. Debe existir un mayor control y fiscalización por la autoridad en ese orden. Se debe cumplir con las normas definidas por la autoridad, visitando e inspeccionando los sectores definidos, multando con montos considerables a los que no cumplen con las normas vigentes. Como una forma de cumplir con el objetivo planteado se debería contratar empresas del rubro en conjunto con la autoridad de controlar a todos los campos, fundos u otros terrenos, donde se utilicen fertilizantes en su trabajo. La autoridad debería llevar un registro de esas visitas, de sus observaciones ,de sus multas si corresponden. En el caso que la autoridad considere pertinente, se debería declarar el cierre del terreno al no cumplir con lo establecido por ley.
- PLAN DE REFORESTACIÓN  
En todos los sectores que han sido vulnerados por las Empresas Constructoras e Inmobiliarias. En este punto se debe constituir una comisión que regule permanentemente tanto los permisos de edificación y de construcción dados por las comunas de Villarrica y Pucón preferentemente. Estudio del plan regulador de las comunas señaladas. La comisión debe ser constituida 'por representantes del

gobierno, autoridades Municipales, Fundaciones, Agrupaciones ecológicas o del medio Ambiente, representantes de las comunidades Mapuches, de las constructoras e inmobiliarias, juntas de vecino y de la propia comunidad. En ese orden, la comisión formada debería dar su aceptación a la propuesta de proyecto de construcción, el cual debería cumplir con todos los requerimientos técnicos, urbanísticos para tal efecto. Lo que hoy se da, es que las Municipalidades otorgan los permisos de construcción sin un control permanente de sus acciones. A lo anterior, cada empresa que cumpla con lo establecido por las normas de edificación y autorizadas por dicha comisión, deben pagar un porcentaje de sus ventas a definir por esta comisión con el objeto de financiar proyectos en orden a definir políticas de descontaminación del Lago Villarrica. Es indispensable que las empresas tanto inmobiliarias y constructoras cumplan con la normativa, al no hacerlo no podrán realizar sus proyectos. Se debería solicitar además un plan de reforestación a cumplir por estas empresas ya que el daño actual es irreversible. Por último, esta comisión debería funcionar permanentemente para analizar diversos requerimientos por parte de la comunidad.

- **CONTROL EXHAUSTIVA A LAS PSICULTURAS EXISTENTES**

Sus permisos sanitarias o de salud como todo tipo de documentación que fundamenten su presencia. El otorgamiento debe basarse fundamentalmente a que la empresa se rija por las normas establecidas en especial del cuidado del medio Ambiente. La autoridad debe llevar una nómina de todas las empresas de pisciculturas en la zona. A lo anterior se suma que la empresa debe fundamentar su proyecto de negocio a través de un modelo formalizado por la autoridad. El cumplimiento de todos los requerimientos establecidos de acuerdo a la norma deben ser cumplidos por las empresas. Las comunidades podrán limitar la instalación de las pisciculturas por el daño que pueden provocar en el medio ambiente. Las pisciculturas deberán dejar boletas en garantía para funcionar como un requerimiento esencial para su funcionamiento.

- **EDUCACION AMBIENTAL.**

Una educación ambiental a toda la comunidad es indispensable, la realización de campañas permanentes, seminarios, foros, accionar es valeroso para mejorar en forma substancial la calidad de vida de las personas. En los colegios de las comunas implicadas, en el currículo, en una política Municipal y de gobierno es vital, valiosa y gratificante. Debemos educar a toda la población en un cuidado del medio ambiente, en especial de nuestros lagos” (38).

#### 4.3.3. Análisis comparativo administrativo final

Como se ve precedentemente, se suman propuestas de índole sancionatoria, de fiscalización constante, de atención a las normativas, cumplimiento de requisitos, documentación necesaria, registro, participación de diferentes actores y educación ambiental.

Se observa nuevamente que el Estado debe revisar y proponer una variedad mucho más amplia de aspectos administrativos que lo que debe gestionar Ecoprojects. El Estado ha permitido la colaboración de distintos actores en lo que se refiere a antecedentes y propuestas que aporten al Plan de Descontaminación del Lago Villarrica.

“Actualmente dicha declaración, permite la recepción por parte del Ministerio Regional del Medio Ambiente de la Araucanía, de propuestas institucionales privadas, figuras legales, particulares y de ciudadanos organizados para colaborar con sugerencias e ideas que sean útiles al Plan de Descontaminación de una zona de interés para todos los habitantes del territorio, desde lo cultural a lo social y de lo económico a lo ambiental” (39).

Ecoprojects ha sido muy eficaz y eficiente en sus propuestas ecológicas, a pesar de lo reducido de su negocio en comparación a todo lo que debe gestionar el estado, no se le puede quitar su efectividad en permitir a sus clientes medir, tratar y prevenir la eutrofización sin efectos adversos.

Los organismos estatales como MMA, SMMA Araucanía, **entre otros**. Han tenido una alta burocracia y lentitud en lo que se refiere al Plan de Descontaminación por Clorofila A, Fósforo Disuelto y Transparencia de la cuenca del Lago Villarrica.

El día 6 de noviembre de 2017 se publicó en el portal web de planes y normas del MMA, un oficio de la SMMA Araucanía que solicita Declaración de zona saturada de la cuenca del lago Villarrica por superación de las concentraciones máximas de clorofila 'a', transparencia y fósforo disuelto. El mismo día también se subió el Informe Técnico de antecedentes para declarar como Zona Saturada la cuenca del Lago Villarrica. Este fue subido también por la SMMA Araucanía. Luego se fueron subiendo algunos documentos para que un año después, el 12 de noviembre de 2018 se subió al portal la resolución exenta 1066 del MMA que da inicio a proceso de elaboración del Plan de Descontaminación por Clorofila "a", transparencia y fósforo disuelto, para la cuenca del lago Villarrica. El 16 de noviembre 2018 se hizo la Publicación en el Diario Oficial del Inicio Elaboración Plan de Descontaminación por Clorofila "a", transparencia y Fósforo disuelto para la cuenca del lago Villarrica. Luego de eso, hasta enero de 2020 se ha continuado en la etapa de anteproyecto que es la primera etapa y se han subido varios documentos, entre ellos los informes con propuestas ya analizadas anteriormente. Los otros documentos no dan cuenta de

avances significativos, entre ellos se encuentran memos, convocatorias a reuniones, ampliación de plazo, listas de asistencia a reuniones, **entre otros** (40).

Lo anterior es evidencia de bastante burocracia estatal y por lo tanto, lentitud y poca eficiencia en dar respuesta a la descontaminación de un cuerpo de agua con eutrofización. Sin embargo, el Estado debe elaborar un Plan más complejo a mediano y largo plazo, para dar respuesta al problema de la eutrofización, lo que representa una escala de trabajo de la cual Ecoprojects no podría hacerse cargo. Lo anterior dado lo acotado de su negocio e intervención en cuerpos de agua.

#### **4.4. RECOMENDACIONES O PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA CADA ENTIDAD ANALIZADA Y COMPARADA**

##### 4.4.1. Empresa ECOPROJECTS S.P.A.

La pyme Ecoprojects la cual fue parte de este estudio para comparar la gestión privada con la gestión pública en el tema de eutrofización, podría desplegar las siguientes acciones en base a las siguientes recomendaciones:

1. Evaluar el aumentar su participación en convenios de cooperación público-privado, que le permita inyectar innovación ecológica y tecnológica en el Estado con respecto a tratamiento y prevención de eutrofización.
2. Generar modelos de escalamiento y replicabilidad para poder generar alianzas público-privado para las distintas regiones del país.

##### 4.4.2. Organismos del Estado

Los organismos estatales competentes en temas medioambientales han tenido que gestionar muchas variables y con intervención o propuestas tanto normativas, administrativas, técnicas, fiscalización, **entre otros**. Sin embargo, su monitoreo y muestreo es en ciertas épocas del año con representatividad estacional, algunos informes de NSCA tienen parámetros que no cumplieron la frecuencia de monitoreo, no tienen acceso a datos de parámetros en tiempo real, la gestión del Plan de Descontaminación del Villarrica ha sido burocrática y lenta en el tiempo y no ha entregado soluciones rápidas al problema de eutrofización que es un riesgo tanto ecológico como de salud humana, animal, **entre otros**. Ha pasado un año desde el inicio

del Plan y aun siguen en etapa de anteproyecto. Debido a lo anterior se recomienda al Estado lo siguiente:

- 1) Licitación de convenios con empresas privadas con un fondo para una cooperación público-privada, de esta manera el Estado se podría encargar de las fiscalizaciones, gestiones a empresas, pueblos alrededor de la cuenca y una entidad privada experta en soluciones ecológicas/tecnológicas podría constantemente regular la eutrofización en los sectores del lago que sean críticos. De esta manera, se darían soluciones rápidas y efectivas para evitar mayores riesgos a la población humana y animal, mientras el Estado fiscaliza los alrededores para prevenir el ingreso de nutrientes a la cuenca.
- 2) Que empresas privadas puedan cooperar con el monitoreo y muestreo de las campañas de las NSCA, dando datos con mucha mayor frecuencia y que sean más representativos de lo que sucede a diario en la cuenca. Lo anterior sería complementario a los monitoreos con la representatividad estacional que indican las NSCA.
- 3) Agilizar las gestiones y procesos administrativos del MMA y organismos afines, para así disminuir el tiempo de respuesta a contingencias relevantes en sectores de Chile. Se podría destinar mayor tiempo, urgencia a las reuniones con respecto al Plan de Descontaminación, avanzando más en cada oportunidad y así eliminar o disminuir las veces que se solicita más plazo. De esta manera, también se podría avanzar más rápido en cada etapa del plan y no quedarse mucho tiempo elaborando una etapa sin avances significativos y relevantes.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio están orientadas en base al objetivo de éste, el cual pretendía comparar las estrategias y resultados obtenidos por clientes de la empresa Ecoprojects y organismos del Estado con respecto a la medición, prevención y control de la eutrofización en cuerpos de agua.

Una primera conclusión sobre esto, es que la empresa Ecoprojects a través de sus clientes, ha logrado eficaz y eficientemente dar respuesta al riesgo de eutrofización en cuerpos de agua de Chile con equipos ecológicos y tecnológicos sin efectos adversos. Sin embargo, su campo de aplicación ha sido muy reducido hasta la fecha y no gestionan o previenen otras variables que no sean las algas. Ecoprojects ayuda a sus clientes a cumplir normativas vigentes y administrativamente son bastante sencillas todas sus gestiones de comercializar y asesorar.

Por su parte, los organismos estatales competentes poseen una variedad mucho mayor de estrategias y medidas. Estas son normativas que regulan parámetros de cuerpos de agua, calidad del agua, monitoreo, programa de vigilancia, informes de calidad, entre otros. Han permitido la participación de distintos actores tanto privados como particulares en sugerencias e ideas de toda índole para aportar al Plan de Descontaminación del Lago Villarrica. Sin embargo, sus monitoreos no aportan datos específicos en tiempo real o con alta frecuencia, tienen datos con representatividad estacional y a veces parámetros que no cumplen con la frecuencia de monitoreo necesaria. Con respecto al Plan de Descontaminación del Villarrica se ha estado en la primera etapa de anteproyecto por más de un año con pocos avances significativos, lo que demuestra burocracia y poca agilidad para dar soluciones a un cuerpo de agua con problemas de eutrofización.

Las acciones que este estudio se propuso para estudiar en detalle ambos modelos de gestión en el control de riesgo de eutrofización fueron:

En primer lugar, describir el funcionamiento técnico, administrativo y normativo de los procesos de prevención de eutrofización en Organismos del Estado competentes y empresa Ecoprojects. En ese sentido, este objetivo se ha cumplido a cabalidad, ya que se ha descrito el funcionamiento de estos tres aspectos en ambas entidades pública y privada. Normativamente el Estado genera las normas y posteriormente fiscaliza al respecto. Se enfocó el estudio principalmente en las Normas Secundarias de Calidad Ambiental vigentes y también se mencionaron normativas de calidad en agua potable, calidad de aguas de distintos usos, **entre otros**. Administrativamente se describieron aspectos como frecuencias de monitoreo, representatividad estacional, programa de vigilancia, informes de calidad, cantidad de información necesaria, incentivos económicos, plan de monitoreo mensual, plan de reducción de carga, plan regulador intercomunal, entre otros. En los aspectos técnicos se

analizaron aspectos como límites de detección, modelos matemáticos de predicción de comportamiento de contaminantes, bioingeniería al sistema algar, aplicar sistema de alcantarillado público, creación de app tecnológica por empresa que permita conocer los datos recabados por la autoridad en relación a los niveles de contaminación del lago.

Ecoprojects a través de los equipos que ha vendido a clientes, han logrado ayudar a cumplir normativas como las de agua potable y agua para distintos usos incluido recreativo y estético. Administrativamente es muy sencilla su gestión, son una pequeña empresa que simplemente venden y asesoran técnicamente a sus clientes para que ellos puedan después manejar el equipo exitosamente. En los aspectos técnicos se ha descrito a cabalidad todo lo pertinente a los equipos de ultrasonido y los efectos de esta tecnología inocua.

En segundo lugar, para el objetivo de comparar la gestión en relación a la eficiencia y eficacia para dar respuesta al riesgo de eutrofización. Se concluye que solo basándose en eficiencia y eficacia, Ecoprojects a través de sus clientes es la entidad más efectiva para dar respuesta al riesgo de eutrofización debido a su rapidez y eficacia en resultados ya comprobados. El Estado tiene monitoreos menos frecuentes, es lento y burocrático en gestionar soluciones de toda índole para los cuerpos de agua. Sin embargo, es importante recalcar que el estado debe controlar y dar solución a muchas más variables que una pyme que solo se dedica a un aspecto específico. El Estado debe proponer y aplicar diversas soluciones a muchos ámbitos como son fiscalización a empresas, incentivos económicos, alcantarillado público, PTAS, informes de calidad, medidas técnicas de reducción de nutrientes, prohibiciones, sanciones, **entre otros**. Por lo tanto, se debe recalcar que solo basándose en eficiencia y eficacia, Ecoprojects a través de sus clientes son los mas efectivos, sin considerar todos los aspectos a favor del estado.

En tercer lugar, en relación al objetivo de descripción y análisis sobre aspectos técnicos de equipos de ultrasonido comercializados por empresa Ecoprojects. Se concluye que este objetivo se logró en este estudio analizándose los aspectos técnicos de LG Sonic e-line, LG Sonic MPC-Buoy y Toscano DUMO Algacleaner. Se analizaron sus componentes, rango de tratamiento, características opcionales, características técnicas, ventajas del ultrasonido, tecnología de ultrasonido, proceso de eutrofización, beneficios de cada equipo, **entre otros**. Se dejó claridad de lo ecológicos y tecnológicos que son cada equipo, dejando evidencia de su inocuidad para humanos, peces y plantas no tóxicas.

En base a todos los resultados antes explicitados, se hace necesario reiterar la importancia de visualizar los recursos tanto en el nivel público como en el nivel privado, para hacer frente y gestionar el riesgo de eutrofización en cuerpos de agua del país.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ambientum. [En línea] [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/el\\_agua\\_motor\\_del\\_ecosistema.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el_agua_motor_del_ecosistema.asp).
2. Eula. [En línea] Noviembre de 2014. [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] [http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion\\_2014.pdf](http://www.eula.cl/fonis/wp-content/uploads/2014/06/PP-Clase-1-RUrrutia-Eutrofizacion_2014.pdf).
3. Colín O., Leticia. INEEL. *Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias*. [En línea] 2003. [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] <https://www.ineel.mx/boletin032003/art2.pdf>.
4. Guzmán Ramos, Aldo. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. *ub.edu*. [En línea] Junio de 2001. [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-296.htm>.
5. *Revista Agua*. [En línea] 31 de Diciembre de 2012. [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] <http://www.revistagua.cl/2012/12/31/los-lagos-y-lagunas-de-chile-son-cada-vez-menos-transparentes/>.
6. Ecoprojects. [En línea] [Citado el: 11 de Octubre de 2018.] <http://ecoprojects.cl/>.
7. Productos. *En: LG Sonic*. [En línea] <https://www.lgsonic.com/es/product/control-de-algas-en-estanques-con-lg-sonic-e-line/#>.
8. Productos. *En: LG Sonic*. [En línea] <https://www.lgsonic.com/es/product/control-y-monitoreo-de-algas-con-mpc-buoy/>.
9. LG Sonic. *Leading in ultrasonic algae control*. [En línea] <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-MPC-Buoy.pdf>.
10. algacleaner. *En: Ecoprojects*. [En línea] <http://ecoprojects.cl/algacleaner/>.
11. Algacleaner. *En: toscano*. [En línea] <https://www.toscano.es/ultrasonidos/algacleaner/>.
12. iagua. [En línea] <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>.
13. Definición.DE. [En línea] <https://definicion.de/ultrasonido/>.
14. LG Sonic. *Leading in ultrasonic algae control*. [En línea] <https://www.lgsonic.com/es/tecnologia-de-ultrasonido/>.
15. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Constitución Política de la República de Chile*. 1980.
16. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. *Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente*. 1994.
17. Ministerio de Salud. *Decreto Supremo 735, Reglamento de los Servicios de Agua, destinados al consumo humano*. 1969.
18. Ministerio del Medio Ambiente. *Decreto Supremo 39 Aprueba reglamento para la dictación de planes de prevención y de descontaminación*. 2013.

19. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto Supremo 9, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Biobío. 2015.
20. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto Supremo 53, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo. 2014.
21. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto Supremo 19, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del Lago Villarrica. 2013.
22. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Decreto Supremo 75, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Serrano. 2010.
23. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Decreto Supremo 122, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue. 2010.
24. Instituto Nacional de Normalización. Norma Chilena Oficial NCh 1333 Of. 78, Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. 1978.
25. Ministerio del Medio Ambiente. Resolución 177 Exenta, Establece primer programa de regulación ambiental 2016-2017. 2016.
26. LG Sonic. *Leading in ultrasonic algae control*. [En línea] <https://lg-sonic-lgsound1.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Cat%C3%A1logo-de-LG-Sonic-e-line.pdf>.
27. blogs-es. *En: LG Sonic*. [En línea] <https://www.lgsonic.com/es/blogs-es/como-prevenir-las-floraciones-de-algas/>.
28. Snifa. *Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental*. [En línea] <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1042180>.
29. Snifa. *Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental*. [En línea] <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041410>.
30. Snifa. *Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental*. [En línea] <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041409>.
31. Snifa. *Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental*. [En línea] <http://snifa.sma.gob.cl/v2/Fiscalizacion/Ficha/1041408>.
32. Ministerio del Medio Ambiente. Planes y Normas. *Expedientes Electrónicos*. [En línea] [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/2.\\_Informe\\_Tecnico\\_declaratoria\\_y\\_Anejos.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2018/proyectos/2._Informe_Tecnico_declaratoria_y_Anejos.pdf).
33. Universidad de la Frontera. Planes y Normas. *Expedientes Electrónicos*. [En línea] [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/Estudio\\_UFRO\\_480\\_602.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/Estudio_UFRO_480_602.pdf).
34. Naturalake. *Biosciences*. [En línea] <https://naturalake.com/el-tratamiento-de-lagos-y-lagunas-con-el-sulfato-de-cobre-y-cobre-quelado/>.
35. Instituto Nacional de Normalización. Norma Chilena Oficial NCh 409/1 Of. 2005, Agua potable - Parte 1 - Requisitos. 2005.
36. Sánchez, Ramoni, Isabel, Martín y Fahd, Khalid. Artículos Técnicos. *En: TECNOAQUA*. [En línea] Marzo-Abril de 2016. <https://www.tecnoaqua.es/articulos/20200214/articulo-tecnico-tratamiento-ultrasonico-microalgas-parametros-calidad-agua-balsa-riego#.XIX0aGnPwV>.

37. Universidad de La Frontera. Planes y Normas. *Expedientes Electrónicos*. [En línea] [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/603-675\\_Informe\\_Final\\_Ufro\\_parte\\_II.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/603-675_Informe_Final_Ufro_parte_II.pdf).
38. Angol Amigable E.I.R.L. Planes y Normas. *Expedientes Electrónicos*. [En línea] Marzo de 2019. [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/70c\\_Folio\\_197-242.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/70c_Folio_197-242.pdf).
39. Red de Acción por los Derechos Ambientales. Planes y Normas. *Expedientes Electrónicos*. [En línea] Marzo de 2019. [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/054\\_Folio\\_243-413.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2019/proyectos/054_Folio_243-413.pdf).
40. Ministerio del Medio Ambiente. Planes. *En: Planes y Normas*. [En línea] [http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id\\_expediente=934134](http://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=934134).

**ANEXOS**

**ANEXO A: PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ULTRASONIDO**

**PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD**

Fecha de creación: marzo de 2020

**PROCEDIMIENTO DE TRABAJO SEGURO PARA INSTALACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE ULTRASONIDO**

Elaborado por	Revisado por	Aprobado por
Brian Freeman Campusano Ing. Prev. De Riesgos		

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Los accidentes que pueden ocurrir al manipular artefactos eléctricos pueden ser de alta gravedad y con alta probabilidad de mortalidad en algunos casos. Si se le suma la variable agua, esto aumenta considerablemente el riesgo de conducción y contacto eléctrico. Es por esto que se debe ser muy riguroso con las medidas de prevención que apliquen a la instalación y mantenimiento de los equipos de ultrasonido que van flotando en cuerpos de agua.

## **2.- OBJETIVO:**

- Establecer un procedimiento oficial, para que la instalación y mantenimiento de equipos de control de algas se realice uniformemente, de manera correcta y segura.
- Facilitar el entrenamiento y/o capacitación de trabajadores y clientes.
- Servir como pauta para detectar acciones subestándar en caso de Observación Planeada de Tareas.

## **3.- ALCANCE:**

El presente PTS alcanza a los trabajadores de la pyme que instalan los equipos y a los mismos clientes que deciden instalarlos por su cuenta.

## **4.- DEFINICIONES:**

- PTS: Procedimiento de Trabajo Seguro.
- EPP: Elemento de Protección Personal.
- Acción Insegura: se refiere a cualquier acción (cosas que se hacen) o falta de acción (cosas que no se hacen) que pueden llevar a un accidente.

## **5.- ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A USAR:**

- Guantes dieléctricos (clase 00, 500 V como mínimo).
- Zapatos de seguridad dieléctricos.
- Casco de seguridad dieléctrico.
- Protección visual (lentes gruesos o antiparras).
- Chaleco salvavidas (el que instala el equipo en cuerpo de agua).

## **6.- ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES**

- Gerente general: velar por el cumplimiento del PTS.
- Gerente técnico: será el responsable de implementar el PTS, conocerlo a cabalidad e instruir al personal involucrado en la labor.

- Asesores externos: Realizar las sugerencias, aportes, modificaciones, observaciones, **entre otros**, a este PTS.

## **7.- DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

### **7.1.- ANTES**

- Revisar estado de aislaciones de cable que une transmisor ultrasónico con caja de control y cable que une esta caja con la corriente.
- No conectar caja de control a la corriente ni emisor ultrasónico a caja de control.
- Dejar en tierra cable que une emisor ultrasónico con caja de control.
- Antes de conectarlo, verificar que la tensión de red es la necesitada por el equipo.
- Antes de su puesta en marcha comprobar si existe algún componente dañado.
- Ponerse todos los EPP mencionados anteriormente.
- Revisar que caja de control y partes metálicas tengan conexión a tierra (Barra Cooper).
- Revisar estado de fusible y protector diferencial.

### **7.2.- DURANTE**

- Dos personas deben realizar la labor de instalación, una se lleva en una pequeña embarcación el equipo para instalarlo y anclarlo al fondo. El otro se localiza en tierra sosteniendo el cable que une emisor y caja vigilando que una parte considerable del cable se mantenga en un área seca.
- Una vez anclado e instalado el equipo en el cuerpo de agua, el trabajador se devuelve a la orilla con la embarcación.
- El trabajador se retira del bote cuidando de no mojar la porción de cable que se encuentra en tierra (área seca). Debe ir a cambiarse cualquier prenda que quedó mojada.
- El trabajador en área seca que sostiene el cable debe conectar el emisor ultrasónico con la caja de control y luego conectar la caja de control a la corriente eléctrica.

### **7.3.- DESPUÉS**

- Verificar funcionamiento del equipo a través de caja de control y control remoto.
- Guardar EPPs en lugar protegido de daños y condiciones adversas.
- Desconectar el equipo si se detecta alguna anomalía.
- Las reparaciones serán realizadas por personal especializado
- Para los mantenimientos se deben considerar las mismas precauciones descritas anteriormente, con la diferencia de que ahora se realiza mantenimiento en vez de instalación.
- En funcionamiento, no acercarse al transmisor a la cabeza o al pecho

- Ante la necesidad de alargar alguno de los cables, utilice siempre mangueras con conexión a tierra. Para las conexiones externas utilice siempre enchufes estancos de acuerdo con la normativa local.
- Nunca sumergir la unidad de control o sus conectores en el agua
- Desconectar el equipo antes de abrir la unidad de control o de manipular sus conexiones
- Si se necesita mover el transmisor no se debe hacer tirando del cable del emisor.

## 8.- ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO

Etapas	Riesgos Asociados	Métodos de prevención/control
Antes de instalación/mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacto eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar cables con aislamiento en buen estado y protección IP-68.</li> <li>• Desconectar los dos cables con guantes dieléctricos secos.</li> <li>• Verificar Barra de tierra (Barra Cooper).</li> <li>• Verificar fusible y protector diferencial.</li> <li>• Guantes, casco y zapatos dieléctricos.</li> <li>• Antiparras o lentes gruesos de seguridad.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antes de su puesta en marcha comprobar si existe algún componente dañado</li> </ul>
Durante instalación/mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída distinto nivel (bote a estanque).</li> <li>• Contacto eléctrico.</li> <li>• Porción de cable en tierra se encuentra mojado.</li> <li>• Pegar contra (trabajador contra bote).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaleco Salvavidas.</li> <li>• Cables desconectados.</li> <li>• Otro trabajador en tierra sostiene cable en área seca.</li> <li>• Utilizar bote estable y firme.</li> <li>• Trabajador sobrio y sin efecto de drogas o medicamentos que alteren motricidad y el sueño.</li> <li>• Trabajador se retira del bote lejos del cable que une emisor y caja de control.</li> <li>• Guantes, zapatos y casco dieléctricos.</li> <li>• Antiparras o lentes gruesos de seguridad.</li> </ul>
Después de instalación/mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de lesiones</li> <li>• Contacto eléctrico</li> <li>• Rotura de cable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En funcionamiento, no acercar el transmisor a la cabeza o al pecho</li> <li>• Desconectar el equipo si se detecta alguna anomalía</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>• Nunca sumergir la unidad de control o sus conectores en el agua</li><li>• Desconectar el equipo antes de abrir la unidad de control o de manipular sus conexiones</li><li>• Si se necesita mover el transmisor no se debe hacer tirando del cable del emisor</li><li>• Ante la necesidad de alargar alguno de los cables, utilice siempre mangueras con conexión a tierra. Para las conexiones externas utilice siempre enchufes estancos de acuerdo con la normativa local.</li></ul>
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacto Eléctrico</li> <li>• Daño a EPPs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barra Cooper, fusible y protector diferencial.</li> <li>• Guantes, casco y zapatos dieléctricos.</li> <li>• Antiparras o lentes gruesos de seguridad.</li> <li>• Verificar cables con aislamiento en buen estado y protección IP-68.</li> <li>• Dejar EPPs en lugar seguro y aislado de condiciones adversas.</li> <li>• Enviar EPP a mantención en caso de ser necesario.</li> </ul>
--	---	--

## 9.- CONTROL DE MODIFICACIONES

Las modificaciones que se hagan a este procedimiento, deberán quedar registradas en la siguiente tabla:

Revisión	Fecha	Descripción de modificaciones	Modificado Por

Nota: El PTS Deberá revisarse anualmente y registrar las modificaciones cada vez que se realicen. Además deberá registrar la identificación de quien realiza la o las modificaciones.

