

Parámetros de calidad de agua y su correlación

1 Introducción

Lo descrito en este reporte corresponde al análisis de correlación de parámetros de calidad de agua desarrollado en el marco del proyecto Mas-Azul. El propósito fue determinar las relaciones más fuertes entre tales parámetros para encontrar respuestas ante alteraciones de uno o varios de ellos en el seno de una masa de agua.

2 Características de las condiciones de operación de la unidad de monitoreo remoto

La medición de parámetros de calidad de agua permite identificar la presencia de contaminantes para prevenir riesgos para la protección, la conservación del medioambiente, o la preservación de la naturaleza [1]. Estos contaminantes pueden ser introducidos a una cuenca o directamente a un volumen de agua debido a la acción humana, por ejemplo, actividades agrícolas, urbanas e industriales, o bien, debidos a la acción de la propia naturaleza como algunos patógenos, o deposiciones naturales como cenizas de volcanes [2]. Un esquema representativo se muestra en la Figura 1.

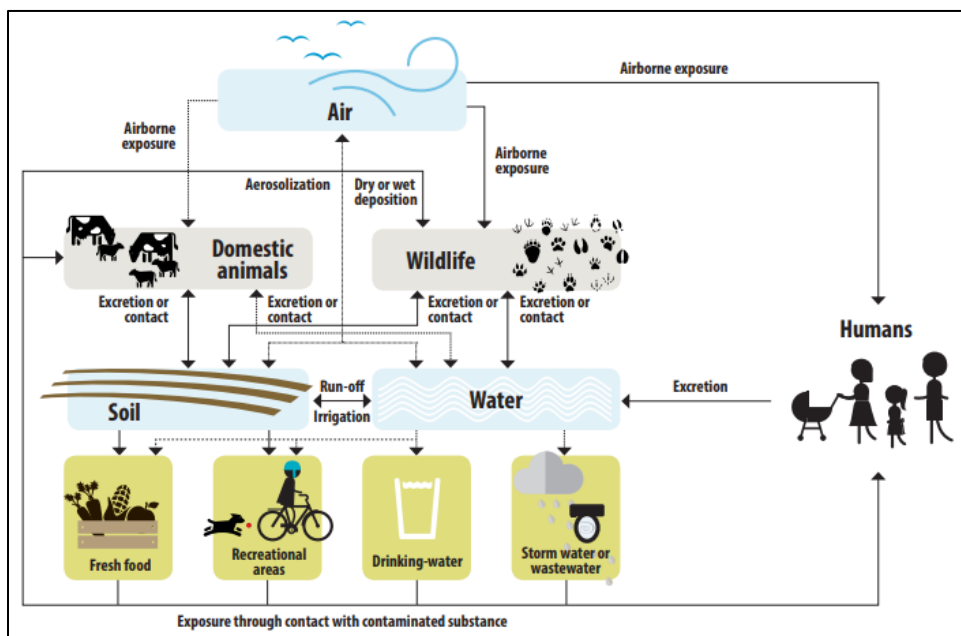


Figura 1 Esquema de las fuentes de contaminación de las aguas. Fuente: Organización Mundial de la Salud (WHO) [2]

De ahí la necesidad de contar con un sistema de monitoreo de calidad de agua que informe en el menor tiempo posible la detección de alguna alteración en los parámetros de calidad. Esto es posible debido a la evolución de nuevas tecnologías y metodologías para el monitoreo de sistemas acuáticos que permiten recolectar información en diferentes escalas. Como se afirma en el informe Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas “parte de la problemática de hoy se encuentra en que los sistemas de monitoreo convencionales in situ permiten observar en

forma discreta solamente algunos cuerpos lacustres, en algunos puntos y en algunas épocas del año” [3].

De esta forma, el uso de sensores, en combinación con una plataforma adecuada, proporcionan exactitud, precisión y datos en tiempo real que aseguran la optimización del manejo de calidad de agua, reducción de costos operacionales y ofrecen una respuesta rápida [4]. Un listado de sensores disponibles comercialmente y los parámetros de calidad de agua que miden se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Resumen de tipos de sensores y metodologías para la medición de parámetros de calidad del agua. Fuente: Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas [3].

Tipos de parámetros	Parámetros	Sensores y metodología
Físicos	Temperatura	Termopares (termocuplas), resistencias o semiconductores
	Materia orgánica disuelta	Fluorómetro
	Turbidez	Nefelómetro
	Transparencia	Sensores de luz a diferentes profundidades Disco Secchi
	Profundidad/presión	Transductores de presión
Químicos	pH	Electrodos sensitivos de iones
	Conductividad/salinidad	Electrodos sensitivos de iones
	Oxígeno disuelto/Dióxido de carbono	Sensores de electrodos con membrana Sensores ópticos con membrana fluorescente
	Nutrientes (NH ₄ , NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , Cl)	Electrodos sensitivos de iones Espectrometría y fluorometría mediante absorciones específicas de UV e IR
Biológicos	Clorofila	Sensores de fluorescencia
	Algas verde-azules/Cianobacterias (Ficocianina/Ficoeritrina)	Sensores de fluorescencia
	Peces	Sonar, radio telemetría
Meteorológicos	Velocidad y dirección del viento	Anemómetros
	Humedad relativa	Higrómetros
	Precipitación	Pluviómetros, sensores de radar y de presión
	Radiación solar	Fotodetectores de intensidad de luz

El lago Llanquihue es el segundo lago más grande a nivel nacional [5], con una superficie de 870,5 km², una profundidad promedio de 182 m llegando a su punto más profundo a 317 m. De acuerdo a la Dirección General de Aguas citada en el informe, el volumen de agua almacenado es de 158,6 km³.

En sus riberas existe un alto grado de desarrollo urbano, sustentando un mayor nivel de actividades de distinto tipo que dependen de la calidad del agua. Los niveles de calidad de agua en base a algunos de los parámetros referenciados en la Tabla 1 se muestran en Tabla 2.

Tabla 2 Niveles de calidad por áreas de vigilancia en el lago Llanquihue. Fuente: Decreto 122 [1]

		Áreas de vigilancia			
Parámetros	Unidad	LI-O Puerto Octay	LI-F Frutillar	LI-E Ensenada	LI-V Pto. 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
O2 disuelto	mg/l	≥8,5	≥8,5	≥8,5	≥8,5
O2 disuelto	% 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

3 Parámetros de calidad de agua y su correlación

La finalidad de este análisis fue el de determinar los parámetros de calidad de agua y su correlación más fuerte entre ellos; esto surge con la inquietud de plantear análisis de sensibilidad, en los que la modificación de una o dos variables de calidad de agua (por efecto de algún agente externo) genera una respuesta en los restantes parámetros. Los parámetros de calidad del agua más importantes son: temperatura, clorofila, materia orgánica disuelta (DOM), pH, turbiedad, sólidos suspendidos totales, fósforo total, nitrógeno total, nitrato, conductividad y saturación de oxígeno [6]. Las correlaciones más fuertes son, ver Tabla 3:

Tabla 3 Correlación entre parámetros de calidad de agua. Fuente: Paulina Ramos [6] en colaboración con equipo Mas-Azul.

Parámetro A	Parámetro B
Temperatura	pH
	Oxígeno disuelto
	Conductividad eléctrica
	Clorofila
Conductividad eléctrica	Total de sólidos disueltos (TSD)
Turbidez	Total de sólidos disueltos (TSD)

4 Bibliografía

- [1] M. S. G. d. I. Presidencia, «Decreto 122 - Normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del Lago Llanquihue,» Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Santiago de Chile, 2010.
- [2] WHO, «Protecting Surface Water for Health,» WHO Library Cataloguing in publication Data, Ginebra - Suiza, 2016.
- [3] D. G. d. Aguas, «Diagnóstico de la condición trófica de cuerpos lacustres utilizando nuevas herramientas tecnológicas,» Ministerio de Obras Públicas, Santiago de Chile, 2014.
- [4] D. Saboe, H. Ghasemi, M. Ming Gao, M. Samardzik, K. Hristovsky, D. Boscovic, S. Burge, R. Burge y D. Hoffman, «Real-time monitoring and prediction of water quality parameters and algae concentrations using microbial potentiometric sensor signals and machine learning tools,» *Science of the total environment*, 2020.
- [5] C. N. d. M. A. (CENMA), «Ministerio del Medio Ambiente,» 2011.
- [6] P. Ramos, «Informe Técnico de parámetros a considerar y su correlación en el monitoreo del Lago Llanquihue,» Equipo Mas-Azul, Valdivia, 2021.