



Informe Final

Convenio de Desempeño 2023

Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales
en la zona sur-austral de Chile, 2023

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2023



Informe Final

Convenio de Desempeño 2023

Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile, 2023

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2023

REQUIRENTE SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño

Javiera Petersen Muga

EJECUTOR INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación en Acuicultura
Gastón Vidal Santana

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

JEFE PROYECTO
Osvaldo Artal Arrieta

AUTORES
Osvaldo Artal Arrieta
Pedro Valdebenito Muñoz
Javiera San Martín Parra
Jurleys Vellojin Furnieles
Luis Avello Fernández

ÍNDICE GENERAL

Resumen ejecutivo.....	5
1. Antecedentes.....	7
1.1 Contexto.....	7
1.2 Sistemas de monitoreo en línea.....	9
2. Objetivos.....	17
2.1 Objetivo General.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3. Metodología.....	18
3.1 Metodología objetivo específico 1: Administrar y optimizar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de datos provenientes del sistema de monitoreo en línea de las ACS.....	18
3.2 Metodología objetivo específico 2: Administrar e incorporar las funciones y mejoras sugeridas por las instituciones públicas en la plataforma web de la información transmitida por el sistema de monitoreo en línea de las ACSs.....	21
3.3 Metodología objetivo específico 3: Caracterizar los rangos típicos de variables ambientales en zonas ente las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena con información histórica disponible y/o información de modelos numéricos.....	22
4. Resultados.....	29
4.1 Resultados objetivo específico 1: Administrar y optimizar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de datos provenientes del sistema de monitoreo en línea de las ACS.....	29
4.2 Resultados objetivo específico 2: Administrar e incorporar las funciones y mejoras sugeridas por las instituciones públicas en la plataforma web de la información transmitida por el sistema de monitoreo en línea de las ACSs.....	37
4.3 Resultados objetivo específico 3: Caracterizar los rangos típicos de variables ambientales en zonas ente las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena con información histórica disponible y/o información de modelos numéricos.....	42
5. Discusión.....	59
6. Conclusiones.....	62
Anexo A: Gestión del proyecto.....	64
Anexo B: Sensor multiparámetro.....	71
Anexo C: Recursos Computacionales.....	73
Referencias bibliográficas.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo en línea, desde la toma de datos hasta la visualización de la información.....	15
Figura 2: Esquema del sistema de recepción y almacenamiento de la información ambiental recolectada y transmitida por la red de monitoreo de la acuicultura.....	20
Figura 3: Página inicio aplicación web de visualización de la información transmitida por la red de monitoreo de las Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura.....	23
Figura 4: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Los Lagos entre los años 2010 y 2023.....	26
Figura 5: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Aysén entre los años 2010 y 2023.....	27
Figura 6: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Magallanes entre los años 2010 y 2023.....	28
Figura 7: Esquema simplificado de la base de datos de mediciones del sistema de monitoreo.....	35
Figura 8: Componentes de sistema de procesamiento y visualización de los datos del proyecto "Boyas".....	38
Figura 9: Nueva página de inicio de CHONOS donde se puede observar el enlace a la pagina web de este proyecto de Boyas.....	40
Figura 10: Nueva página principal de la aplicación "Boyas".....	41
Figura 11: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS 10A.....	42
Figura 12: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS34.....	42
Figura 13: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS43A.....	43
Figura 14: Diagrama de cajas para las variables medidas por las estaciones de monitoreo ACS.....	49
Figura 15: Magnitud y dirección del viento entre junio y noviembre de 2023 medido por las estaciones de monitoreo de las ACS.....	51
Figura 16: Diagramas de cajas para las variables meteorológicas medidas por las estaciones de monitoreo de las ACS.....	52
Figura 17: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Los Lagos... ..	54
Figura 18: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Aysén.....	56
Figura 19: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Magallanes... ..	58
Figura 20: Sensor multiparámetro WiMO de NKE.....	75

Índice de tablas

Tabla 1: Variables a monitorear por cada boya según lo expuesto en el artículo 4 del reglamento de control en línea de parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones de acuicultura (Ley General de Pesca y Acuicultura) y la Resolución 3408 de la Subpesca del 29 de Diciembre de 2021.....	16
Tabla 2: Resumen de la profundidad de los sensores de las estaciones de monitoreo instaladas por las diferentes ACS durante el año 2022.....	16
Tabla 3: Resumen de la profundidad de los sensores de las estaciones de monitoreo que serán instaladas por las diferentes ACS durante el año 2023.....	17
Tabla 4: Resumen características técnicas nuevo servidor FTP para uso exclusivo del sistema de recepción y almacenamiento.....	30
Tabla 5: Resumen titulares de ACS y proveedor externo de instalación, mantención y transmisión de las mediciones del sistema de monitoreo.....	32
Tabla 6: Campos de la tabla principal “Boya” en la base de datos del sistema Django.....	37
Tabla 7: Listado de incidencias detectadas en cada una de las ACS entre el inicio de las mediciones hasta el 15 de mayo del 2023.....	44
Tabla 8: Porcentaje de datos identificados como información no válida en las estaciones de monitoreo de las ACS. La información corresponde al período medido entre junio y noviembre de 2023.....	48
Tabla 9: Valores mínimos y máximos de los parámetros medidos por los sensores oceanográficos de las estaciones de monitoreo de las ACS.....	50
Tabla 10: Valores mínimos y máximos de los parámetros meteorológicos medidos por las estaciones de monitoreo de las ACS.....	52
Tabla 11: Rangos de oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, y clorofila en la Región de Los Lagos.....	55
Tabla 12: Rangos de oxígeno disuelto. temperatura, salinidad, y clorofila -a en la Región de Aysén.....	57
Tabla 13: Rangos de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, y clorofila-a en la Región de Magallanes y la Antártica chilena.....	59
Tabla 14: Resumen de los rangos de medición, precisión y resolución de los sensores del multiparámetro WiMO.....	76
Tabla 15: Especificaciones técnicas del servidor web para sistema de monitoreo de las ACS, ubicado en Data Center en Santiago.....	77
Tabla 16: Especificaciones técnicas del servidor de almacenamiento de respaldo de información de las ACS ubicado en IFOP-Putemún, Castro.....	77

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta el estado actual y el desarrollo del sistema de recepción, almacenamiento y visualización del sistema de monitoreo en tiempo real de las Agrupaciones de Concesiones de la Salmonicultura (ACS). Este proyecto nace con la necesidad de crear un repositorio de datos de las estaciones de monitoreo oceanográficas/atmosféricas que se han instalados a la fecha y las próximas que se instalarán como consecuencia de la completa implementación del Artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura. El propósito de este sistema es implementar un repositorio de datos de variables oceanográficas y atmosféricas, con el fin de generar información útil para los organismos tomadores de decisiones, y a su vez aumentar el conocimiento medioambiental de la Patagonia Chilena. Este tipo de sistemas de monitoreo permitirán a futuro estudiar adecuadamente factores que influyen en el desarrollo de acontecimientos como las floraciones de algas nocivas (FAN), identificar zonas con concentraciones bajas de oxígeno disuelto, impactos de la industria acuícola, contaminación de bancos de mitílidos naturales, entre otros. Este proyecto comenzó a operar en enero del 2020 en etapas de 12 meses, recibiendo los primeros datos de transmisión durante el año 2022. A la fecha se cuentan con 5 estaciones de monitoreo operativas.

En primer objetivo de esta etapa del proyecto fue adquirir, configurar e implementar un nuevo servidor para que sea usado exclusivamente como un servidor de recepción y almacenamiento de la información transmitida por la ACS, separando este sistema del servidor de visualización de dicha información como se estaba operando en las etapas anteriores. La razón de este cambio, fue para dar mayor robustez al sistema y evitar que por ejemplo algún problema con el servidor de visualización pueda producir una falla que no permita la recepción correcta de los datos de las ACS. Se considera que esta es la mejor opción para garantizar la disponibilidad del servidor y asegurar que este tenga una mínima exposición a algún tipo de intervención maliciosa.

Otro objetivo de este proyecto consistió en mantener el sistema de manera continua y estable para recibir la información de las antiguas y nuevas estaciones de monitoreo. Por lo tanto, en esta etapa continuamos recibiendo la información de las 3 estaciones de monitoreo en tiempo real de las ACS instaladas a fines del año 2022 y se agregaron 2 de las 3 estaciones declaradas por resolución exenta de Subpesca a la fecha de escritura de este informe. Los titulares responsables de estos nuevos 3 sistemas son: Camanchaca para la estación de monitoreo ubicada en la región de Los Lagos, Salmones Antártica para la estación de monitoreo ubicada en la región de Aysén, y Blumar Magallanes para la estación de monitoreo ubicada en la región de Magallanes. De las 3 nuevas estaciones, sólo la estación perteneciente a la Salmones Antártica se encuentra operando al 100%, en la

estación de Camanchaca sólo se está transmitiendo la información meteorológica y de GPS, y finalmente Blumar aún no se ha coordinado con IFOP para comenzar a transmitir su información. Cabe destacar que esta nueva información ya se encuentra incorporada en el sistema de visualización previamente desarrollado, adaptando todos los algoritmos de procesamiento y análisis de datos, y alertas ambientales.

Al contar con toda la información ambiental transmitida por las ACS, comenzamos a desarrollar algoritmos para lectura, procesamiento, respaldo y visualización de la información transmitida. Por lo tanto, se comenzaron a implementar las primeras alertas automáticas del sistema desde IFOP. La primera alerta ya implementada consiste en el envío de un correo electrónico hacia los titulares de ACS con copia a Subpesca cuando se deja de recibir información desde una ACS en particular. Esta alerta puede ser del sistema de monitoreo completo o de uno o más sensores específicos. Este algoritmo se encuentra revisando continuamente y se activa cuando no se reciben datos en un período de 6 horas. La alerta se repite por segunda vez si han pasado 24 horas, y se repite una última vez si han pasado 5 días. El correo final a los 5 días es para alertar al titular de ACS que estaría fuera de plazo para resolver o manifestar el estado/problema del sensor/sistema a la Subpesca.

Además, internamente los datos transmitidos por las estaciones de monitoreo son sometidos a un proceso de análisis con el fin de identificar, verificar y eliminar posibles valores erróneos detectados en la información. El proceso está basado en filtrar la información mediante 3 criterios de detección, los cuales son: valores fuera de rango, valores escapados (criterio ± 4 desviaciones estándar), y finalmente valores constantes.

Por otra parte, para establecer un marco de referencia de los parámetros ambientales para futuras alertas del sistema, se analizaron los datos históricos de columna de agua recopilados por IFOP durante las campañas comprendidas en el período 2010-2023. De aquí se concluyó que el comportamiento de las variables estudiadas están moduladas por patrones estacionales y espaciales típicos de cada zona de estudio. A grandes rasgos, la presencia de ríos y glaciares es uno de los principales factores que modulan los patrones espaciales, modulando los valores de temperatura, salinidad y la estratificación a lo largo de la zona costera de la Patagonia chilena. Por otro lado, la dinámica estacional está modulada por la radiación solar, la cual define valores estacionales de la temperatura, clorofila y por ende los valores de oxígeno en la capa superficial.

Finalmente, mencionar que se realizaron mejoras y actualizaciones al sistema de visualización de la información transmitida por las ACS. Entre las mejoras podemos mencionar que la página quedó integrada dentro del sistema de observación oceanográfico CHONOS. En este sentido, se incorporaron los logos de la Subpesca, del Ministerio de Economía y del IFOP en la parte superior de la página de inicio. De momento, este

proyecto se nombró simplemente como BOYAS (nombre que puede ser cambiado en la próxima etapa) y fue incorporado como app dentro de la plataforma. Sin embargo, no figura en el listado de las otras aplicaciones, sino que aparece dentro de una sección propia en la página principal de CHONOS y también en la barra lateral de navegación. A su vez, se diseñó una nueva página de inicio del proyecto, al cual se puede acceder directamente desde el enlace <https://chonos.ifop.cl/acs/start/> o a través del sitio web CHONOS (<https://chonos.ifop.cl>). Los datos de todas las estaciones de monitoreo incorporados a la fecha se encuentran disponibles en este sitio.

1. ANTECEDENTES

1.1 Contexto

La variabilidad de los procesos oceanográficos y atmosféricos, además de las actividades que se desarrollan actualmente en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes tienen una importante influencia en la recurrencia de fenómenos naturales como las Floraciones Algales Nocivas (FANs; conocidas coloquialmente como mareas rojas) o brotes de patógenos (Buschmann et al., 2009, Mardones et al., 2021). Por otra parte, diversos estudios abarcan los potenciales impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos (Sarmiento et al., 2004, Hoegh-Guldberg & Bruno, 2010, Collins et al., 2010, Aguayo et al., 2019) y de la necesidad de implementar sistemas de monitoreos para su estudio (Malone et al., 2010, Barruffa et al., 2021). En esta línea, la escasez de sistemas de información en tiempo real limita conocer el verdadero impacto del cambio climático sobre los ecosistemas costeros en Chile. La instalación de sistemas de observación podrían generar sistemas de alertas tempranas para peligros costeros (marejadas, FANs, detectar zonas de bajo oxígeno, etc) o aplicarse en el monitoreo del cambio climático, áreas marinas protegidas, zonas portuarias o de acuicultura (Grez et al., 2020). En el ámbito de la acuicultura en los fiordos y canales de la Patagonia chilena, el monitoreo ambiental con información en tiempo real tanto de variables atmosféricas como oceanográficas se plantea como una herramienta de gran valor para la adecuada sincronización entre el manejo productivo y las condiciones ambientales, así como para la oportuna reacción ante eventos de emergencias sanitarias y/o ambientales como las FANs (Sandoval et al., 2018), y a su vez, para la generación de series de tiempo de larga duración para estudios en el contexto de variabilidad climática.

La instalación de sistemas de observación mediante boyas oceanográficas y estaciones meteorológicas forman parte de los instrumentos más usados a nivel mundial para el monitoreo medioambiental. Estos sistemas nos permiten registrar y transmitir información de las condiciones ambientales en tiempo real o casi real, lo cual es importante para la gestión costera y la toma de decisiones. Contar con sistemas de monitoreo continuos y en línea de nuestros sistemas costeros oceánicos tiene una gran importancia para sectores económicos (agricultura asociada a zonas costeras, pesquerías, acuicultura, turismo o exigencias de transporte seguro, entre otras), científicos (facilitando información que permita comprender el sistema hidrodinámico físico-biogeoquímico o incluso mejorar la modelación atmosférica y oceanográfica) y políticos (información que ayude a mejorar la toma de decisiones en los que respecta a la conservación de los sistemas costeros de la Patagonia). Para lograr un óptimo monitoreo de nuestra diversidad de ecosistemas, se requiere de instrumental oceanográfico y meteorológico con normas de calidad estandarizadas, laboratorios de calibración calificados, equipamiento de gran envergadura

que permita compartir datos de alta calidad y representativos de cada región que se ajusten a las necesidades del país y por sobre todo, una plataforma que permita difundir los datos a los usuarios y autoridades para la toma de decisiones (Grez et al., 2020).

En el caso particular de la zona austral de Chile, se observa una importante evolución del conocimiento de la oceanografía durante los últimos años motivada por la necesidad de gestionar en forma sustentable el desarrollo de la acuicultura (Quiñones et al., 2019) y apoyada por diversas iniciativas con financiamiento público. Entre estas iniciativas podemos mencionar: los proyectos de Convenio de Desempeño suscritos entre la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño y el Instituto de Fomento Pesquero, los proyectos del Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola (FIPA), así como también el programa de investigación CIMAR (Silva & Palma, 2008) del Comité Oceanográfico Nacional (CONA). De esta forma, la investigación del océano y la atmósfera en la región se ha convertido en un instrumento vital para el óptimo desarrollo de la pesca y la acuicultura, así como también para otras actividades, como el turismo, la navegación segura y la conservación-sustentabilidad ambiental, permitiendo tomar decisiones enfocadas en el crecimiento sustentable de las regiones. Desde la perspectiva socio-económica, surge la necesidad impostergable de generar una adecuada sincronización entre el manejo productivo de la acuicultura en los fiordos y canales de la Patagonia chilena y el conocimiento de las condiciones ambientales que la sustentan, a través de un sistema de monitoreo permanente y en línea con los usuarios acuícolas.

Este sistema de monitoreo permitirá caracterizar los fiordos y canales donde se encuentran las zonas de producción de salmónidos. La zona de fiordos y canales de la Patagonia son sistemas estuarinos complejos que poseen un alto grado de susceptibilidad a la variabilidad climática y oceanográfica (física y biogeoquímica) porque están sujetos tanto a diferentes factores regionales como locales. Entre ellos se incluyen; (1) la entrada de agua dulce del deshielo de los glaciares y ríos con alto aporte de materia orgánica y nutrientes (por ejemplo ácido silícico) que contribuye a una serie de procesos biogeoquímicos (Torres et al., 2011b; González et al., 2019; Vergara-Jara et al., 2019). La entrada de agua dulce a los fiordos también genera estratificación de la superficie y crean una marcada haloclina; (2) estacionalidad de la productividad primaria, impulsada por los regímenes de radiación solar y nutrientes de masas de agua oceánicas y efluentes terrestres; (3) La advección vertical, producida por el estrés de vientos, que permite el enriquecimientos con carbono inorgánico disuelto y nutrientes de masas de aguas subsuperficial oceánicas; (4) Intercambio de gases aire-mar, favorecido en estas zonas subpolares por las bajas temperatura y los fuertes vientos; (5) Presencia de glaciario con terminal marina o terrestre, este último aporta grandes cantidades de sedimentos que ingresan a los fiordos y se mantienen en suspensión, bloqueando la luz e inhibiendo el proceso fotosintético; y, (6) la batimetría del fiordo, la cual modula la circulación de las

masas de agua (Torres et al., 2014; Alarcón et al., 2015; Iriarte, 2018; Giesecke et al., 2019).

1.2 Sistemas de monitoreo en línea

Una limitación general de la oceanografía a nivel nacional es la falta de datos de terreno disponibles en tiempo real o casi real. Contar con una red de estaciones de monitoreo (sistema de monitoreo) capaz de entregar datos en tiempo real en una amplia zona geográfica permite mejorar el conocimiento de los sistemas oceanográficos, facilitando por ejemplo la toma de decisiones de las autoridades en caso de emergencias o eventos ambientales o bien para gestionar la planificación territorial o costera. En el caso particular de Chile, este sistema de monitoreo en línea permitirá entender los impactos locales de la variabilidad climática, la dinámica de los procesos regionales en la interfase aire-mar a lo largo de la costa de Chile y su teleconexión asociada a la variabilidad climática tropical, y al transporte de propiedades y sus relaciones con el clima del Pacífico entre otras. En otro contexto, estos sistemas de monitoreo también permiten evaluar y mejorar los modelos numéricos de la región, dado que contar con información continua en el tiempo permite reducir los errores de dichos modelos e incluso permite desarrollar nuevos modelos.

A nivel mundial, son diversos los países y organizaciones que han implementado un sistema de observación o monitoreo del océano en tiempo real. La Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), junto con otras organizaciones patrocinan el Sistema Mundial de Observación de los Océanos (GOOS, <https://www.goosocean.org/>). El programa COPERNICUS (<https://www.copernicus.eu/es>) perteneciente a La Unión Europea (UE), antes conocido como “Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad” está compuesto por información espacial *in situ* de estaciones meteorológicas, boyas oceánicas y estaciones de calidad del aire. El sistema ARGOS (<https://www.argos-system.org>) cuenta con información espacial y datos de observación *in situ* provenientes de boyas ancladas y a la deriva, presentes en todo el mundo. También existe el programa “Global Tropical Moored Buoy Array, NOAA” (GT MBA, <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/>) y muchos más en el resto del mundo. Algunos se encuentran integrados al GOOS y/o pertenecen a las principales agencias de investigación de los océanos, mientras que otros, se desarrollan/administran a escala regional o se encuentran en los primeros niveles de implementación. En general, las grandes potencias del mundo y los países que se desarrollan principalmente en base a los recursos marinos, son los que tienen los mejores y más completos sistemas de observación. Sin embargo, los productos de muchos de estos sistemas son inaccesibles para el público general, y sólo se puede acceder a sus

especificaciones y datos mediante la inscripción y/o pago en las diferentes plataformas de difusión.

Si bien el Gobierno de Chile ha impulsado y mantenido programas de monitoreo del océano, éstos no son en tiempo real y en ocasiones puede ser difícil el acceso a esta información. Uno de los programas de monitoreo más continuos en la Patagonia chilena corresponde al programa de investigación de los canales y fiordos australes, bajo el nombre “Crucero de Investigación Marina en Áreas Remotas” (CIMAR; Silva & Palma, 2008), diseñado en 1994 por el Comité Oceanográfico Nacional (CONA). Entre 1995 a la fecha se han realizado 25 cruceros CIMAR (<http://www.cona.cl/programación/cruceros.php>). En el caso específico de monitoreo en tiempo real o casi real, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) mantiene operativo una red de 45 mareógrafos desplegados a lo largo de la costa de Chile (<http://shoa.cl/php/nivel-del-mar.php?idioma=es>) e intermitentemente ha desplegado boyas de oleaje, pero que lamentablemente sus registros son cortos y no se han mantenido en el tiempo.

Por otro lado, varias universidades o instituciones han tratado de mantener operativas alguna boya oceanográfica con transmisión en tiempo real o casi real desde el 2014 a la fecha. Por mencionar algunas, tenemos a la boya POSAR de la Universidad de Chile, la boya Tongoy del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA, <http://www.ceaza.cl/>), la boya Reloncaví del centro i-mar de la Universidad de Los Lagos, la boya Puyuhuapi del centro COPAS-SurAustral de la Universidad de Concepción y finalmente la boya Stratus del Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, <https://www.whoi.edu/>), y la boya del proyecto “The Blue Boat Initiative” ubicada en el golfo de Corcovado del ministerio de Medioambiente junto a Fundación MERI (<https://theblueboatinitiative.org/>). Actualmente, todas estas boyas se encuentran en mantención. Los datos de todas estas boyas pueden encontrarse en el Centro de Datos Oceanográficos y Meteorológicos (CDOM, <http://www.cdom.cl/>), a excepción de los datos del proyecto Blue Boat que se iban a incorporar y visualizar en la pagina de este mismo proyecto en paralelo con el sistema de alerta, predicción y observación (S.A.P.O.; <https://www.sapohumboldt.org/>) de IFOP. CDOM es una plataforma de visualización y descarga de información oceanográfica y meteorológica de Chile, creada por COPAS Sur-Austral en colaboración con el CEAZA.

La boya POSAR recibe el nombre de “Plataforma de Observación del Sistema Acoplado Océano Atmósfera”, se encuentra situada a ~10 km mar adentro frente a la desembocadura del río Itata y complementada con estaciones automáticas en el borde costero (<https://www.cr2.cl/posar/>). POSAR es de tipo costera de media profundidad, con una boyantes neta de 1841 kg, peso neto de 680 kg, 2 metros de diámetro y 3.6 metros de altura. La boya se mantiene fija mediante una serie de conectores y una línea de anclaje al

fondo marino sobre unos 50 metros de profundidad en la zona de instalación. POSAR realiza observaciones con una frecuencia diaria de variables meteorológicas (viento, presión atmosférica, radiación solar y neta, temperatura y humedad del aire) y oceanográficas (temperatura del mar, salinidad, oxígeno disuelto, nitrato, clorofila a, turbidez, presión de dióxido de carbono y pH). Actualmente se encuentra en mantención programada luego de operar normalmente entre Agosto 2019 y Marzo 2020.

La boya Stratus está dirigida por la WHOI que, gracias al financiamiento de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), tiene varias boyas a lo largo de América recopilando datos atmosféricos y oceanográficos. Stratus fue desplegada por primera vez en Julio de 2016 a 1.000 millas de la costa paralela a la ciudad de Iquique, en aguas internacionales, fuera de nuestra zona económica exclusiva. A la fecha se ha reemplazado en 3 ocasiones por boyas de similares características (Stratus17, Stratus18 y Stratus19), siendo la última vez en el verano del 2021. Stratus19 tiene alrededor de 140 sensores, unos 20 se encuentran en superficie, y los otros sensores están bajo el agua, a lo largo de un cable que mide 4.300 metros. La información recolectada de la boya Stratus19 va directo a un satélite, con la finalidad de poder entender los flujos aire-océano y las temperaturas de superficie del mar en la zona tropical este pacífico. Los datos de esta boya se encuentran disponibles en el sitio web de la *National Data Buoy Center* (NDBC; <https://www.ndbc.noaa.gov/>) para usos académicos o científicos.

La boya Tongoy (o balsa CEAZA-Invertec) es un instrumento de medición de variables oceanográficas y meteorológicas que lleva cerca de 7 años instalada en la Bahía de Tongoy. La boya pertenece a CEAZA, pero las mantenciones son realizadas por la empresa Invertec-Ostimar. En este sentido, esta boya ha permitido mejorar la toma de decisión de la empresa ostionera Invertec-Ostimar y la de pequeños acuicultores locales, a través del monitoreo constante de las condiciones océano-atmosféricas en la región de Coquimbo, además de apoyar la investigación científica.

La boya de Puyuhuapi (44°35.3'S y 72°43.6'W) o boya Magdalena fue fondeada en la parte norte del canal Puyuhuapi a 190 m de profundidad y ha estado operativa de manera intermitente desde el 12 de abril del 2011 a la fecha (Schneider et al., 2014). La boya está equipada con una sonda multiparamétrica modelo YSI 6600-V4 que tiene sensores ópticos de oxígeno disuelto, clorofila-a y sensores analógicos de temperatura del agua, conductividad y presión. Además, la boya tiene equipado sensores meteorológicos para medir magnitud y dirección del viento, presión atmosférica, temperatura y humedad relativa del aire y radiación solar.

Finalmente la boya de Reloncaví (41°38'.183 S, 72°50'.069 W) fue instalada en marzo del 2017 a una profundidad de ~240 m en la zona central del seno de Reloncaví (Pérez-

Santos et al., 2021). Esta boya consiste en una estación meteorológica modelo Gill-GMX 500, una sonda multiparámetro modelo AML Metrec XL y un perfilador acústico de corrientes AWAC de 400 kHz. En detalle, esta boya cuenta con mediciones continuas de variables atmosféricas (temperatura del aire, presión atmosférica y velocidad y dirección del viento) y de la calidad del agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, fluorescencia y turbidez), además de fitoplancton, zooplancton, sedimentos marinos y toxinas marinas. Esta información ha permitido conocer de mejor manera la dinámica y variabilidad estacional en el seno de Reloncaví. Actualmente la boya se encuentra en mantención.

1.3 Sistema de monitoreo en línea de la acuicultura.

El artículo 87 ter de la Ley General de Pesca y Acuicultura indica “a fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones acuícolas, deberán estas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez. El 6 de enero de 2020 se publicó en el Diario Oficial, el D.S. No 1 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo en el cual se indican las características del reglamento aprobado. El reglamento establece, los requisitos y condiciones que debe tener el sistema de monitoreo o control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones de salmónidos (ACS), los componentes necesarios para la recopilación de las variables meteorológicas y oceanográficas de interés, la recepción y transmisión de las mismas, así como el almacenamiento y procesamiento de información. Asimismo, el reglamento describe las distintas especificaciones técnicas que la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) definirá mediante resolución, referidas a los estándares que deberán cumplir los equipos, así como el lugar, altura y profundidad a la que deberán instalarse, la frecuencia de registro de información, estándares para la certificación de los equipos y el cronograma para el cumplimiento de las obligaciones que deberá cumplir el titular de una concesión de acuicultura referidas a las acciones necesarias para instalar y mantener el sistema de monitoreo en línea.

En base a lo señalado, el titular de cada concesión de acuicultura integrante de las ACS es responsable de la adquisición, instalación y transmisión de la o las estaciones de monitoreo necesarias para medir de manera permanente y continua las variables oceanográficas y meteorológicas que componen el sistema de monitoreo en línea. Además, se debe disponer de una tecnología que permita almacenar la información durante el tiempo en el que por problemas tecnológicos o eventos climáticos se vea impedida la transmisión de datos, desde la estación de monitoreo hacia la estación base o desde esta última a la plataforma de datos. Finalmente, sin perjuicio de lo señalado anteriormente, los titulares de

las ACS podrán suscribir un plan de monitoreo integrado, destinado a dar cumplimiento a las obligaciones antes indicadas.

Por otra parte, el Instituto de Fomento Pesquero es el organismo técnico responsable de la recepción, almacenamiento y visualización de todos los datos transmitidos desde todas las estaciones de monitoreo en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, siendo la parte fundamental de este convenio de desempeño ASIPA. Lo anteriormente señalado, crea la necesidad de generar un repositorio de los datos de las variables obtenidas desde las estaciones de monitoreo hacia un servidor centralizado. Según lo indicado en la Ley de Pesca, el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), en su calidad de organismo técnico especializado en investigaciones científicas en materia de pesquerías y acuicultura, es quien administra las bases de datos generadas en las actividades de investigación y monitoreo de las pesquerías y de la acuicultura, conforme a las políticas que se definan por el Ministerio.

El objetivo de implementar el repositorio de datos de variables oceanográficas y meteorológicas es con el fin de que estas variables puedan ser almacenadas y procesadas de tal forma de convertir estos datos en información útil para la toma de decisiones de los diferentes organismos públicos, tales como: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Medioambiente, Consejo de Defensa del Estado, entre otros. Específicamente, la implementación del sistema de monitoreo con transmisión en tiempo real, permitirá generar una base de datos medioambiental apropiada para realizar descripciones de la situación ambiental de los canales, fiordos y océano adyacente de la Patagonia Chilena, lo que permitirá por ejemplo mejorar los pronósticos oceanográficos de esta zona y fortalecer las medidas preventivas frente a eventos o anomalías ambientales que puedan poner en riesgo la actividad acuícola. Además, esta base de datos permitirá realizar estudios orientados a evaluar el impacto de fenómenos vinculados al Fenómeno de El Niño o al Cambio Climático, entre otros.

En este contexto, el sistema de monitoreo compuesto de boyas oceanográficas y estaciones meteorológicas instaladas por las ACS aumentará exponencialmente el monitoreo en tiempo real (o casi real) de la Patagonia chilena. En términos generales, el sistema puede dividirse en 3 componentes: Un sistema de observación, un sistema de recepción y almacenamiento y un sistema de visualización de la información recolectada (Fig. 1). El sistema de observación consiste en registrar y transmitir la información de las diferentes variables ambientales, tanto oceanográficas como meteorológicas. El sistema de recepción y almacenamiento consiste en recibir, almacenar y clasificar esta información. Finalmente, el sistema de visualización se encarga de consultar en la base de datos del sistema de almacenamiento y en desplegar esta información en un portal web.

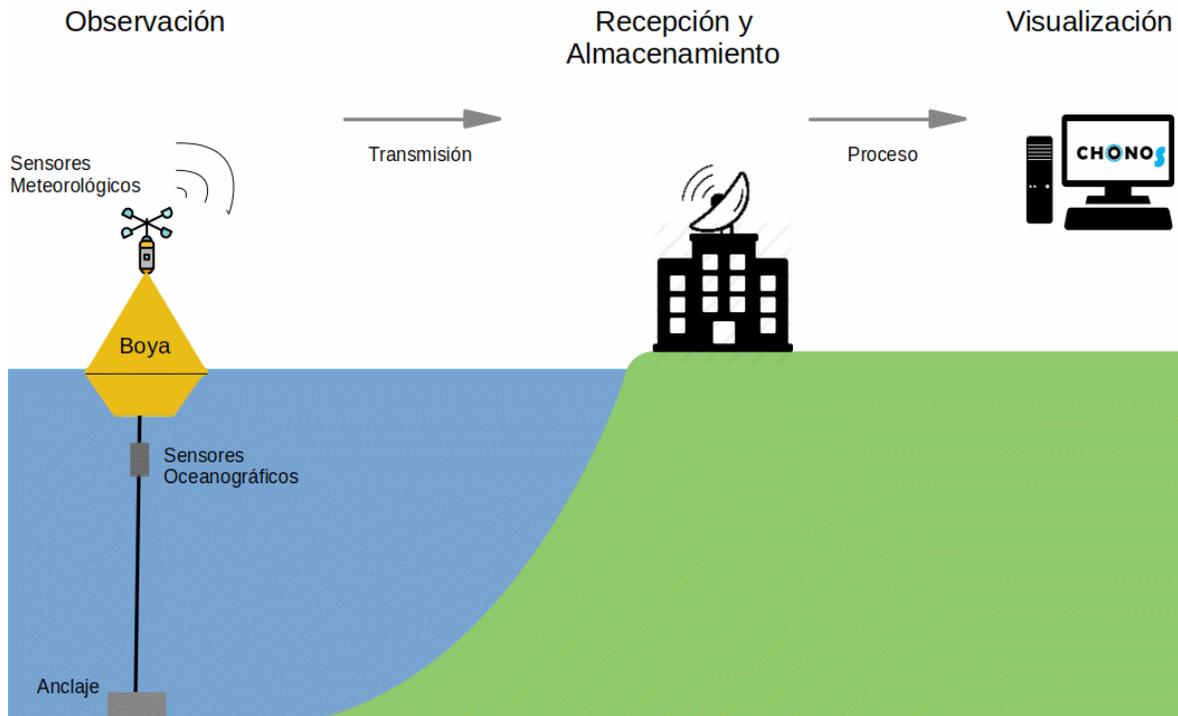


Figura 1: Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo en línea, desde la toma de datos hasta la visualización de la información.

El sistema de monitoreo de la acuicultura permite registrar las condiciones ambientales mediante una serie de sensores oceanográficos y atmosféricos ubicados estratégicamente a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. La ubicación de cada estación de monitoreo es gestionada y acordada por la Subpesca mediante resolución en función de la variabilidad ambiental, así mismo con los detalles logísticos propios de cada concesión. Cada uno de los sensores que componen la estación de monitoreo deben cumplir con estándares de calidad necesarios para proporcionar información confiable de cada una de las variables ambientales registradas. De acuerdo a las necesidades del proyecto, la selección de las variables esenciales a monitorear fueron consideradas según lo expuesto en el reglamento de control en línea de parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones de acuicultura en su artículo 4 (Ley General de Pesca y Acuicultura) de fecha 6 de enero del 2020 y a la Resolución 3408 de la Subpesca del 29 de Diciembre de 2021. Estas variables se encuentran resumidas en la Tabla 1.

El lugar de instalación de la estación de monitoreo oceanográfica en una concesión de acuicultura de salmónidos deberá ser alejado de las balsas jaulas, en el lugar más profundo de la concesión y en una zona lo más expuesta posible. Por otra parte, la estación meteorológica deberá ser instalada en un lugar cercano a la estación de monitoreo oceanográfico, la cual sea capaz de captar la variabilidad meteorológica que impacta sobre

la variabilidad oceanográfica del lugar de emplazamiento de dicha estación de monitoreo. La profundidad de instalación del equipo medidor de corrientes deberá ser en el fondo, siempre y cuando la profundidad máxima sea igual o menor a 120 m, todo ello para que la frecuencia de un solo equipo permita medir toda la columna de agua. En el caso que, en el lugar de emplazamiento de la estación oceanográfica la profundidad sea mayor a 120 m, el equipo medidor de corrientes se deberá instalar a 120 m.

Tabla 1: Variables a monitorear por cada boya según lo expuesto en el artículo 4 del reglamento de control en línea de parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones de acuicultura (Ley General de Pesca y Acuicultura) y la Resolución 3408 de la Subpesca del 29 de Diciembre de 2021.

Meteorológicas	Oceanográficas
Temperatura	Velocidad corrientes
Presión atmosférica	Dirección corrientes
Magnitud viento	Presión
Dirección viento	Profundidad
Ráfaga viento	Temperatura
Radiación solar	Salinidad-Conductividad
Precipitación	Oxígeno disuelto
	Saturación oxígeno
	Turbidez
	Ph
	Fluorescencia

En la Resolución N°3454 de la Subpesca con fecha 30 diciembre de 2021, se establecieron las ACS que deben dar cumplimiento al reglamento fijado por D.S. No 1 de 2020 del Ministerio De Economía, Fomento y Turismo durante el año 2022. Las ACS que implementaron el sistema de monitoreo para dar cumplimiento a las obligaciones que establece el reglamento correspondieron a las ACS 10A, 34 y 43A, cada una ubicada en la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes, respectivamente. Además, esta resolución señaló que cada estación de monitoreo fuera instalada según las especificaciones y características establecidas en la Resolución N°3408 de 2021 de Subpesca. Así mismo, se establecieron que los sensores del sistema de monitoreo de las ACS 10A y 34 debían ser instalados a 10 y 50 m de profundidad, mientras que los sensores del sistema de monitoreo de la ACS 43A debían ser instalados a 10 y 60 m de profundidad (Tabla 2).

Tabla 2: Resumen de la profundidad de los sensores de las estaciones de monitoreo instaladas por las diferentes ACS durante el año 2022.

ACS	Titular concesión de Acuicultura	Región	Profundidad (m)
-----	----------------------------------	--------	-----------------

10A	MOWI	Los Lagos	10 y 50 m
34	GRANJA MARINA TORNAGALEONES	Aysén del general Carlos Ibañez del Campo	10 y 50 m
43A	MULTIEXPORT PATAGONIA	Magallanes y de la Antártica Chilena	10 y 60 m

En la Resolución exenta N°1118 de la Subpesca con fecha 8 Mayo de 2023, se establecieron las ACS que deben dar cumplimiento al reglamento fijado por D.S. No 1 de 2020 del Ministerio De Economía, Fomento y Turismo durante el año 2023. Las ACS que deberán implementar el sistema de monitoreo para dar cumplimiento a las obligaciones que establece el reglamento corresponden a las ACS 1, 28B y 50B, cada una ubicada en la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes, respectivamente. Además, esta resolución señala que cada estación de monitoreo debe ser instalada según las especificaciones y características establecidas en las Resoluciones N°3408 y N°3454 ambas de 2021 y de Subpesca. Así mismo, se estableció que los sensores del sistema de monitoreo de estas 3 ACS deberán ser instaladas a 5 y 50 m de profundidad (Tabla 3).

Tabla 3: Resumen de la profundidad de los sensores de las estaciones de monitoreo que serán instaladas por las diferentes ACS durante el año 2023.

ACS	Titular concesión de Acuicultura	Región	Profundidad (m)
1	Camanchaca	Los Lagos	5 y 50 m
28B	Salmones Antártica	Aysén del general Carlos Ibañez del Campo	5 y 50 m
50B	Blumar Magallanes	Magallanes y de la Antártica Chilena	5 y 50 m

Finalmente, el sistema de visualización de la información transmitida por las ACS puede ser accesible mediante el sitio web temporal del proyecto. Este sitio se encuentra en constante desarrollo, desplegando información ambiental de forma sencilla y resumida mediante figuras de series de tiempo. Además, este portal web permite generar y guardar figuras realizadas con estadística básica como promedios, máximos, mínimos, suma o fracción en forma original, horaria, cada 3 horas, diaria, mensual y anual. El portal web se encuentra disponible directamente en el sitio web <https://chonos.ifop.cl/acs/start/> o se puede acceder desde el sitio web de CHONOS (<https://chonos.ifop.cl/>).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de almacenamiento, procesamiento y visualización de datos oceanográficos/meteorológicos transmitidos por la red de monitoreo de la acuicultura en las regiones de Los Lagos, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y de Magallanes y de la Antártica Chilena.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Administrar y optimizar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de datos provenientes del sistema de monitoreo en línea de las ACS.

2.2.2 Administrar e incorporar las funciones y mejoras sugeridas por las instituciones públicas en la plataforma web de la información transmitida por el sistema de monitoreo en línea de las ACSs.

2.2.3 Caracterizar los rangos típicos de variables ambientales en zonas ente las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena con información histórica disponible y/o información de modelos numéricos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología objetivo específico 1: Administrar y optimizar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de datos provenientes del sistema de monitoreo en línea de las ACS.

El sistema de monitoreo de la acuicultura está compuesto de un conjunto de boyas con sensores oceanográficos y estaciones meteorológicas ubicadas estratégicamente a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Cada estación de monitoreo permite registrar las condiciones ambientales mediante una serie de sensores que realizan una medición precisa en tiempo real de diferentes variables oceanográficas y atmosféricas. La ubicación de cada estación de monitoreo es gestionada y acordada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura en conversación con los titulares de ACS mediante reglamento en función de la variabilidad oceanográfica y meteorológica, así mismo con los detalles logísticos propios de cada concesión. Así mismo, Subpesca establece la profundidad o altura de cada sensor, la cantidad de sensores y la frecuencia de medición y transmisión para cada estación de monitoreo mediante resoluciones exentas. El D.S.N°01 de reglamento de monitoreo del 6 de enero del 2020 establece que se contará con al menos una estación de monitoreo por cada titular de concesión o por cada ACS, si los titulares de concesión se acogen al plan de monitoreo integrado. Cada uno de los sensores que componen la estación de monitoreo deben cumplir con estándares de calidad necesarios para proporcionar información confiable de cada una de las variables ambientales medidas. Estas variables a monitorear son exigidas en el artículo 87 ter de la Ley General de Pesca y Acuicultura y las características y estándares que deben cumplir fueron establecidas en la Rs. Ex. 3408-2021 de la Subpesca.

Los sistemas de transmisión comúnmente utilizados para enviar información en tiempo real o casi real son HF, GPRS, LPWA o por satélite IRIDIUM. Cada uno de estos sistemas depende de la accesibilidad de la señal, por lo que el sistema de transmisión puede diferir entre cada titular de concesión o ACS producto de la compleja geomorfología de los fiordos y canales de la Patagonia chilena. Una vez transmitida la información, los datos son guardados en un formato de texto tipo ASCII y enviados a un servidor exclusivo de recepción y almacenamiento, administrado y mantenido por IFOP para fines de este proyecto. En este contexto, en la primera etapa de este proyecto IFOP gestionó la adquisición de un servidor dedicado exclusivamente a recibir y almacenar la información histórica generada en cada estación de monitoreo, procesar los algoritmos de desarrollo que permiten la visualización web de los resultados, proporcionar alertas y notificar ante posibles fallos en alguno de las partes del sistema.

En la segunda etapa se habilitó un segundo equipo de almacenamiento (storage) en la sede de IFOP-Putemún, el cual realiza la función de un respaldo de información extra de todo el sistema de monitoreo. De esta manera, se brinda mayor seguridad evitando la pérdida de información valiosa, por ejemplo; en caso de alguna falla crítica en el servidor de almacenamiento del proyecto (falla en el sistema RAID5) o en caso de una emergencias como incendios o terremotos. El storage cuenta con una capacidad total de almacenamiento de 24 TB y ha sido configurado como un sistema de discos RAID 1. Esta configuración también es llamada espejo y es una de las utilizadas con mayor frecuencia para proporcionar redundancia de datos y buena tolerancia a fallos. El sistema guarda la información de un disco duro automáticamente en su unidad espejo, para así tener esta información almacenada, replicada y respaldada en dos discos duros al mismo tiempo. Desde el punto de vista del sistema operativo, solamente se tiene una unidad de almacenamiento, a la que accedemos para leer los datos de su interior, pero en caso de falla en la unidad de almacenamiento, automáticamente se buscará la información en la unidad replicada. También es interesante porque se puede aumentar la velocidad de lectura de los datos, y así leer la información de forma simultánea en las dos unidades espejo. La Fig. 2 representa un esquema general del procedimiento de recepción y almacenamiento de la información obtenida de la red de monitoreo.

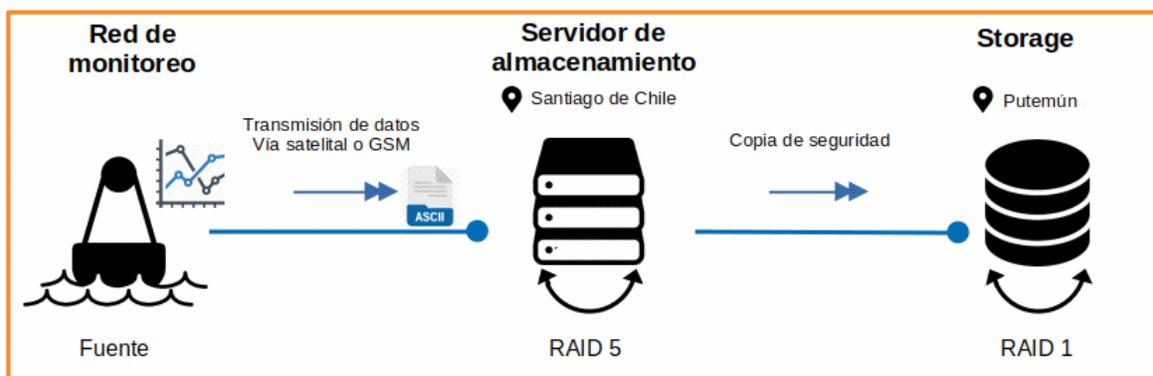


Figura 2: Esquema del sistema de recepción y almacenamiento de la información ambiental recolectada y transmitida por la red de monitoreo de la acuicultura.

En la primera etapa de este proyecto se montó un sistema de recepción y almacenamiento para los datos generados por las ACS. Dado que durante el 2020/2021 ningún sistema de monitoreo de las ACS estaba operativo se configuró el sistema de recepción y almacenamiento para recibir la información de una boya ubicada en el Seno Reloncaví, perteneciente al centro I~mar de la Universidad de los Lagos, dado que era la única boya que en ese momento se encontraba transmitiendo en la zona de la Patagonia chilena. Además, durante el 2020 se utilizó una boya low-cost con un sensor multiparámetro (boya WIMO, Anexo B) instalado por IFOP en el humedal de Putemún con el objetivo de evaluar tanto el sistema de transmisión, así como la plataforma web durante

ese año. Durante el 2021, agregamos temporalmente una base de datos virtuales construida a partir de simulaciones numéricas del pronóstico operacional MOSA (Ruiz et al., 2021). Durante el año 2022, comenzaron a funcionar las primeras estaciones de monitoreo de las ACS. La primera estación fue instalada en la ACS 43A (Región de Magallanes) a fines de septiembre bajo la responsabilidad del titular Multiexport. La segunda estación fue instalada en la ACS 10A (Región de Los Lagos) a comienzos de noviembre bajo la responsabilidad del titular MOWI. Una tercera estación fue instalada en la ACS34 (Región de Aysén) en diciembre bajo la responsabilidad de Marine Farm. A la fecha de la escritura de este informe final, estas 3 estaciones de monitoreo se encuentran operativas y transmitiendo.

La incorporación de nuevas estaciones implica configurar el servidor de recepción, para brindar acceso y el desarrollo de algoritmos que se ejecutan periódicamente con el fin de actualizar la base de datos y preparar las mediciones para su posterior visualización en la página web. Por lo mismo, se estableció el estándar de formato que los titulares deben considerar a la hora de configurar los equipos para el envío de información, debido a que las estaciones han presentado fallas asociadas principalmente a las mediciones de las variables y al formato de transmisión de los datos. Este estándar es enviado por la Subpesca a cada titular de la ACS. El formato corresponde a archivos ASCII (texto) que son representaciones de datos tabulares que utilizan caracteres especiales para indicar columna y filas. Este tipo de formato es el que se genera comúnmente por defecto por los registradores de datos de instrumentos meteorológicos y oceanográficos. A su vez, también se realizó la configuración para que el sistema de monitoreo se encuentre transmitiendo desde el servidor de almacenamiento la información al servidor de respaldo ubicado en Putemún-Castro. Para abordar este objetivo se desarrolló un algoritmo que tiene como función identificar el último paquete de datos y generar una copia de seguridad.

El aumento de sistemas de monitoreo hace necesario continuar con la optimización del sistema de recepción y almacenamiento de datos de monitoreo en línea. Por esta razón, se hace necesario separar el sistema de recepción y almacenamiento con el sistema de visualización, que actualmente funcionan dentro del mismo servidor. Para esto se adquirió un nuevo servidor, que será utilizado como un servidor FTP para la recepción de los datos. Esto evitará por ejemplo, que muchas consultas a la página puedan colapsar el sistema de recepción de la información. El actual servidor del proyecto ahora es utilizado exclusivamente como un servidor web para la visualización de la información generada por el sistema de monitoreo de las ACS. Finalmente, actualizaremos los códigos de respaldo de la información en un storage de IFOP.

3.2 Metodología objetivo específico 2: Administrar e incorporar las funciones y mejoras sugeridas por las instituciones públicas en la plataforma web de la información transmitida por el sistema de monitoreo en línea de las ACSs.

En la etapa 1 de este proyecto, el asesor de este proyecto Meteodata diseñó una plataforma web (Fig. 3) para visualizar la información transmitida por el sistema de monitoreo de las ACS entre las regiones de Los Lagos y Magallanes. Esta plataforma cuenta con una serie de opciones de configuración que permiten al usuario interactuar de manera gráfica e intuitiva con toda la gama de variables oceanográficas y meteorológicas que contenga cada estación de monitoreo. El usuario también dispone de un mapa georeferenciado, con la opción de reducir o ampliar la región para mayor detalle. Así mismo, el portal web cuenta con un boletín resumen con los responsables de la estación de monitoreo, las últimas mediciones registradas por cada uno de los sensores que componen la estación, así como también, con algunas alarmas cuando se registran valores fuera de un rango establecido.

El sistema de visualización fue desarrollado e instalado en el mismo servidor de recepción y almacenamiento de información (Anexo C). Este sistema será separado en esta etapa del proyecto, dejando un servidor exclusivo para la visualización de las mediciones registradas por el sistema de monitoreo de las ACS. Esta plataforma web está basada en códigos numéricos en lenguaje de programación html, javascript y python. El sistema comprende la integración de múltiples tecnologías web y computacionales de código abierto: PostgreSQL, Nginx, Highcharts 6, Django, Python, Javascript, HTML5, Leaflet. Mayores detalles pueden revisarse en el informe final de las etapas anteriores (2020 o 2021) de este proyecto.

En este objetivo se busca mantener, implementar, mejorar y corregir errores en la programación y diseño del portal web para visualización del sistema de monitoreo océano-atmósfera procedente de las ACS. En particular, incorporaremos las sugerencias de los usuarios tomadas en las reuniones técnicas entre IFOP y los organismos tomadores de decisiones y en el taller de difusión de resultados del proyecto tanto para el despliegue de la información transmitida por la red de monitoreo. Estos cambios consideran tanto detalles visuales o de diseño de la página en sí, como a su vez herramientas estadísticas o diferentes tipos de gráficos. Finalmente, para evaluar la utilidad de este tipo de plataformas, mostraremos algunos ejemplos de visualización de la plataforma web.

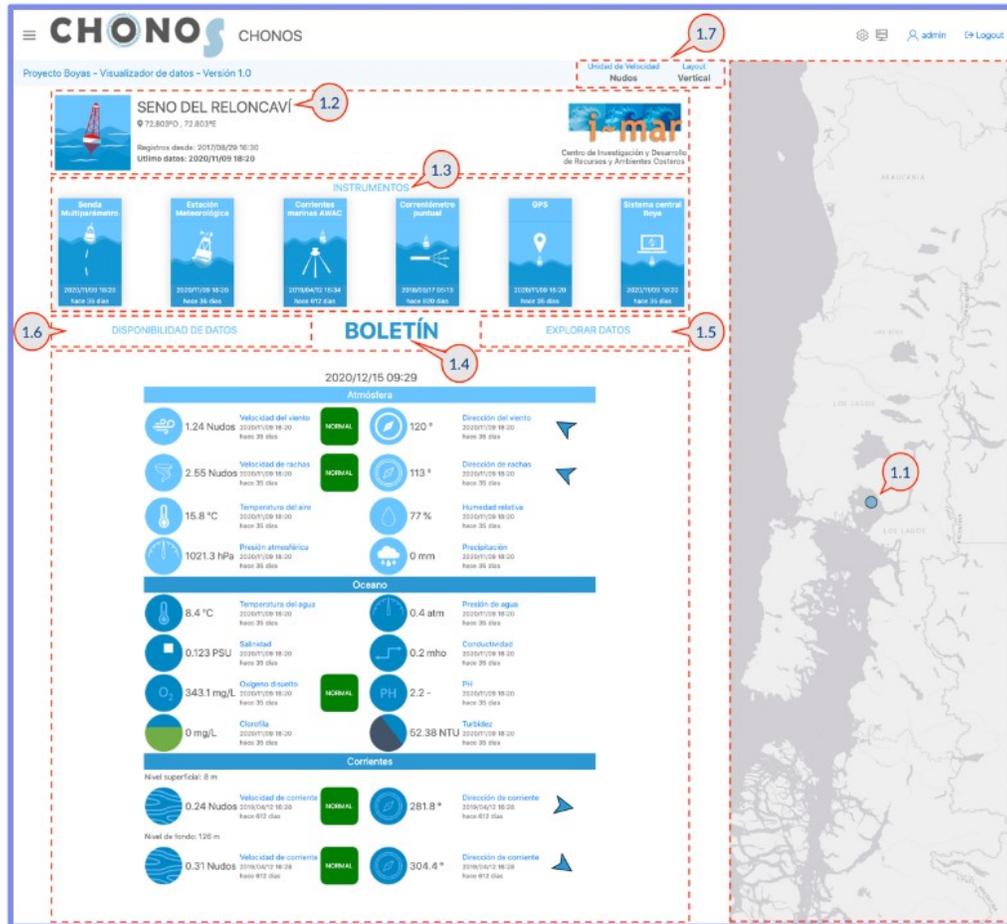


Figura 3: Página inicio aplicación web de visualización de la información transmitida por la red de monitoreo de las Agrupación de Concesiones de la Salmonicultura.

3.3 Metodología objetivo específico 3: Caracterizar los rangos típicos de variables ambientales en zonas ente las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena con información histórica disponible y/o información de modelos numéricos.

Las variables oceánicas y atmosféricas representan información valiosa para el desarrollo de la acuicultura, pues ayudan a monitorear las condiciones ambientales y a su vez, permiten tener un respaldo científico para la toma de decisiones ante eventos ambientales de todo tipo. Por esta razón, resulta de vital importancia la necesidad de aplicar algoritmos de control de calidad a los datos registrados por la red de monitoreo de las ACS para entregar un producto confiable y de calidad a los organismos tomadores de decisiones, tales como Subpesca, Sernapesca, SMA, Seremi de medioambiente, CDE, etc. El uso de datos erróneos puede provocar una conclusión no válida, un análisis incorrecto o una mala interpretación de diferentes procesos ambientales. De igual manera, los cambios repentinos

y/o cuando los valores superan (o están bajo) un cierto umbral son relevantes antes posibles fallas del equipo instrumental y/o algún sensor, o bien como una señal de interés ante un posible evento extremo. Reducir o eliminar estos últimos registros puede de igual manera llevar a una toma de decisión sesgada o incorrecta.

Tal como se menciona en el objetivo anterior, a la fecha de escritura de este informe final son 3 las estaciones de monitoreo de las ACS que se encuentran operativas y transmitiendo información en tiempo real hacia el servidor de almacenamiento administrado por IFOP (Tabla 2). Estas estaciones se encuentran ubicadas al interior de las ACS 10A, 34 y 43A, las cuales están instaladas en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes y de la Antártica Chilena, respectivamente. Estas estaciones iniciaron su monitoreo continuo a finales de 2022, con la integración paulatina de los distintos parámetros oceanográficos y meteorológicos dictaminados conforme al artículo 87 de la Ley General de Pesca y Acuicultura.

En el contexto de la operación continua del sistema de monitoreo, y dadas las características propias de cada una de las estaciones de monitoreo, se debe destacar que éstas son propensas a enfrentar diversas problemáticas que requieren atención constante para asegurar la transmisión, calidad y precisión de la información. Entre los principales problemas se encuentra la exposición constante a condiciones medioambientales, tales como la acumulación de *fouling*, corrosión por la salinidad del agua o eventos extremos, que pueden generar desgaste y daños en los sensores y terminar afectando el funcionamiento de la estación y la calidad de los datos medidos. Por lo tanto, se requiere del máximo esfuerzo por parte de los titulares de cada ACS en mantener la operatividad de las estaciones de monitoreo, realizar una mantención periódica, programar y realizar calibraciones regulares de los sensores para garantizar mediciones precisas y confiables.

Por otra parte, para garantizar la calidad de los datos, mejorar la capacidad de respuesta y la calidad a largo plazo de las mediciones se hace necesario analizar regularmente los datos recopilados para identificar posibles anomalías o inconsistencias. Esta labor es clave por parte de IFOP y resulta esencial para contar con información para gestión ambiental, toma de decisiones, y aplicaciones científicas. En esta misma línea, generar algoritmos para la interpretación de los datos es un proceso a largo plazo y en constante desarrollo, donde la complejidad surge de la necesidad de interpretar información de un entorno altamente dinámico como el sistema de fiordos y canales de la Patagonia Chilena, el cual es propenso a ser afectado por una serie de factores ambientales de por sí, al cual se le pueden agregar incertidumbres debido a interferencia, ruido, errores y/o falta de calibración en los sensores. La implementación de estos algoritmos deben ser robustos en el tiempo y requiere de técnicas efectivas y avanzadas para filtrar la información, con la capacidad de discernir entre variaciones naturales y datos potencialmente erróneos.

En esta etapa, la colección de datos transmitidos por las estaciones de monitoreo de las ACS serán sometidos a un proceso de análisis con el fin de identificar, verificar y eliminar posibles valores erróneos detectados en la información. La metodología utilizada se aplicará sobre el periodo de entrenamiento de 6 meses, comprendidos entre junio-noviembre de 2023. Cabe destacar que se dejaron fuera de este análisis los primeros meses de transmisión debido a que durante estos meses, tanto los titulares de ACS como sus proveedores del cada sistema en particular se estaban adaptando a las resoluciones de Subpesca, y en su comienzo presentaron problemas en la transmisión, formato de los datos e incluso sensores que no cumplían con las especificaciones técnicas. El proceso está basado en filtrar la información mediante una serie de criterios que se describen a continuación:

1. **Valores fuera de rango:** Esta evaluación se basa en una prueba de umbrales que consiste en establecer rangos predefinidos y válidos para cada parámetro medido por los sensores. Estos umbrales son definidos por límites físicos y químicos que reflejan condiciones oceánicas y atmosféricas extremas. Este proceso se ejecuta para todas las estaciones de monitoreo verificando si los valores medidos por cada uno de los sensores se encuentra dentro o fuera de los límites establecidos. Aquellos valores que se encuentran fuera del intervalo son identificados como “valores fuera de rango”. Este proceso es esencial para filtrar información potencialmente errónea, que puede ser afectada por interferencias cuando se retiran los instrumentos (por verificación, mantención y/o calibración) o fallas temporales en los sensores. Los datos anómalos son excluidos de la base de datos procesada, evitando que influyan en análisis posteriores.
2. **Valores escapados:** Una segunda evaluación se aplica sobre los datos transmitidos por las ACS, la cual busca identificar valores atípicos que pueden no haber sido identificados en la primera evaluación. Los valores escapados son calculados semanalmente utilizando las anomalías estandarizadas del periodo de entrenamiento e identificando los valores que se encuentran por encima o por debajo de 4 desviaciones estándar.
3. **Valores constantes:** Finalmente, se aplica un tercer criterio de evaluación, el cual consiste en identificar de manera automática aquellos sensores que registran información constante por más de 48 horas a las variables que presentan fluctuaciones en los rangos de medición con frecuencia mayor a un día.

Al aplicar cada una de estos criterios y remover los valores no identificados como no válidos, cuantificamos el porcentaje de pérdida de cada variable respecto del período de medición. Además, se establecen los rangos típicos medidos por las estaciones de

monitoreo hasta la fecha, mediante una caracterización estadística que describe el comportamiento de las mediciones monitoreadas.

Región de Los Lagos

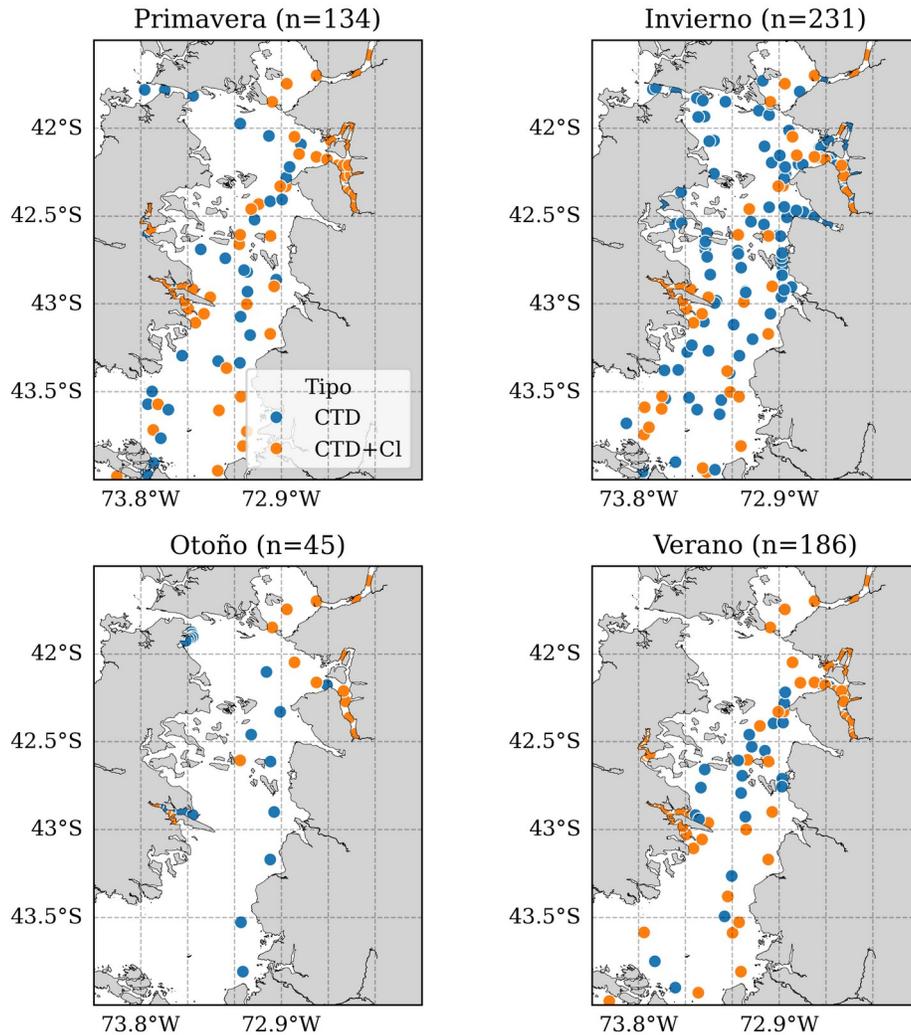


Figura 4: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Los Lagos entre los años 2010 y 2023.

Por otra parte, para establecer un marco de referencia de los parámetros ambientales en las zonas donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo, utilizaremos los datos históricos de columna de agua recopilados por las campañas de investigación oceanográfica de IFOP durante los períodos comprendidos entre los años 2010 y 2023. Esta información fue recolectada en el marco del convenio de desempeño entre el Ministerio de Economía, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y el Instituto de Fomento Pesquero. Específicamente, utilizaremos los datos de oxígeno disuelto, temperatura, y salinidad medidas a través de perfiles de CTD-O y los datos de clorofila obtenidos mediante análisis de muestras de agua.

Los puntos de muestreo en la Región de Los Lagos se distribuyen en el mar interior de Chiloé (MIC) cubriendo tanto los golfos de Corcovado y Ancud, así como el seno del Reloncaví, y además incluyendo zonas de interés para la acuicultura como el fiordo Comau, y el estero Compu (Fig. 4). Podemos notar que existe una variabilidad estacional en la cantidad de mediciones con una mayor densidad durante los meses de verano ($n = 231$) y una menor densidad durante los meses de otoño ($n = 45$). De todas maneras, cabe destacar que en todas las estaciones se presenta información ambiental para el fiordo Comau y el estero Compu.

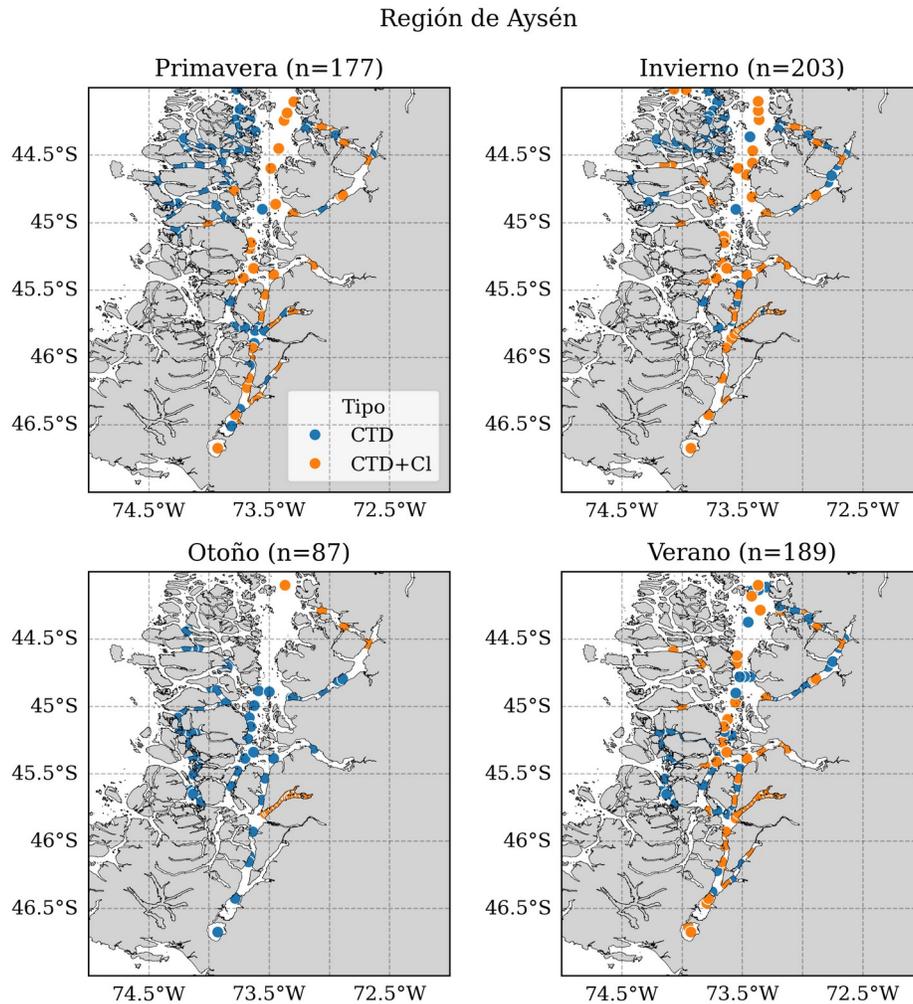


Figura 5: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Aysén entre los años 2010 y 2023.

En la región de Aysén existe una amplia cobertura espacial, donde se observa una buena densidad de datos en sistemas de interés como los fiordos Quintralco y Puyuhuapi, el estero Elefantes, y la Laguna San Rafael, entre otros (Fig. 5). Al igual, que en caso de la Región de Los Lagos, se cuenta con mayor información durante los meses de enero ($n =$

203) y menor información en los meses de otoño (n = 87). Así mismo, hay que resaltar el esfuerzo para contar con información en el fiordo Quitalco durante las 4 estaciones del año.

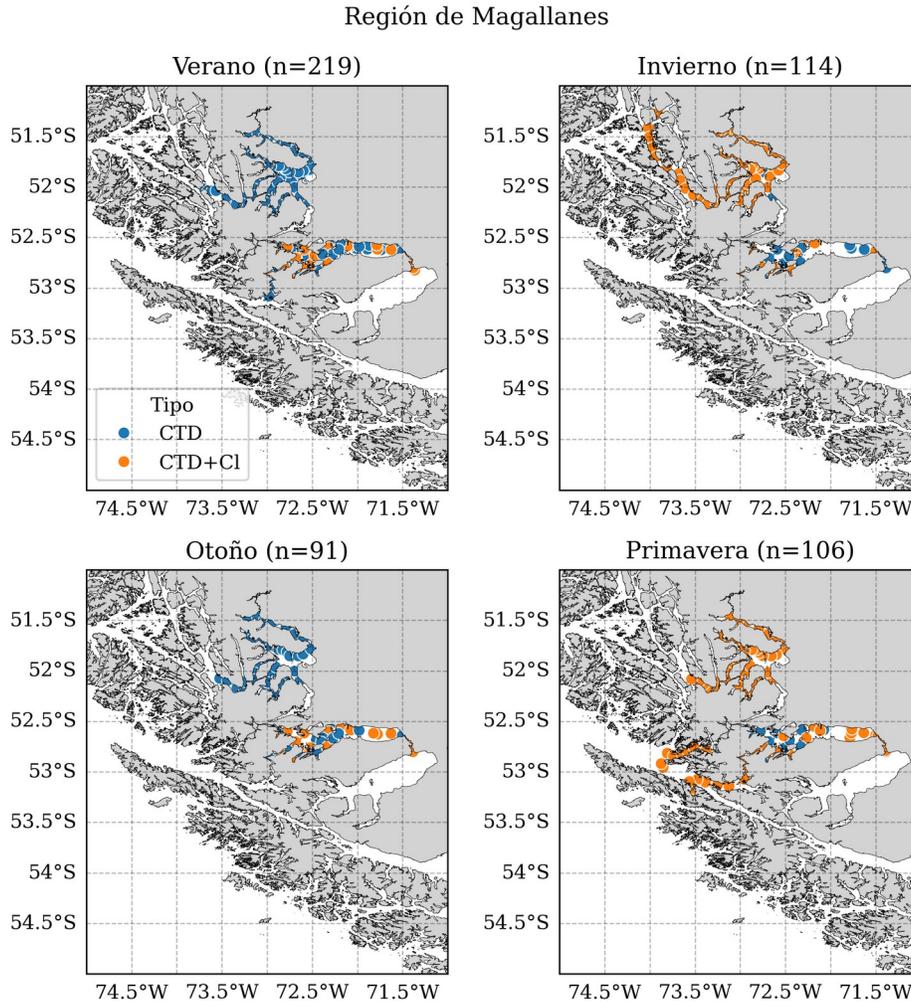


Figura 6: Distribución espacial y estacional de los puntos de monitoreo de IFOP en la región de Magallanes entre los años 2010 y 2023.

Finalmente, en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, se dispone de información histórica en el fiordo Skyring y en el Golfo Almirante Montt (Fig. 6). Aunque la cantidad de datos es limitada en términos de la cobertura geográfica total de la región, la información recopilada presenta una resolución espacial elevada que puede proporcionar una visión enfocada en los sectores específicos de los lugares mencionados, dada la presencia de centros de cultivos en dichas áreas.

La elección de los rangos se lleva a cabo con un enfoque puramente técnico, con el propósito de aumentar el conocimiento en el proceso de verificación de los datos del

sistema de monitoreo de la acuicultura. Es importante enfatizar que esta selección no persigue caracterizar valores con el propósito de reflejar la salud del ecosistema marino, ya que este análisis requiere un enfoque más complejo con una resolución espacial y temporal más detallada. La caracterización de los rangos típicos de las variables ambientales se realizará mediante el uso de estadísticas descriptivas. En cada región, se emplearán los valores máximos y mínimos observados en niveles discretos de profundidad, estableciendo así un rango permisible para dichos valores.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados objetivo específico 1: Administrar y optimizar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de datos provenientes del sistema de monitoreo en línea de las ACS.

Los instrumentos de observación del océano y atmósfera son la parte fundamental del sistema de monitoreo en línea, porque permiten el registro y transmisión de condiciones ambientales de forma remota en tiempo real. La implementación de una red numerosa de estaciones de monitoreo, gestión de la base de datos obtenida, así como la mantención en el tiempo, es un proyecto a largo plazo, por lo cual requiere de un alto grado de trabajo logístico y de personal humano. Durante los próximos años, las estaciones de monitoreo se integrarán de forma paulatina, buscando conformar una red de observaciones en tiempo real distribuidas sobre el sistema de canales y fiordos de la Patagonia Chilena.

Cada una de las estaciones de monitoreo transmite periódicamente información de las variables ambientales decretadas por la Subpesca mediante decretos y resoluciones. Esto implica que el sistema de recepción y almacenamiento debe estar preparado para recibir importantes volúmenes de información de manera simultánea y/o a que existan cambios en las variables que se reciban así como al formato de estas. Por esta razón, uno de los principales requisitos de este sistema es contar con un equipo computacional capaz de cumplir con los requerimientos de un sistema de alta disponibilidad, con capacidad de almacenamiento, robusto y escalable en el tiempo. En la primera etapa de este proyecto se adquirió un servidor para cumplir tanto las funciones de recepción y almacenamiento, así como para alojar el sistema de visualización web. Las principales características de este servidor se encuentran disponibles en el anexo C. En reuniones técnicas entre la Subpesca, los titulares de ACS e IFOP, se acordó que en esta etapa del proyecto estos sistemas iban a quedar separados en 2 servidores: Uno para la recepción/almacenamiento de la información y otro para su visualización. Por lo tanto, se decidió adquirir un nuevo servidor para uso exclusivo del sistema de recepción y almacenamiento de las ACS, mientras que el servidor antiguo pasará a ser exclusivo para el sistema de visualización. Las características principales del nuevo servidor se encuentran resumidas en la Tabla 4.

Tabla 4: Resumen características técnicas nuevo servidor FTP para uso exclusivo del sistema de recepción y almacenamiento.

IoT SuperServer 1U 110P-FRN2T, 2x 2.5" drive bays, 2x 10GbE BaseT port(s)
800W Redundant Power Supplies with PMBus
1x INTEL ICE LAKE-SP 4310 2P 12C/24T 2.1G 18M 10.4GT 120W 4189 M1

2x 16GB DDR4-3200 2Rx8 ECC REG DIMM, RoHS (32GB de Memoria)
2x Intel D3 S4620 1.92TB SATA6Gb/s 3D TLC 2.5" 7.0mm <3DWPDP

Este servidor se encuentra instalado y operativo en un datacenter de alto nivel en la ciudad de Santiago. Específicamente, se trata del datacenter Lídice I de GTD, con un nivel homologable a Tier III, inaugurado en 2010, el cual cuenta con 668 m² de sala blanca (1516 m² construidos), para un total de 2184 m². En otras palabras este *datacenter*, está diseñado para contar con una disponibilidad permanente de todos sus servicios. Entre sus servicios podemos mencionar: Infraestructura redundante de conectividad en el rack, topología y tecnología de red de ultra baja latencia, manejo del enfriamiento eficiente, con sistema “*continuous cooling*” y pasillos fríos confinados, salas construidas con material incombustible y retardante, y sistemas de extinción automática de incendios mediante agentes limpios.

El nuevo servidor de recepción y almacenamiento de la información de las ACS, cuenta con un sistema operativo Linux Rocky Linyxy fue configurado exclusivamente como un servidor FTP. Luego de la instalación y poner en operación este servidor se les solicitó a los titulares de ACS volver a configurar el envío de la información de los 3 sistemas de monitoreo instalados en el año 2022 y que tengan en consideración esta nueva configuración para los sistemas de monitoreo que se instalarían durante el año 2023. En este sentido, se mantuvieron las credenciales de usuario y contraseña para cada uno de los proveedores de los titulares de ACS y se les notificó mediante correo electrónico a los titulares el nuevo *host* y puerto de conexión del nuevo servidor FTP.

Como se menciona en el parrafo anterior, para asegurar la transmisión de información de manera segura desde las estaciones de monitoreo se configuró este servidor para operar mediante un protocolo FTP. El protocolo FTP permite la transferencia de archivos de forma directa entre la estación de monitoreo y el IFOP. Debido al gran número de estaciones con las que contará la red de monitoreo a futuro, el servidor organiza la información en directorios que son asignados de manera individual a los distintos operadores o proveedores contratados por las ACS, los cuales tienen acceso a través de credenciales únicas (usuario/contraseña) facilitadas por IFOP vía correo electrónico. En el caso que un proveedor trabaje con más de 2 estaciones de monitoreo (es decir, con más de 2 titulares de ACS), cada estación es asignada en un directorio llamado ACSXx (donde X es el numero y x es letra asociada)

Al 15 de diciembre del 2023, son 5 estaciones de monitoreo que se encuentran operando, midiendo y transmitiendo la información recolectada desde las ACSs (detalles generales en la Tabla 5). Los datos de las estaciones de monitoreo provienen de 2

proveedores: Innovex y Tekfish. A la fecha, las 5 estaciones se encuentran transmitiendo al nuevo servidor FTP. Los archivos de datos que son transmitidos periódicamente (cada 1 hora) al servidor FTP tienen un formato estandarizado, que aceptan pequeñas diferencias entre proveedores, según las características propias de la estación de monitoreo.

Tabla 5: Resumen titulares de ACS y proveedor externo de instalación, mantención y transmisión de las mediciones del sistema de monitoreo.

ACS	Región	Titular ACS	Proveedor	Inicio transmisión
10A	Los Lagos	MOWI	Innovex	2 de Noviembre 2022
34	Aysén	Marine Farm	Tekfish	19 de Diciembre 2022
43A	Magallanes	Multiexport	Innovex	10 de Octubre 2022
1	Los Lagos	Camanchaca	Innovex	11 de Diciembre 2023
28B	Aysén	Salmones Antartica	Tekfish	7 de Diciembre 2023

El formato de todos los archivos es de texto tipo ASCII, por lo que no se consideran archivos binarios o restringidos (exclusivos) de algún sensor en particular, es decir, no se trabajan con archivos en volt, o hexadecimal que necesiten los *softwares* específicos de un sensor. El formato específico de los archivos consiste en archivos tipo “*text delimited*”, los cuales son representaciones de datos tabulares que utilizan caracteres especiales para indicar columnas y filas, opcionalmente con una o más líneas de encabezado que contiene información descriptiva sobre el contenido del archivo, como por ejemplo una descripción de cada columna. Este tipo de formato es común para mediciones de sensores meteorológicos y oceanográficos.

Por otro lado, la gran cantidad y disponibilidad de sensores oceanográficos y atmosféricos implican una alta variabilidad en el modo en el que puede ser transmitida la información, lo que puede generar archivos con diferentes formatos y estructuras. Esta situación puede provocar que el sistema tenga una lectura errónea de las variables y a aumentar los tiempos de desarrollo de los algoritmos de lectura y procesamiento. Con el fin de evitar o disminuir estos inconvenientes se definieron una serie de requerimientos para la transmisión de datos desde las estaciones de monitoreo considerando lo establecido en la Res. ex. 3408-2021, la cual establece las características y requerimientos que se deben cumplir en la instalación de las estaciones de monitoreo en conformidad con el artículo 9° del reglamento de control en línea de parámetros ambientales de las ACS, fijado por D.S N° 1 de 2020 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Los estándares que se describen a continuación fueron consensuados entre la Subpesca e IFOP e indican el

formato y configuración que deben llevar los datos transmitidos. Este instructivo es compartido por la Subpesca a todos los nuevos titulares de ACS, y además podrá ser descargado desde el sitio web de Subpesca y podrá ser consultado desde la Wiki-CHONOS (<https://chonos.ifop.cl/wiki/>) en el corto plazo. El formato que deben tener los paquetes de datos transmitidos por las estaciones de monitoreo es el siguiente:

- Las estaciones de monitoreo deben ser configuradas para que el dato registrado sea el promediado sobre un período de tiempo de los últimos 10 minutos.
- La información registrada se debe enviar de manera directa desde el sistema de recepción de datos de la estación de monitoreo o desde la estación base, a la plataforma de datos de IFOP, teniendo la capacidad suficiente para almacenar datos en caso de que se pierda la conexión, hasta que esta se restablezca. Los datos registrados **NO** deben pasar por ningún intermediario.
- La transmisión puede ser desde un datalogger que recepcione todas las variables o directamente desde cada sensor. En ambos casos, se deberá enviar toda la información o metadata que permita una adecuada lectura de los registros de datos desde el sistema de monitoreo como identificación de cada una de las columnas del registro, unidades, información de GPS, etc.
- Cada registro debe tener asignada la fecha en que se tomó el dato y esta debe estar configurada en el formato de tiempo universal coordinado (UTC).
- Se debe configurar la estación de monitoreo para una transmisión de datos periódica de al menos cada 1 hora, donde se deberán enviar todos los datos recopilados entre cada transmisión, y enviar los datos hacia el servidor de almacenamiento mediante un protocolo FTP o FTPS proporcionado por IFOP. Este servidor es el encargado de respaldar los datos brutos de cada una de las estaciones de monitoreo para su posterior análisis y visualización web.
- Se deben enviar al menos 5 archivos de datos cada hora por estación de monitoreo de la ACS. Estos archivos corresponden a un archivo por cada profundidad de instalación de los sensores oceanográficos, un archivo de la estación meteorológica, un archivo correspondiente al equipo medidor de corrientes, y un archivo correspondiente al sensor de GPS.

Específicamente, la estructura del archivo debe cumplir los siguientes requisitos:

1. La información debe ser transmitida en un archivo de texto plano (ej: dat, txt, csv).
2. El nombre del archivo debe considerar el siguiente formato: ACS<CC>_<instrumento>_<profundidad>_<fecha>.<extension>
 - CC: Número de la ACS según corresponda (ej: 1, 22D, 30A, 52).
 - instrumento:

- ocean: para los datos de los sensores oceanográficos (puede ser más de un archivo ocean en caso de no utilizar un solo sensor para todas las variables, por ejemplo oceanOx, oceanSal, etc.
- meteo: para los datos de la estación meteorológica.
- adcp: para los datos de corrientes.
- gps: para los datos del sensor de gps.
- profundidad: profundidad a la que son instalados los instrumentos según la norma, si es en superficie debe ser 0.
- fecha: fecha configurada en tiempo universal coordinado con el siguiente formato - yyyyMMddHHmm ej: 202301151900
- extensión: tipo de archivo ej: dat, txt, csv

Así mismo, la configuración del datalogger debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. La información de cada archivo debe ser tabulada asignando cada columna a una variable separadas por espacios, comas o tabulaciones.
2. La primera columna debe contener la fecha del registro configurada en tiempo universal coordinado.
3. Las siguientes columnas deben contener cada una de las variables medidas, para los archivos de sensores oceanográficos las variables deben ser tiempo, presión, profundidad, temperatura, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación, turbidez, ph y fluorescencia. Las variables meteorológicas son tiempo, temperatura, presión, magnitud de viento, dirección viento, ráfaga viento, radiación solar, precipitación.
4. El archivo de corrientes en la columna de agua debe estar configurado de tal forma que en la primera columna aparezca el tiempo, y posteriormente los valores para la presión, pitch, roll, heading del instrumento mismo. Luego se deben agregar la intensidad y dirección de la corriente por cada profundidad de la forma “velocidad 1, dirección 1, velocidad 2, dirección 2 ... velocidad N, dirección N”, siendo N los valores del último bin.
5. El archivo de gps debe estar configurado de tal forma que en la primera columna aparezca el tiempo, y posteriormente los valores de latitud y longitud.
6. El nombre de cada variable debe estar incluido en la cabecera de cada archivo (primera fila), según el formato, sin caracteres especiales: <nombre_variable>(<unidad>)
 - nombre_variable: Nombre de la variable registrada, ejemplo: temperatura, salinidad.
 - unidad: Unidad de medida del registro, según la Res. Ex 3408 de 2021. ejemplo: °C, PSU.

- Si no se adjunta cabecera en el paquete de datos puede ser descrita en el archivo de metadata describiendo el nombre y unidad de medida de cada variable.

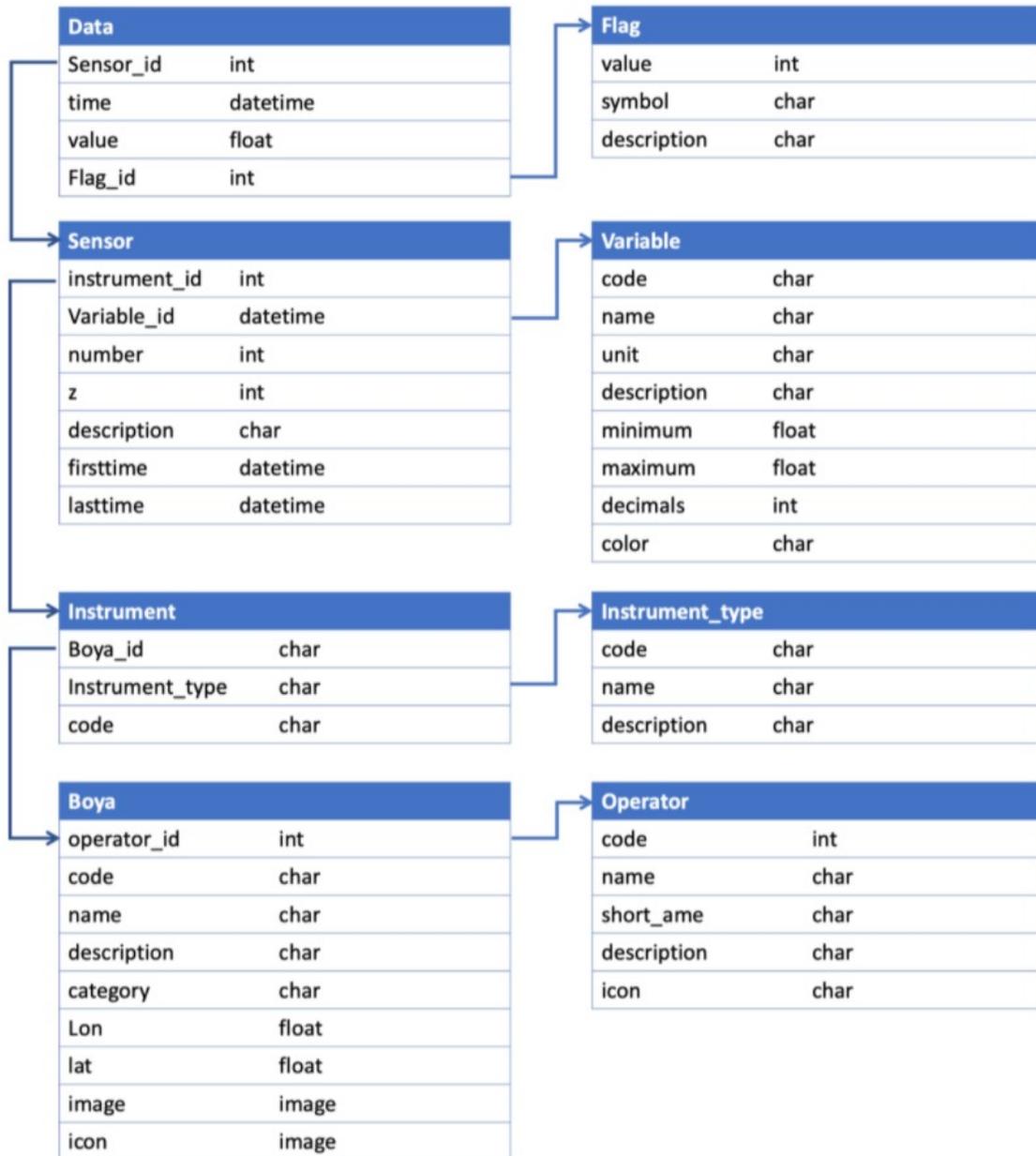


Figura 7: Esquema simplificado de la base de datos de mediciones del sistema de monitoreo.

Para almacenar la información en el servidor de recepción se ha implementado una base de datos postgres, con tablas estructuradas para representar los datos de las boyas

independiente de su origen. El esquema de la base de datos se presenta en la Fig. 7. La tabla que contiene todas las mediciones se denomina “data”. Cada registro (o fila) de esta tabla contiene el valor medido de uno de los sensores de alguna boya en específico. El sensor se identifica con el campo `sensor_id`, que es un identificador único de un sensor en la tabla “sensor”, la fecha/hora del registro y su valor numérico se representan con los campos “time” y “value”. El campo `flag_id` permite indicar potenciales problemas con la medición, como por ejemplo “valor no confiable” y los posibles indicadores están definidos en la tabla “flag”.

La tabla `sensor` contiene una lista de todos los sensores de todas las estaciones. Las características de cada sensor incluye el instrumento del cual el sensor forma parte (por ejemplo; oceanografía, meteorología, corrientes, GPS), la variable medida (temperatura del mar, temperatura del aire, altura, etc), el número del sensor (para acomodar los casos en que un instrumento cuenta con múltiples sensores que miden la misma variable), la profundidad del sensor (con respecto al nivel de mar), una descripción del sensor (opcional) y el período en que realiza los registros. Los campos de instrumento y variable son referencias a otras tablas con el mismo nombre.

La tabla de variables tiene las definiciones de todas las variables medidas por el sistema de monitoreo y cada variable cuenta con un código estándar, un nombre y descripción, unidad, rango de valores, puntos decimales y un color para fines de visualización. Por otra parte, la tabla de instrumentos identifica la estación de monitoreo donde se ubica cada instrumento y el tipo de instrumento. Los tipos de instrumentos disponibles se definen en la tabla *instrument types*, de los cuales se han definido actualmente 7 tipos (Sonda, Meteorológica, GPS, AWAC, AQUADOPP, y Sistema Boya). En la tabla “Boya” se encuentra la información de las boyas actualmente activadas en la plataforma y cada boya tiene un código, nombre y operador (por ejemplo, Multiexport), descripción, categoría, latitud, longitud, foto, e icono).

La base de datos está optimizada para realizar ciertas búsquedas de datos que son comunes (por ejemplo, series de tiempo para sensores específicos) y tiene reglas definidas para imposibilitar la duplicación de registros. Es posible interrogar, agregar y remover registros de la base de datos a través de comandos escritos en el lenguaje SQL (*Structured Query Language*), que es un estándar para todas las bases de datos relacionales. Para agregar los datos entregados por los diferentes proveedores a la base de datos se cuenta con rutinas en el lenguaje de programación Python. Estas rutinas se encargan de la lectura de los archivos de datos y la generación de los comandos SQL para subir la información a postgres. Las rutinas incorporan tablas de traducción que permiten relacionar las columnas de los archivos de texto a las variables definidas en la base de datos, como también incluyen códigos para interpretar el formato específico de las fechas/horas usadas en los

archivos y otros aspectos que son específicos de cada proveedor. Las rutinas corren de manera automática en el servidor de este proyecto, con una frecuencia de 1 hora independiente del intervalo de actualización de cada proveedor. Cabe destacar que se escribió una rutina para cada proveedor de estación de monitoreo y que las rutinas sólo procesan los últimos 1000 registros de los datos recibidos.

En la mejora y optimización constante de esta base de datos se realizaron cambios en la estructura del *framework*, el cual consistió en agregar nuevos campos de datos sobre cada una de las estaciones de monitoreo, para poder almacenar metadatos asociados, tales como la fecha de inicio, región, resolución, entre otras. Los nuevos cambios que se incorporaron son destacados en la Tabla 6.

Tabla 6: Campos de la tabla principal “Boya” en la base de datos del sistema Django.

Campo	Tipo de datos	Descripción
code	String	Código de la boya (única)
name	String	Nombre de la boya
description	String	Descripción de la boya
category	String	Tipo de boya (ACS, Boya de Investigación)
titular	ForeignKey	Titular de la boya (Mowi, Blumar, etcétera)
operador	ForeignKey	Operador de la Boya (Tekfish, Innovex, etcétera)
lat	Float	Latitud de la boya en ° decimales
lon	Float	Longitud de la boya en ° decimales
elev	Float	Elevación de boya (=0 salvo en casos excepcionales)
region	String	Los lagos, Aysén o Magallanes
Image	Archivo	Archivo con un imagen de la Boya
Icon	Archivo	Archivo con un icono para la boya
acs_code	String	Código ACS (A34, A1, etcétera)
res_code	String	Código de la resolución que aplica a la boya
res_link	String	Enlace oficial de la resolución
Inicio	URL	Año de inicio de la boya según resolución
estatus	String	Estatus de la boya (activa, inactiva)

Es importante señalar que se ha re-estructurado el sistema de procesamiento y visualización de la información del sistema de monitoreo, tal como se esperaba para este objetivo. Ahora se reparte en tres componentes que están alojados en servidores diferentes (Fig. 8). El servidor FTP tiene como única función la recepción de los datos de las boyas enviados por los diferentes proveedores a través de FTP. Se considera que esta es la mejor opción para garantizar la disponibilidad del servidor y asegurar que tenga una mínima

exposición a algún tipo de intervención maliciosa. El Servidor FTP es accesible solo a través de FTP o conexión mediante el protocolo SSH. El Servidor Boyas es donde se aloja la base de datos del proyecto Boyas (usando Postgresql y el framework Django). Mediante códigos en el crontab de esta máquina, los datos de las boyas están copiados del servidor FTP al servidor Boyas y luego subidos a la base de datos. La aplicación web Django cuenta con un API que permite realizar consultas de datos a la base para extraer metadatos de las estaciones, series de tiempo de datos y otros recursos relevantes (como los logs de los titalres de ACS involucradas). Cabe señalar que la aplicación Django en el servidor de Boyas solo dispone el API – el front-end, es decir, la página web del proyecto, se ha movido al servidor principal de CHONOS.

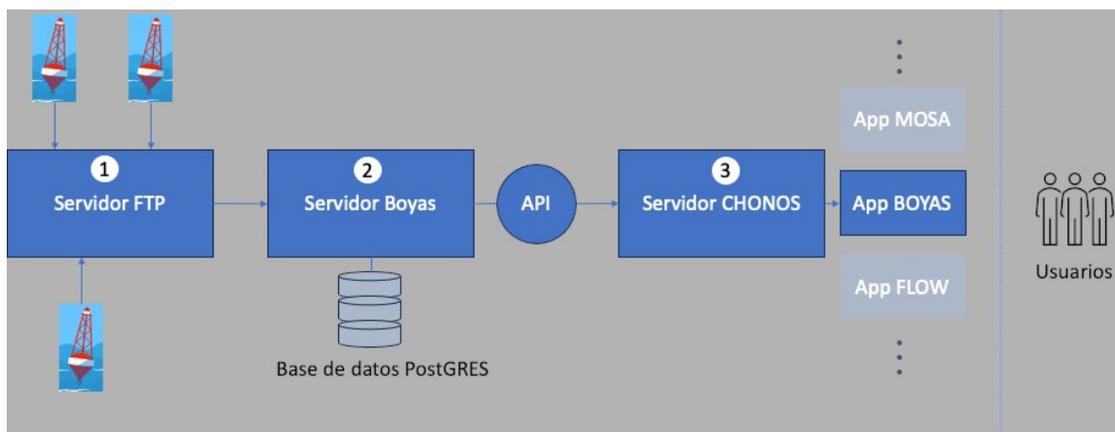


Figura 8: Componentes de sistema de procesamiento y visualización de los datos del proyecto "Boyas"

Finalmente, es necesario respaldar la información para evitar pérdidas de datos, por daños en el hardware o emergencias ambientales como incendios, terremotos, tsunamis, entre otros. En este sentido la información es replicada desde el servidor FTP de almacenamiento hacia un servidor de respaldo ubicado en Putemún Castro, siguiendo los pasos esquematizados en la Fig. 2. La copia de la información se hace de manera automática ejecutando un algoritmo que identifica los últimos paquetes de datos transferidos y verifica si existe algún dato faltante. El algoritmo está desarrollado en el lenguaje de programación Python y está integrado al servidor de respaldo para su ejecución de manera automática.

4.2 Resultados objetivo específico 2: Administrar e incorporar las funciones y mejoras sugeridas por las instituciones públicas en la plataforma web de la información transmitida por el sistema de monitoreo en línea de las ACSs.

La plataforma web para la visualización de la información transmitida por los titulares de concesiones de la acuicultura o por las ACS fue desarrollada e implementada por el

asesor externo Meteodata durante el año 2020. Desde ese año a la fecha se han realizado diferentes mejoras, optimizaciones, y/o cambios de diseño. Durante esta etapa, incorporamos sugerencias y mejoras provenientes de los organismos tomadores de decisiones realizadas en diferentes reuniones de coordinación y talleres de capacitación o difusión de los resultados. Así mismo, se incorporan mejoras y soluciones de errores en la visualización que se han detectados en el transcurso de este año.

Los primeros cambios que fueron incorporados van desde cambios estéticos a optimizaciones, los cuales son nombrados a continuación:

Cambios generales

- En todos los paneles de visualización de datos se configuró por defecto a que se muestre la última semana de mediciones. De esta forma, podemos identificar visualmente cuando un sensor no está transmitiendo información.
- Por defecto todas las series de tiempo son visualizadas con una frecuencia horaria. Esto es con la finalidad de no interpolar datos.
- Se incorporó un enlace con acceso al detalle de las alertas de las ACS en la cabecera de la pagina.

Cambios panel ADCP

- Se eliminaron los vectores y solo se dejó la magnitud de las corrientes en el gráfico de perfil de corrientes. Esto debido a que los vectores dificultaban la visualización.
- Se incorporaron las unidades de la corriente al gráfico de perfil de corrientes.
- Se eliminó la variable temperatura del correntómetro, puesto que la resolución no indica que se mida esta variable específicamente.
- Se limpiaron las variables del panel “estado” (status), y ahora solo se muestran las mediciones de pitch, roll y heading.

Cambios en sonda multiparámetro.

- Se corrigió error de tipeo en el título de las figuras. Se cambió "Propiedades" por "Propiedades".
- Se eliminaron las variables "clorofila" y "nivel", pues no son solicitadas por resolución. Las variables que se solicitan son fluorescencia y presión (o profundidad).
- Se renombró la variable "Oxígeno saturación" por "Saturación de oxígeno".
- En el panel física a X metros, se dejó por defecto la visualización de las variables "profundidad", "temperatura", y "salinidad". Esto para mejorar la visualización. De

todas maneras, se puede continuar seleccionando o descartando variables de manera manual.

- En el panel química a X metros, se dejó por defecto la visualización de las variables "fluorescencia" y "concentración de oxígeno". Esto para mejorar la visualización. De todas maneras, se puede continuar seleccionando o descartando variables de manera manual.

Nuevo Centro de Datos Ambientales de la Acuicultura

El Centro de datos ambientales de la Acuicultura es un sistema de información oceanográfica y atmosférica transmitida por los titulares de las Agrupaciones de Concesiones de Salmonidos. El propósito de este sistema es implementar un repositorio de datos de variables oceanográficas y atmosféricas, con el fin de generar información útil para los organismos tomadores de decisiones, y a su vez aumentar el conocimiento medioambiental de la Patagonia Chilena. La recepción, almacenamiento y visualización de la información por parte de IFOP está financiado por el Ministerio de Economía a través de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura ([Leer mas](#))

Visitar el sitio de [BOYAS](#)



Aplicaciones

MOSA	PARTI-MOSA	ATLAS	CLIC
 <p>Modelo de pronóstico operacional oceanográfico y atmosférico.</p>	 <p>Modelo de pronóstico de dispersión de partículas.</p>	 <p>Explorador de información oceanográfica histórica basada en modelos numéricos.</p>	 <p>Estadísticas y matrices de conectividad de modelos biofísicos</p>
DESCRIPCIÓN IR A APP	DESCRIPCIÓN IR A APP	DESCRIPCIÓN IR A APP	DESCRIPCIÓN IR A APP

Figura 9: Nueva página de inicio de CHONOS donde se puede observar el enlace a la página web de este proyecto de Boyas.

Por otro lado, un cambio importante en el diseño del sitio web, fue incorporar esta plataforma al sitio web CHONOS y diseñar una nueva página de inicio al proyecto. La página web de este proyecto (nombre preliminar proyecto Boyas) ha sido 100% integrado en el portal web del sistema de observación oceanográfico CHONOS (Fig. 9). El proyecto Boyas es modelado como un “app” dentro de esta plataforma. Sin embargo, no figura en el listado de las otras aplicaciones, sino que aparece dentro de una sección propia en la página principal de CHONOS, debido a la naturaleza diferente de este proyecto en comparación con los productos desarrollados por IFOP. De todas maneras, si aparece como una app en la

barra lateral de navegación. Las consultas a la base de datos de boyas se realizan directamente desde el cliente hacia el servidor de boyas.

Por otra parte, también se ha implementado una nueva página de entrada a la plataforma Boyas (Fig. 10). La nueva página de entrada de la plataforma Boyas tiene una descripción del proyecto y una tabla que muestra las boyas ACS actualmente comprometidos en el sistema según resolución. La tabla indica el nombre y región de cada Boyas, junto con su titular de ACS y el operador técnico respectivo. A su vez, también se indica el año de comienzo de cada sistema de monitoreo, junto con la resolución exenta de la Subpesca correspondiente. La tabla dinámica contiene un enlace (junto al texto “ver”) que permite ir directamente a la página del sistema cargando de manera predefinida los datos de la estación de monitoreo seleccionada. Finalmente, las posiciones de las boyas son mostradas en un mapa interactivo que también ofrece la posibilidad de pinchar una boya e ir a la página directamente cargando los datos de esa boya en particular. Esta página puede ser accesible, como se mencionó anteriormente, desde el sitio principal de CHONOS (<https://chonos.ifop.cl/>) o directamente desde el enlace <https://chonos.ifop.cl/acs/start/>.

Centro de datos Ambientales de la Acuicultura

El artículo 87 ter de la Ley General de Pesca y Acuicultura indica "a fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones acuícolas, deberán estas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez. El 6 de enero de 2020 se publicó en el Diario Oficial, el D.S. No 1 del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo en el cual se indican las características del reglamento aprobado

Estaciones ACS

AÑO INICIO	RS.EX. N°	REGIÓN	ACS	TITULAR	PROVEEDOR	
2022	3454-2021	Los Lagos	10A	Mowi	Innovex	ver
2023	1118-2023	Los Lagos	1	Camanchaca	Innovex	ver
2022	3454-2021	Aysén	34	Marine Farm	tekfish	ver
2022	3454-2021	Magallanes	43A	Multiexport	Innovex	ver
2023	1118-2023	Aysén	28B	Antartica	tekfish	ver
2023	1118-2023	Magallanes	50B	Blumar	---	ver

Descargo responsabilidad Los datos aquí presentados son datos brutos y sin control de calidad. IFOP no se hace responsable del uso de estos datos

Figura 10: Nueva página principal de la aplicación "Boyas".

A continuación, mostraremos temperatura y salinidad a 10 m de profundidad en todo el período de tiempo de medición de las 3 estaciones de monitoreo operativas. Se tomaron estas 2 variables solo como ejemplo, para visualizar el comportamiento de las series de

tiempo en general. Estos gráficos son visualizados directamente en la página web, sin ningún procedimiento, análisis o filtro, y solo son demostrativos. Por ejemplo, la ACS10A se puede observar mucha variabilidad en el sensor de temperatura en los primeros meses, el cual fue solucionado a partir del mes de abril cuando se regularizó el sensor con la normativa (Fig. 11). Así mismo se puede observar en la salinidad un *peak* (outlier) a mediados de junio que distorsiona toda la serie de tiempo para analizar su variabilidad. La falta de mediciones de salinidad corresponde a que antes de esta fecha, solo se estaban enviando datos de conductividad. Este problema con los datos de salinidad también ocurrió en la ACS43A, dado que ambas ACSs tienen el mismo proveedor de servicio (Fig.13). En el caso de las mediciones en la ACS34, se pueden apreciar varias mediciones *outliers* en el sensor de temperatura en todo el periodo de medición, mientras que en el sensor de salinidad no se observa un esperable ciclo anual de variabilidad, es más, se observa un comportamiento sinusoidal entre enero y septiembre del 2023, el cual luego tiene una abrupta caída y luego comienza a tener un comportamiento de aumento de salinidad paulatino (Fig. 12).

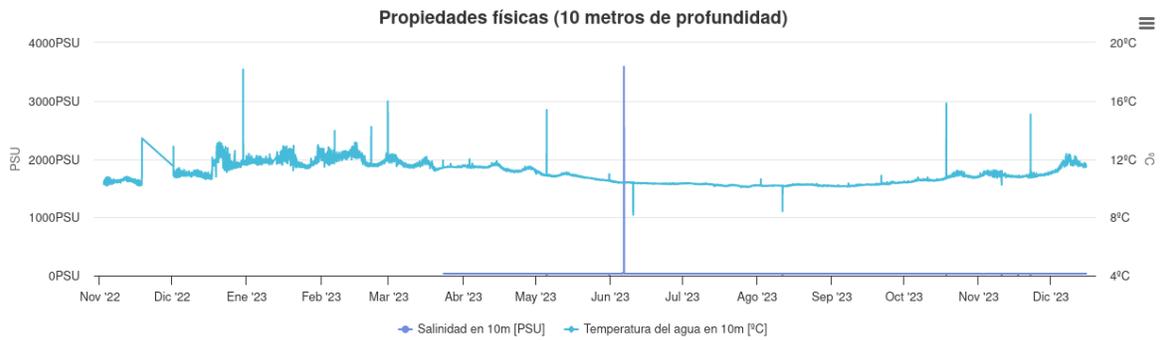


Figura 11: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS 10A.

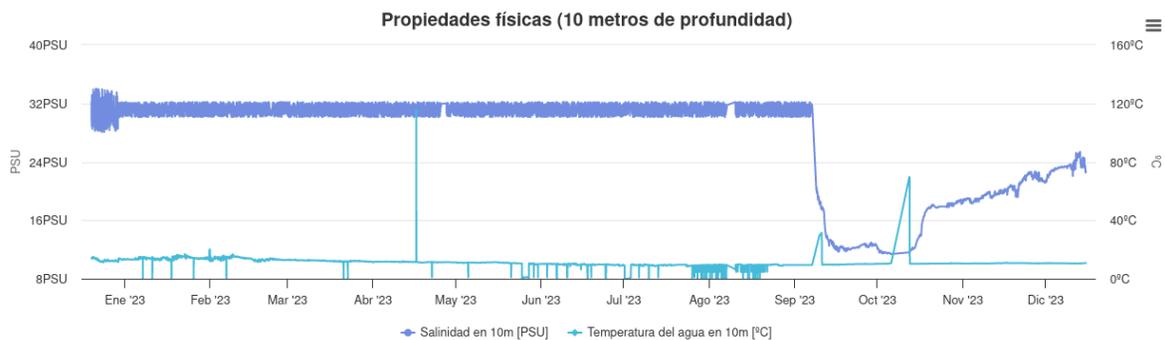


Figura 12: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS34.

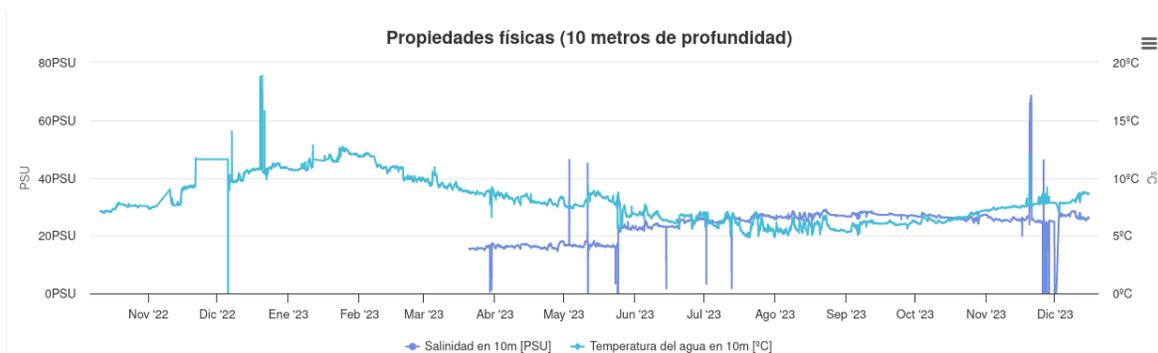


Figura 13: Serie de tiempo temperatura y salinidad a 10 m de profundidad para la estación de monitoreo de la ACS43A.

4.3 Resultados objetivo específico 3: Caracterizar los rangos típicos de variables ambientales en zonas ente las regiones de Los Lagos y Magallanes y la Antártica chilena con información histórica disponible y/o información de modelos numéricos.

Las estaciones de monitoreo registran y transmiten una gran cantidad de parámetros ambientales en tiempo real o casi real. El gran número de fabricantes e instrumentos implica una alta variabilidad en la forma en que se ordena la información y se transmite, situación que condiciona la construcción del sistema de control de calidad, de tal manera que su estructura debe ser lo más estándar posible. La estructura o el formato de la información desplegada dependerá tanto del análisis que se le aplique a los datos como a las necesidades de los organismos tomadores de decisiones.

Una alerta automática es generada cuando no se reciben datos por un período de medición de más de 6 horas, 24 horas y 120 horas. Esta alerta es enviada por correo electrónico desde IFOP directamente al titular responsable del sistema de monitoreo de la ACS respectiva con copia a la Subpesca. Actualmente, el formato de este correo es el siguiente:

Asunto: [ACSxx] Falla transmisión de datos

Estimado/a titular de la ACS 43A, le informamos que el día xx de xxxx del 20xx a las xx:xx horas, se ha detectado un retraso de x horas en la recepción de datos de la estación de monitoreo ACS xx. Esto ha afectado a los siguientes sensores:

Sensores afectados

- sensores específicos

Por favor, tomar conocimiento y gestionar una rápida solución. Si tiene alguna pregunta o inquietud adicional, no dude en ponerse en contacto con nosotros respondiendo a este

correo.

Atentamente,

Instituto de Fomento Pesquero

Además, constantemente se están revisando y analizando la información transmitida por cada sensor de todas las ACSs, tanto de manera visual o como con códigos internos. De esta manera, a lo largo del periodo de transmisión de las 3 primeras estaciones de monitoreo de las ACS (Tabla 5), se han identificado diversos problemas comunes relacionados con los datos en sí, así como e instrumentos. Cuando se detecta alguna incidencia esta es inmediatamente notificada desde IFOP hacia los titulares de las ACS para que esta sea solucionada lo antes posible. Desde las primeras incidencias reportadas en abril de 2023 hacia las Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se han abordado diversos aspectos, tales como el reemplazo de sensores, visitas de mantenimiento y limpieza a las estaciones de monitoreo. Estas medidas han contribuido significativamente a mantener la transmisión de los datos de manera prácticamente ininterrumpida hacia el servidor de almacenamiento. A continuación las incidencias detectadas durante este año de las 3 ACSs que comenzaron a medir durante el año 2022 (Tabla 7).

Tabla 7: Listado de incidencias detectadas en cada una de las ACS entre el inicio de las mediciones hasta el 15 de mayo del 2023.

ACS	Fecha incidencia	Descripción incidencia
10 A	Antes de 01/03/2023	Unidad de medida de la variable presión oceánica (Pa) no corresponde a la indicada en la Res. Ex 3408 de 2021.
		El instrumento medidor de corrientes (ADCP) no especifica tamaño de celdas ni zona de blanqueo.
		Según los datos transmitidos los valores de presión no coinciden con la profundidad a la que deberían estar instalados los sensores (10m y 50m) según lo indica la Res. Ex 3454 de 2021.
		No hay recepción de la variable ráfaga de viento
		El paquete de datos del sensor radiación presenta pérdida de información de manera recurrente.
		El sensor que registra dirección del viento presenta información anómala.
	El sensor de precipitación no registra de buena manera la cantidad de agua precipitada.	
		No hay recepción de datos de GPS
	28/03/2023	Sensor de temperatura a 10 m no muestra variabilidad

		Sensor de temperatura a 50 m muestra valores constantes
	31/03/2023	El sensor de precipitación no está registrando variabilidad horaria
	04/04/2023	El instrumento medidor de corrientes (ADCP) está registrando valores en cm/s y no en m/s como indica la norma
		Sensor de PH a 10 m con mediciones constantes (7.70) desde 5 de abril
	10/04/2023	Sensor de PH a 50 m con valores constantes y con fallas en transmisión de datos ocasionalmente
		Sensor de profundidad con oscilaciones entre 30 y 50 m de profundidad
	08/08/2023	Sensor de precipitación con registros constantes de 0 mm desde el 4 de Julio
		Sensor de Fluorescencia a 10 m con registros constantes de valores 0 desde el 3 de Agosto.
34	Antes del 01/03/2023	No hay recepción de datos de GPS. Sólo se recibe información de datos de corrientes a una profundidad, y no en la columna de completa.
		No se están enviando los datos en el formato solicitado en instructivo el día 8 de Marzo del 2023.
	03/04/2023	No se están recibiendo datos del sensor de corrientes en toda la columna de agua. La profundidad tiene valores constantes en el sensor a 10m y a 50m. Sensor de PH solo registra 3 valores (7.9, 8 y 8.1) No hay registros del GPS
	10/04/2023	Sensor de temperatura a 10 m registra largos periodos de tiempo valores constantes. Además no se cumple resolución del sensor de 0.01°C. Sensor de temperatura a 50 m no cumple resolución del sensor de 0.01°C
	28/04/2023	Velocidad de viento y rafaga de viento con valores 0 m/ss
	23/05/2023	Concentración de oxígeno a 10 y 50 m tienen la misma variabilidad y valores levemente diferentes. No se están recibiendo datos de profundidad a 10 y a 50 m. No se están recibiendo datos de profundidad.
	20/07/2023	No se están recibiendo datos de corrientes en la columna de agua Mediciones oxígeno a 10 y 50 m
	07/08/2023	Sensor de presión marcando ~1 bar desde el domingo 6/08 a las 17:00 hora local Sensor de oxigeno a 10 y 50 m con mediciones con varios

		registros con valores 0 desde 25/07	
		Sensor de temperatura 10 y 50 m con mediciones con varios registros con valores 0 desde 25/07	
	02/10/2023	Interrupción Transmisión Estación Meteorología	
	14/10/2023	Interrupción Transmisión Estación Meteorología	
		Variabilidad temporal del sensor de salinidad A 10 Y 50 m con un comportamiento diferente desde que ingresó técnico el 07/09.	
	18/10/2023	Sensor de corrientes enviando valores 0 desde el 16/10.	
43A	Antes del 01/03/2023	Unidad de medida de la variable presión oceánica (Pa) no corresponde a la indicada en la Res. Ex 3408 de 2021.	
		El instrumento medidor de corrientes (ADCP) no especifica tamaño de celdas ni zona de blanqueo.	
		No hay recepción de datos de GPS.	
		No hay recepción de datos de las variables fluorescencia, salinidad, oxígeno disuelto y profundidad según Res. Ex. 3454 de 2021.	
		Sensor de conductividad (10 y 60 m) y turbidez (10m) registran valores constantes.	
			No hay recepción de datos de la variable precipitación.
			Sensor de radiación transmite un valor cero cada 30 min aprox.
	08/03/2023	Los archivos transmitidos de la estación meteorológica (weather) no contiene todas las variables que son descritas en la cabecera del archivo.	
	23/03/2023	Pluviómetro evidentemente en mal estado.	
		No hay recepción de datos de GPS.	
		ADCP envía valores 0 para velocidad de la corriente.	
		ADCP no envía datos de profundidad de celda.	
28/03/2023	Problema transmisión PH.		
08/08/2023	Sensor de PH a 10 m con perdida de datos recurrente (~10% durante la ultima semana).		
	ADCP sin transmisión		

Dadas las características de operación de las estaciones de monitoreo en tiempo real (tipo de anclaje, tipo de transmisión, períodos para realizar verificación, mantención o calibración, etc), así como a la complejidad intrínseca de la variabilidad ambiental de las diferentes variables medidas, algunas con poco conocimiento de la comunidad científica en estas zonas, y a otros factores, convierten a cada estación a verse afectadas constantemente a fallas y/o problemas. Entre estas problemáticas, se incluyen valores escapados de manera frecuente, sensores que no registran de manera precisa la variabilidad de la variable medida, así como la presencia de información ruidosa, entre otras dificultades.

Considerando un período de medición de 6 meses, comprendido entre junio y noviembre de 2023, se dispone de un tiempo suficiente para explorar la información transmitida y detectar posibles fallos, especialmente aquellos que puedan manifestarse a largo plazo. Este periodo de observación permite realizar un análisis exhaustivo de los parámetros medidos, lo que facilita la identificación y comprensión más precisa de las problemáticas asociadas. A continuación, se presenta un resumen de las principales incidencias detectadas en cada una de las estaciones de monitoreo.

La estación de monitoreo de la ACS10A ha mantenido sus transmisiones casi de manera ininterrumpida en todo el periodo de medición, y a la escritura de este informe todos sus sensores se encontraban operativos. Sin embargo, se han detectado algunas observaciones en ciertos sensores que podrían estar afectando la calidad de las mediciones. Los sensores utilizados para medir temperatura, salinidad/conductividad y oxígeno disuelto transmiten frecuentemente valores escapados en su medición, y en el caso de la salinidad a 50 m se observan irregularidades, con cambios abruptos que no parecen estar relacionados con eventos medioambientales. En el caso de la concentración de oxígeno, este presenta patrones irregulares de variabilidad, dificultando la evaluación de la calidad de las mediciones. El sensor de fluorescencia CHELSEA TECH - Trilux instalado a 50 m de profundidad presentó un fallo en su funcionamiento a partir del mes de junio. Desde esa fecha, solo ha transmitido valores nulos. Aunque es cierto que la actividad biológica suele ser más baja durante esa época del año, probablemente no debería registrarse como nula en todo momento, se sugiere realizar mantención. El instrumento utilizado para la medición de corrientes en la columna de agua es un perfilador acústico AWAC (*Acoustic WAve and Current profiler*) de 400 kHz. Las mediciones de *pitch* y *roll* indican que en ciertos periodos el equipo ha experimentado inclinaciones superiores a los límites aceptables para datos confiables ($> 20^\circ$). Una inclinación excesiva del instrumento puede sugerir que los datos están siendo influenciados por las fuertes corrientes superficiales, que impacta negativamente en la calidad de las mediciones. En el caso del sensor de Presión/Profundidad Bar30 no es adecuado para operaciones prolongadas, tal como lo especifica el fabricante. Según sus recomendaciones, es esencial permitir que este sensor se seque al aire durante al menos 2 horas una vez al día, o de lo contrario, las lecturas de presión y temperatura podrían variar.

La estación de monitoreo de la ACS34 ha mantenido una transmisión casi continua de todos sus parámetros a la fecha de escritura de este informe. Las principales dificultades se han observado en la estación meteorológica y en la medición de corrientes, donde se han registrado fallas de transmisión en diversas ocasiones debido a factores externos. Si bien la transmisión de los sensores oceanográficos en ambas profundidades no ha experimentado interrupciones significativas, estos emiten información ruidosa. Aunque esta información se mantiene dentro de los rangos físicos posibles no refleja la variabilidad natural de los

parámetros medidos. Desde septiembre de 2023, tras trabajos de limpieza realizados en la estación de monitoreo, se ha observado una mejora en la calidad de las mediciones de temperatura, salinidad y de concentración de oxígeno a 50 m de profundidad. No obstante, persiste la transmisión ruidosa en los sensores de presión/profundidad, turbidez, pH, fluorescencia en ambas profundidades y en las de concentración de oxígeno a 10 m. Esta información no es considerada en el análisis de rangos típicos debido a su naturaleza no representativa de la variabilidad ambiental.

De igual manera que las otras estaciones de monitoreo, la estación de la ACS43A ha mantenido su transmisión de manera casi ininterrumpida a la fecha de escritura de este informe. A lo largo del periodo de medición, algunos sensores de esta estación han experimentado fallas, lo que ha llevado a su sustitución. En la actualidad, la estación de monitoreo se encuentra transmitiendo y en evaluación de los últimos cambios realizados en la boya oceanográfica.

Para describir los parámetros ambientales monitoreados y evitar el uso de información no válida por los organismos tomadores de decisiones, los datos obtenidos de las estaciones de monitoreo de las ACS fueron analizados y procesados. Durante este proceso, se aplicaron 3 evaluaciones con el propósito de identificar valores fuera de los rangos físicos permitidos, anomalías significativas y valores constantes. Es esencial señalar que, aunque estas evaluaciones son fundamentales, los valores identificados no abarcan la totalidad de la información no válida. Por ende, es necesario continuar con el desarrollo de análisis más detallados y exhaustivos para seguir mejorando la integridad y confiabilidad de los datos. El resumen del porcentaje de información identificada como no válida de las 3 ACS antes mencionadas durante junio y noviembre de 2023 se encuentra en la Tabla .

Tabla 8: Porcentaje de datos identificados como información no válida en las estaciones de monitoreo de las ACS. La información corresponde al período medido entre junio y noviembre de 2023.

Variables	Porcentaje de información no válida					
	El 100% corresponde a 184 días (6 meses), periodo junio-noviembre 2023.					
	ACS 10A		ACS 34		ACS 43A	
	10 m	50 m	10 m	50 m	10 m	60 m
Presión	4%	4%	-	-	12%	28%
Profundidad	1%	4%	-	-	2%	17%
Temperatura	<1%	3%	61%	60%	2%	8%
Salinidad	6%	35%	61%	61%	3%	12%

Conductividad	6%	35%	61%	61%	3%	17%
Oxígeno Disuelto	<1%	3%	-	61%	2%	8%
Oxígeno Saturación	<1%	4%	-	61%	2%	8%
Turbidez	<1%	3%	-	-	2%	8%
pH	4%	17%	-	-	8%	12%
Fluorescencia	8%	*	-	-	2%	*
Estación Meteorológica	1%		19%		1%	
Corrientes	41%		78%		8%	
* Sensor transmite solo valores nulos. - Sensor transmite señal ruidosa.						

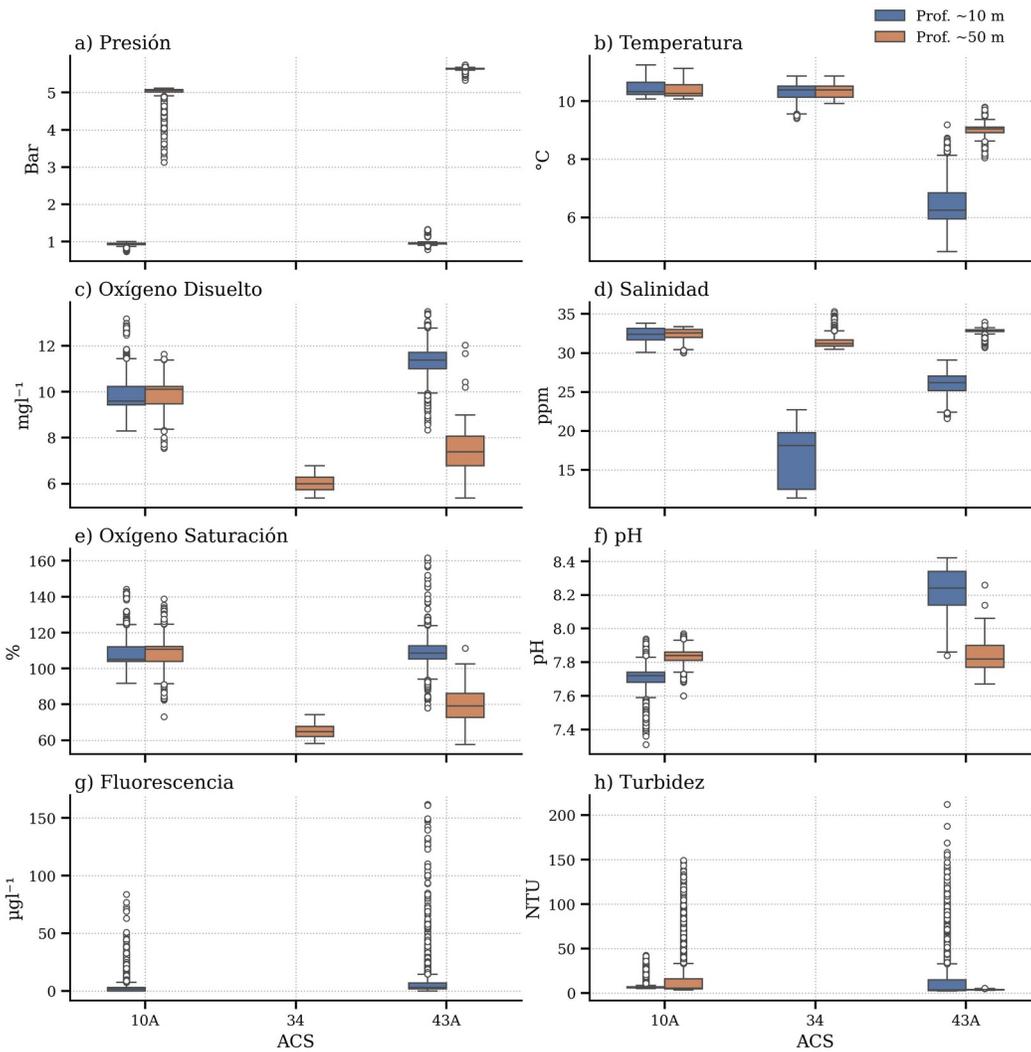


Figura 14: Diagrama de cajas para las variables medidas por las estaciones de monitoreo ACS

Utilizando los datos recopilados por los sensores oceanográficos de cada estación de monitoreo de las ACS en los últimos 6 meses, los cuales pasaron los 3 criterios antes mencionados se generaron diagramas que muestran la distribución y variabilidad de cada uno de los parámetros (Fig. 14). Los resultados revelan algunas características y diferencias entre las estaciones de monitoreo.

La estación de monitoreo de la ACS10A exhibe una columna de agua bastante mezclada, con una temperatura que se mantuvo en torno a los 10 °C, siendo ligeramente mayor en superficie. En términos de salinidad, esta varía entre los 30 y 34 PSU, mientras que el oxígeno disuelto fluctuó entre 8 y 13 mg l⁻¹ en superficie y 11 mg l⁻¹ a 50 m de profundidad. El pH medido por la estación oscila entre 7.66 y 7.97 y se observó un máximo de fluorescencia de 84 µg/L.

La estación de monitoreo de la ACS 34 presenta una columna de agua estratificada, las temperaturas oscilaron entre los 9 y 10 °C siendo levemente más frías en superficie. La salinidad muestra una marcada diferencia, evidenciando agua menos salina en la capa superficial, con valores entre 11 y 23 PSU, y mayor salinidad en profundidad, con valores entre 30 y 35 PSU. Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre los 5 y 7 mg l⁻¹.

La estación de monitoreo de la ACS 43A registró las temperaturas más frías de las 3 ACS, con valores entre 4 y 9 °C a 10 m de profundidad, y valores entre 8 y 9.8 °C a 60 m de profundidad. La capa superficial muestra menor salinidad, con valores entre 21 y 31 PSU, mientras que en profundidad la salinidad se incrementa entre 30 y 33 PSU. El pH registrado por el sensor a 10 m oscila entre 7.84 y 8.42, y en el sensor de 50 m oscila entre 7.67 y 8.26.

Los rangos típicos de las variables monitoreadas por las 3 estaciones de monitoreo antes mencionadas, se muestran en detalle en la Tabla .

Tabla 9: Valores mínimos y máximos de los parámetros medidos por los sensores oceanográficos de las estaciones de monitoreo de las ACS.

Profundidad Variables	ACS 10A				ACS 34				ACS 43A			
	10 m		50 m		10 m		50 m		10 m		60 m	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Presión	0.73	0.98	3.13	5.11	-	-	-	-	0.79	1.33	5.33	5.74
Profundidad	7.41	10.0	31.9	52.1	-	-	-	-	8.08	13.5	51.0	58.5
Temperatura	10.0	10.5	10.0	10.4	9.40	10.8	9.91	10.8	4.82	9.19	8.05	9.80
Salinidad	30.8	33.8	30.0	33.3	11.3	22.6	30.4	35.3	21.5	31.4	30.6	33.9

	9	1	2	7	4	8	5	2	9	3	8	7
Conductividad	31.6 0	37.9 2	31.6 6	39.3 1	20.0 1	39.9 9	20	39.9 7	21.4 3	29.6 5	31.4 7	37.1 7
Oxígeno Disuelto	8.29	13.1 7	8.63	11.4 3	-	-	5.37 7	6.78 7	8.34	13.4 9	5.37	12.0 2
Oxígeno Saturación	91.6 7	144. 2	95.3 4	138. 8	-	-	58.1 2	74.2 8	77.9 6	161. 5	57.5 5	111. 2
Turbidez	5.25	10.4 1	3.72	116. 1	-	-	-	-	2.22	211. 9	3.29	5.48
pH	7.66	7.94	7.73	7.97	-	-	-	-	7.84	8.42	7.67	8.26
Fluorescencia	0	84	-	-	-	-	-	-	0	161. 8	-	-

Por otra parte, la variabilidad meteorológica registrada por las estaciones de monitoreo hasta la fecha muestra claras diferencias entre cada una de las ACS, debido principalmente a la ubicación geográfica de cada estación. En general, las estaciones están dominadas por vientos que soplan predominantemente desde el Oeste y Norte (Fig. 15), característico en esta época del año debido al paso más frecuente de sistemas frontales. Las estaciones de monitoreo de las ACS 10A y 43A muestran un patrón de viento similar. La estación 10A registró valores hasta los 17 m/s y rachas de 28 m/s. Por otro lado, destacan las mayores intensidades en la estación 43A donde el viento alcanzó los 50 m/s y las rachas superaron los 60 m/s, esto evidencia la fuerte dinámica atmosférica que se desarrolla en el sur de la Patagonia chilena. En cambio, el viento medido por la estación 34 se mantuvo por debajo de los 29 m/s y exhibe más bien un patrón homogéneo con una leve predominancia desde el Oeste, posiblemente asociado a una ubicación más expuesta donde se registraron rachas de hasta 33 m/s.

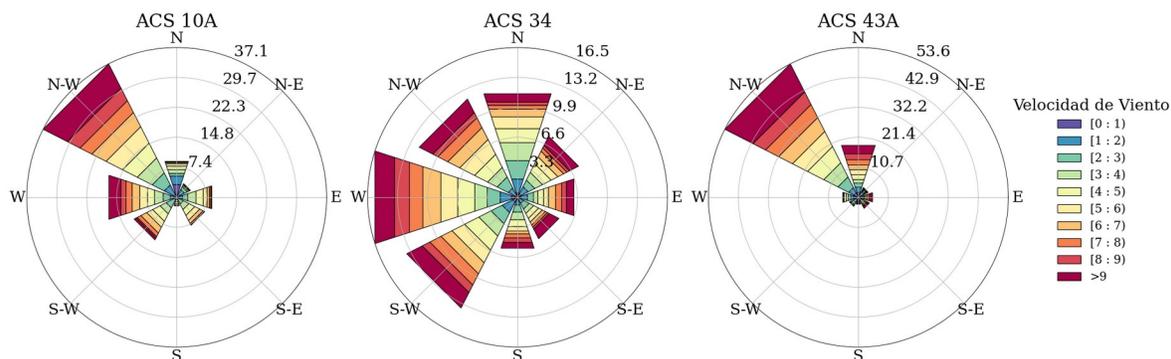


Figura 15: Magnitud y dirección del viento entre junio y noviembre de 2023 medido por las estaciones de monitoreo de las ACS.

Además, la estación de monitoreo de la ACS 10A registró las mayores temperaturas durante el periodo de medición, las variaciones oscilaron entre los 4 y 14 °C. En la estación 34 ubicada más al sur, se observaron los eventos de precipitación más intensos y una amplitud térmica levemente mayor, con temperaturas fluctuando entre los 2.6 y 15.8 °C y

en la estación 43A se registraron temperaturas que ocasionalmente descendieron por debajo de los 0 °C y no superaron los 15 °C (Fig. 16).

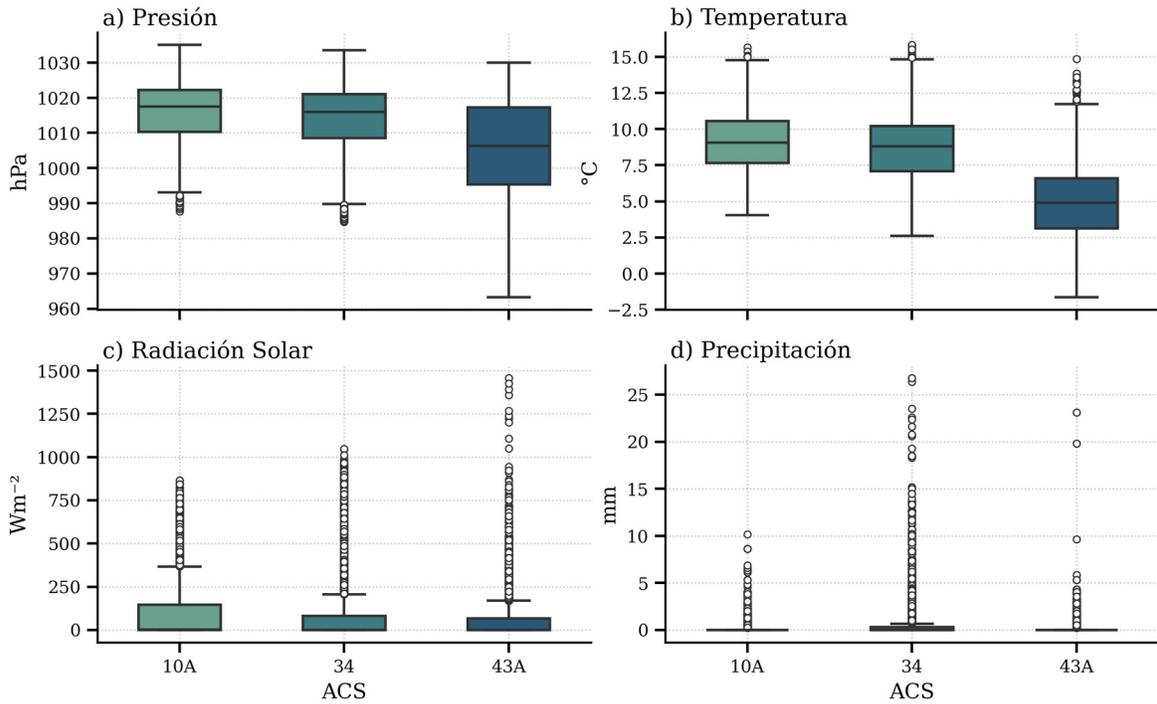


Figura 16: Diagramas de cajas para las variables meteorológicas medidas por las estaciones de monitoreo de las ACS.

La estimación de los rangos mínimos y máximos registrados hasta la fecha por las estaciones de monitoreo, nos permiten cuantificar y determinar las características generales de la variabilidad en cada una de las ACS (Tabla 10). Este análisis inicial brinda las bases para entender la amplitud de los parámetros medidos y establecer umbrales para la detección de anomalías futuras en los datos. Es importante mantener el monitoreo continuo en el tiempo para abarcar una cantidad significativa de información que nos permita detectar anomalías de manera robusta.

Tabla 10: Valores mínimos y máximos de los parámetros meteorológicos medidos por las estaciones de monitoreo de las ACS.

Variables	ACS 10A		ACS 34		ACS 43A	
	min	max	min	max	min	max
Presión Atmosférica (hPa)	990.1	1034.99	984.75	1033.5	963.26	1029.9
Temperatura (°C)	4.04	14.73	2.6	15.8	-1.62	14.83
Magnitud de viento (m/s)	0.16	17.04	0	29	0	50.8

Dirección de viento (°)	14.88	342	0	359	0	360
Racha de viento (m/s)	0.93	28.4	0.49	33	0	60.32
Radiación Solar (W/m ²)	0	719.46	0	1048	0	1457.9
Precipitación (mm)	0	10	0	26	0	23

Finalmente, mencionar que la caracterización de zonas se está realizando en base a información ambiental disponible, tal como se indicó en la Metodología 3.3. Esta primera caracterización se realizó en base a las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y clorofila separados por región geográfica.

Región de Los Lagos.

El análisis de la relación entre el oxígeno disuelto y diferentes niveles de profundidad revela un patrón espacial significativo. La figura 17 señala el nivel superficial como la capa que registra los niveles más elevados de oxígeno disuelto, con promedios estacionales que varían entre los 7 y 8.5 mg L⁻¹, aproximadamente. A partir de la segunda capa de profundidad, se observan descensos en las concentraciones de oxígeno disuelto, llegando a niveles inferiores a 3 mg/L. La capa más profunda presenta una notable variabilidad, con condiciones de hipoxia y registros de valores superiores a 7 mg L⁻¹, indicando una complejidad en las condiciones de oxígeno en esta profundidad. En todas las profundidades, la primavera se destaca consistentemente como la estación con las mayores concentraciones de oxígeno disuelto, donde al mismo tiempo se identifican valores de oxígeno disuelto menores a 4 mg L⁻¹ en al menos una estación del año. En la capa más profunda (superior a los 100 m de profundidad), esta condición persiste durante todas las estaciones, señalando una preocupante hipoxia en esta zona a lo largo del año. Asimismo, las desviaciones estándar revelan una baja variabilidad, sugiriendo una estabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto a lo largo de las estaciones y capas de profundidad.

En el caso de la temperatura se puede observar que los datos presentan menor variabilidad a partir de los 20 m de profundidad, producto de una menor dispersión a lo largo de las diferentes capas de profundidad. Los promedios de temperatura se mantienen relativamente constantes, oscilando entre 10 °C y 11 °C, a excepción del promedio superficial de verano que alcanza los 12.9 °C. En la capa superficial, se observa una notoria variabilidad estacional, lo que amplía los rangos típicos de temperatura, en donde los períodos de primavera y verano, presentan los valores más altos. En promedio, la región de Los Lagos no presenta valores de temperatura superiores a 8 grados e inferiores a 18 grados.

En el análisis de salinidad se destaca la variabilidad en la capa superficial, asociada con la estratificación y las zonas estuarinas presentes en el mar interior, se observa una concentración variable que alcanza un mínimo de 3 PSU hasta un máximo de 34 PSU. En las capas más profundas, se observa una columna de agua homogénea con menor variabilidad.

El análisis de la clorofila revela patrones particulares, especialmente en la capa superficial, donde se evidencia una marcada estacionalidad. En esta capa, la mayor dispersión se observa en invierno, alcanzando un promedio de $3.9 \mu\text{g L}^{-1}$. Las concentraciones de clorofila en la capa superficial se concentran generalmente entre 0 y $5 \mu\text{g L}^{-1}$. Sin embargo, es importante señalar la presencia de observaciones atípicas en la capa superficial que presentan valores significativamente más altos, oscilando entre 20 y $40 \mu\text{g L}^{-1}$. Estas observaciones destacan eventos que pueden estar asociados a condiciones específicas excepcionales o eventos biológicos en el ecosistema marino.

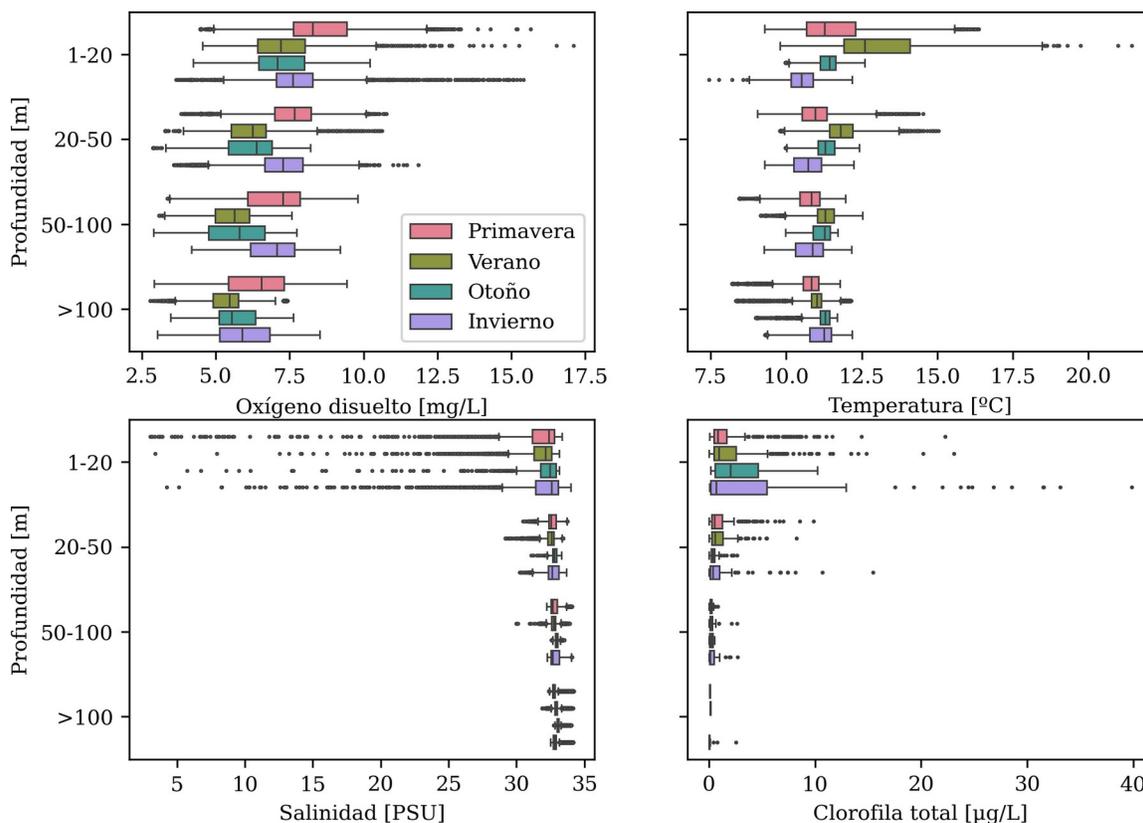


Figura 17: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Los Lagos.

En profundidades superiores a 50 m, la dispersión de los datos se reduce significativamente, y las concentraciones de clorofila disminuyen aún más, sin superar los 3 $\mu\text{g L}^{-1}$. Este patrón sugiere una mayor estabilidad en las concentraciones de clorofila en profundidades mayores, posiblemente influenciada por la disponibilidad de luz solar y nutrientes esenciales para el crecimiento del fitoplancton.

En resumen, los rangos de las diferentes variables para la región de Los Lagos son detallados en la Tabla 11.

Tabla 11: Rangos de oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, y clorofila en la Región de Los Lagos.

Región de Los Lagos				
Profundidad (m)	Rango			
	Oxígeno disuelto (mg L^{-1})	T ($^{\circ}\text{C}$)	S (PSU)	Clorofila ($\mu\text{M L}^{-1}$)
0 - 20	3.6 - 17.0	7.4 - 21.4	3 - 34	0 - 32.8
20 - 50	2.8 - 11.8	9.0 - 15.0	29.1 - 33.7	0 - 12.3
50 - 100	2.9 - 9.8	8.4 - 12.5	30 - 34.1	0 - 2.0
>100	2.7 - 9.4	8.2 - 12.1	31.8 - 34.2	0 - 1.4

Región de Aysén

El análisis del oxígeno disuelto en la región de Aysén revela una marcada estratificación en las diferentes capas de profundidad (Fig. 18). En la capa superficial, los promedios varían entre 7.3 y 8.9 mg L^{-1} , siendo la primavera la estación que alcanza los máximos valores de oxígeno observándose estaciones de muestreo con valores superiores a 12 mg L^{-1} . Sin embargo, a excepción de otoño, todas las estaciones del año presentan concentraciones bajas de oxígeno inferiores a los 4 mg L^{-1} , lo cual resulta inusualmente bajo para la capa superficial. A lo largo de todas las capas de profundidad, se observan condiciones de hipoxia, y a partir de los 50 m de profundidad, se evidencian condiciones de anoxia. La mayor dispersión estacional se registra por encima de los 100 m, donde los valores oscilan entre 4 y 6 mg L^{-1} , aproximadamente. En contraste, para el resto de las capas, los valores medios de oxígeno superan los 6 mg L^{-1} , sugiriendo una variabilidad en las condiciones de oxígeno a diferentes profundidades y estaciones.

Los valores mínimos de temperatura disminuyen considerablemente en todos los niveles de profundidad, mostrando observaciones inferiores a 8 $^{\circ}\text{C}$, a diferencia de la región

de Los Lagos. Sin embargo, la mayor concentración de información está dentro de un rango similar al anterior, mostrando gran parte de la información en un rango entre los 8 y 12 °C . La capa superficial en el período de verano presenta nuevamente los valores más altos de temperatura, con mediciones de hasta 18 °C aproximadamente. Los valores de salinidad contemplan rangos estrechos pero de una alta variabilidad debido a las condiciones naturales del ecosistema como la presencia de Laguna San Rafael, y ríos. Sin embargo, en general las condiciones de salinidad siguen un patrón constante no superior a los 35 PSU.

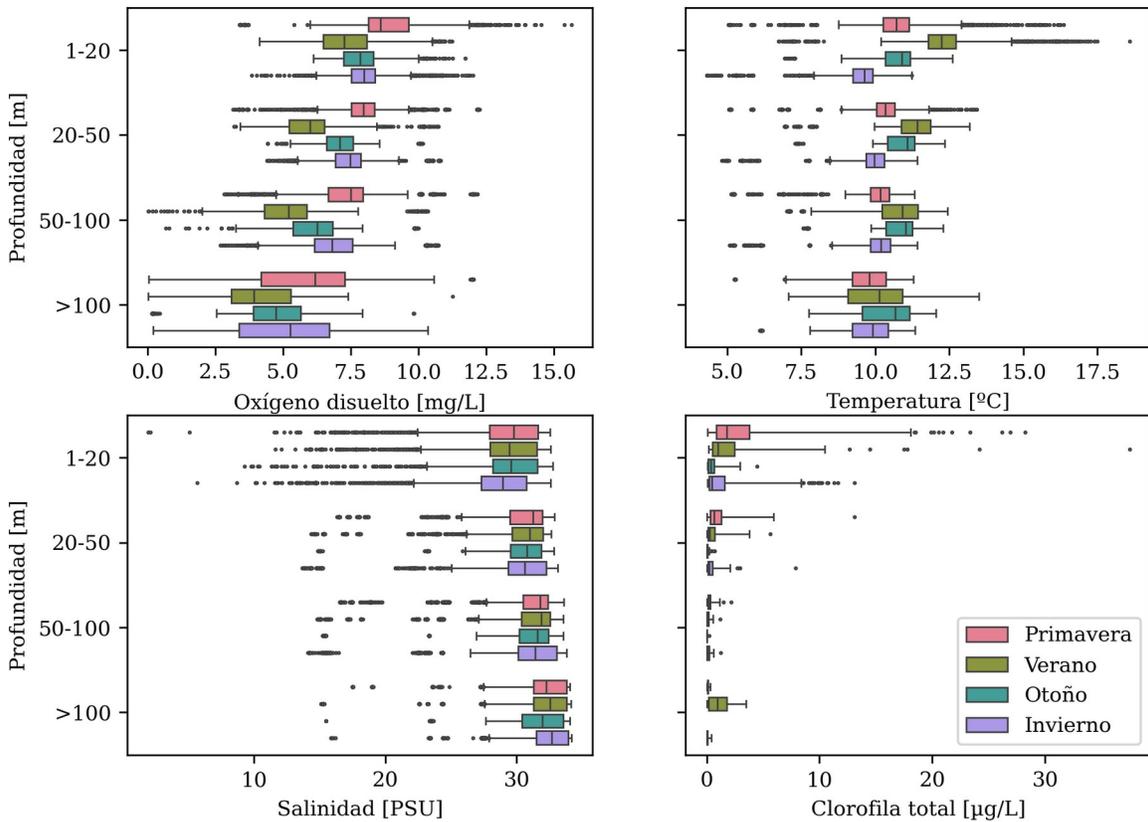


Figura 18: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Aysén.

Por otra lado, la capa superficial hasta los 20 m presenta naturalmente la mayor variabilidad estacional en la distribución de clorofila-a. Se observan las más altas concentraciones durante el período de primavera alcanzando valores por sobre los 10 µg L⁻¹. La distribución vertical de clorofila disminuye considerablemente con la profundidad, alcanzando a partir de los 50 m poca variabilidad con valores entre 0 y 1.

A partir de la información anterior se proponen los siguientes rangos para las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y clorofila en la Región de Aysén (Tabla 12):

Tabla 12: Rangos de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, y clorofila -a en la Región de Aysén.

Región de Aysén				
Profundidad (m)	Rango			
	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	T (°C)	S (PSU)	Clorofila (µM L ⁻¹)
0 - 20	3.3 - 15.6	4.3 - 18.6	1.9 - 32.7	0 - 37.5
20 - 50	3.1 - 12.2	4.8 - 13.4	13.6 - 33.1	0 - 13.1
50 - 100	0 - 12.1	5 - 12.4	14.1 - 33.8	0 - 2.1
> 100	0 - 12	5.2 - 13.5	15.1 - 34.1	0 - 3.4

Región de Magallanes

El oxígeno disuelto en la Región de Magallanes muestra rangos amplios en cada capa de profundidad, especialmente la mayor dispersión de concentración de oxígeno disuelto se observa en las capas profundas, donde las zonas de hipoxia y anoxia están dentro del rango intercuartílico, sugiriendo la presencia de numerosas observaciones de condiciones mínimas de oxígeno disuelto (< 5 mg L⁻¹). Por otro lado, en los mismos niveles de profundidad los límites superiores corresponden a concentraciones relativamente altas de oxígeno, donde se observa en invierno valores superiores a 10 mg L⁻¹ en la capa superior a los 100 m de profundidad. La gran variabilidad en la concentración de oxígeno disuelto en una misma capa de profundidad se debe a las zonas de estudio escogidas, pues se ha observado que Golfo Almirante Montt y Fiordo Skyring corresponden a dos sistemas que muestran condiciones de circulación marina contrastantes y por ende, condiciones muy diferentes de oxígeno disuelto, entre otros parámetros. Fiordo Skyring se caracteriza por tener uno de los valores más altos de retención de aguas en la Patagonia, lo que se puede reflejar en concentraciones altas de oxígeno en las capas profundas; a diferencia de Golfo Almirante Montt que revela condiciones de hipoxia y anoxia en algunos de sus fiordos.

Los valores del campo de temperatura presentan la mayor variabilidad estacional en las capas inferiores a 50 m de profundidad, donde se caracteriza por tener los máximos durante el período de verano, superando un promedio de 9 °C, aproximadamente. Las capas superiores a los 50 m presentan una concentración estrecha que oscila entre los 6 y 10 °C, aproximadamente. El análisis de la salinidad presenta un patrón de variabilidad espacial similar a los casos anteriores, con una alta dispersión de sus valores especialmente en primavera. Los valores más bajos (inferiores a 5 PSU) se observan en la capa superficial, lo cual puede estar influenciado por factores geográficos como la presencia de ríos y glaciares.

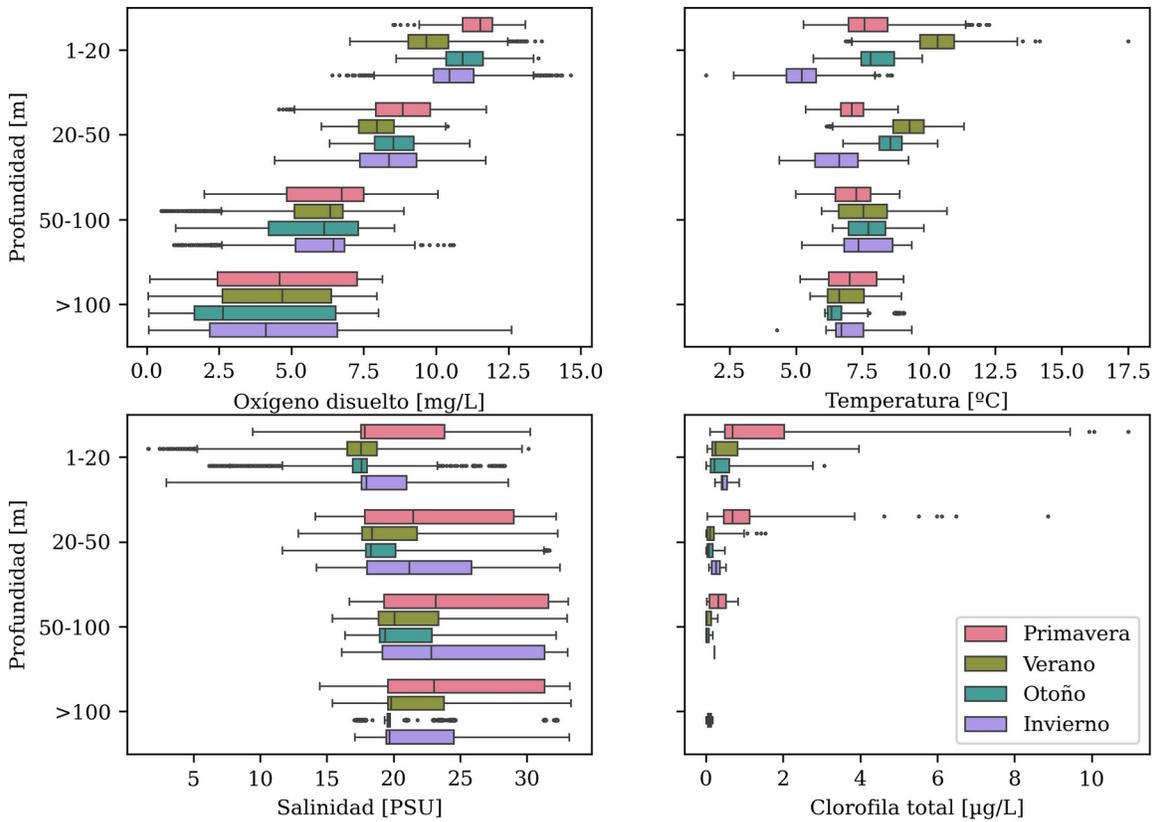


Figura 19: Diagrama de cajas estacional de las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, clorofila-a para diferentes rangos de profundidad en la Región de Magallanes.

Los valores máximos de clorofila-a en la capa superficial, alcanzan un máximo de $10 \mu\text{g L}^{-1}$, aproximadamente, lo que en comparación a las zonas anteriores es 3 veces más bajo que las observaciones realizadas en Los Lagos y Aysén. En las capas más profundas la clorofila-a nuevamente describe un comportamiento con baja variabilidad con valores medios entre 0 y $1 \mu\text{g L}^{-1}$. No se cuentan con observaciones para los períodos de primavera, verano e invierno, en capas superiores a los 100 m de profundidad.

El comportamiento de las variables de oxígeno, temperatura, salinidad y clorofila-a se pueden observar en la figura 19. A partir de la información anterior se proponen los siguientes rangos para las variables de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y clorofila en la Región de Aysén (Tabla 13):

Tabla 13: Rangos de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, y clorofila-a en la Región de Magallanes y la Antártica chilena.

Región de Magallanes y la Antártica chilena				
Profundidad (m)	Rango			
	Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	T (°C)	S (PSU)	Clorofila (µM)
0-20	6.4 - 14.6	1.6 - 17.5	1.6 - 30.2	0 - 10.9
20-50	4.4 - 11.7	4.3 - 11.3	11.6 - 32.4	0 - 8.8
50-100	0.5 - 10.6	4.9 - 10.6	15.3 - 33	0 - 0.8
>100	0 - 12.6	4.2 - 9.3	14.4 - 33.2	0 - 0.1

5. DISCUSIÓN

Los sistemas de monitoreo se han ido intensificando en los últimos años, pero en términos de escalas temporales y espaciales son insuficientes para abordar y estudiar adecuadamente factores que influyen en el desarrollo de los acontecimientos como las floraciones de algas nocivas (FANs), zonas con aguas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, impactos de la industria acuícola (escapes de salmones, mortandad de salmones, dispersión de virus ISA o de caligus, etc), y la contaminación de bancos naturales de organismos marinos de importancia comercial (Grez et al., 2020). Además, la calidad de los datos puede verse comprometida debido a protocolos de control de calidad inadecuados y/o al uso de metodologías no estandarizadas (Teillet et al., 2002). Los programas de vigilancia más recientes han mostrado una tendencia hacia la obtención de datos de manera continua a través de observaciones *in situ*, a los cuales se puede acceder a través de la descarga *in situ* o de forma remota. Estas observaciones remotas son las que permiten detectar rápidamente cambios y tendencias de diferentes indicadores críticos, proporcionando alertas tempranas para los organismos tomadores de decisiones (Glasgow et al., 2004).

La importancia de implementar sistemas de monitoreo para el desarrollo sustentable de la acuicultura se refleja en una de las últimas modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura. El Artículo 87 TER vigente con últimas modificaciones el 10 Diciembre del 2020 establece: “A fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones acuícolas, deberán éstas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez, según lo establezca el reglamento”. El 5 de enero de 2021 se publicó en el Diario Oficial el D.S. No 1, de 2020, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo el reglamento aprobado.

Con el reglamento vigente podemos proyectar el desarrollo de un sistema de monitoreo a largo plazo, con una gran cobertura geográfica a lo largo de la Patagonia chilena. Si bien este proyecto comenzó en 2020, la primera estación fue instalada en septiembre de 2022, comenzando a transmitir de manera estable desde el 10 de octubre del mismo año. Por lo tanto, las primeras 3 estaciones de monitoreo de las ACS comenzaron a transmitir información durante la etapa anterior de este proyecto según la Res. Ex. 3454-2021 de la Subpesca, se estableció la implementación de 1 estación de monitoreo para cada región entre las regiones de Los Lagos y Magallanes, en relación con el inicio del ciclo productivo. En esta etapa se agregaron 3 nuevas estaciones de monitoreo según la Res. Ex. 1118-2023 de la Subpesca. A la escritura de este informe, 2 de estas 3 sistemas se encuentran operando, por lo que a la fecha se encuentran 5 estaciones operativas. De las 5 estaciones, 2 se encuentran ubicadas en la Región de Los Lagos, 2 en la Región de Aysén, y

1 en la Región de Magallanes. Se espera que durante el año 2024 sean 9 las estaciones de monitoreo que se agreguen a la operación.

Las estaciones de monitoreo en tiempo real de las ACS son propensas a enfrentar diferentes problemáticas en la transmisión, especialmente cuando la conectividad es limitada por su ubicación remota y en la calidad de los datos. Algunos de los principales problemas son la transmisión de señal ruidosa, valores constantes cuando un sensor falla, anomalías significativas que están fuera de los límites físicos permitidos o valores escapados que están dentro un límite permitido, pero representan una anomalía muy grande en un corto periodo de tiempo, lo cual transforma a las mediciones en información sospechosa y difícil de identificar. Para minimizar estas problemáticas es de suma necesidad e importancia realizar un mantenimiento y calibración periódica, ya que los sensores miden parámetros complejos y que son sensibles a los cambios del ambiente.

En la medida que el sistema logre una cierta estabilidad en el tiempo, con esta información podremos conocer tendencias, elaborar modelos, establecer escenarios y eventualmente predecir situaciones indeseadas. Además, podremos conocer relaciones causa–efecto que nos permitirán disminuir la incertidumbre tanto en decisiones privadas (productivas, económicas) como públicas (sustentabilidad, condiciones ambientales, bien común). Otro aspecto a destacar es que a medida que se conforme un sistema de observación y monitoreo más extenso y estable en el tiempo, los modelos de pronósticos operacionales serán más robustos y precisos, incluso permitiendo avanzar en el desarrollo de modelos de cambio climático.

Considerando toda esta información se comenzó a trabajar en la programación de alertas cuando los datos están fuera del rango de medición del instrumento. Para ello el sistema fue dotado con sistemas de notificación que permita detectar fallas de los instrumentos, inclusive si la boya o algún sensor de ella deja de emitir datos, todo ello para informar y gestionar la mejora y continuidad de los datos. Así mismo, se implementó un sistema de respaldo redundante de la información para evitar la pérdida de información. Por ahora, la información se almacena en un servidor y en el mismo se genera un sistema espejo que permite cautelar fallos en los archivos y tener el sistema siempre operativo. Además, incluimos un segundo servidor de respaldo ubicado en otro sitio (Castro), en caso de una falla general e irrecuperable de dicho servidor. Adicionalmente, se ha desarrollado un sistema de visualización de libre acceso de los datos transmitidos.

El contar con este sistema de visualización ya implementado en la primera etapa de este proyecto (2020), nos permitió incorporar de manera rápida y eficiente las nuevas ACS implementadas durante este año. Los sistemas de recepción, almacenamiento y visualización fueron robustos y estables para soportar esta nueva fuente de información, no

presentando caídas en los servidores, ni problemas de comunicación entre los datos y la plataforma web, ni tiempos de carga excesivos dentro del sistema de visualización. Dada la forma de procesar la información, esto es aplicable a nuevas estaciones de monitoreo e inclusive a nuevos proveedores de servicios de estas estaciones.

La proyección de todo el sistema desarrollado en este proyecto, puede ser más que solo un reservorio de datos, más bien, puede ser un sistema de observación de datos que integre tanto los datos de las estaciones de monitoreo en tiempo real de las ACS (art 87), así como datos de monitoreos, otras boyas oceanográficas, estaciones atmosféricas, u otros instrumentos desplegados en nuestro territorio. Estos datos podrían estar en compartimentos separados, pero manejados en un mismo sistema. Este sistema podría permitir tener un conocimiento de los procesos oceanográficos en tiempo real, realizar comparaciones en el tiempo, alimentar, fortalecer y validar diferentes modelos oceanográficos. De esta manera, el sistema podría entregar un apoyo real y de gran utilidad para los organismos tomadores de decisiones en todas estas materias.

6. CONCLUSIONES

El presente informe entrega los resultados del programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile, 2022. A continuación se presentan las principales conclusiones a la fecha:

En la primera etapa de este proyecto, IFOP adquirió un servidor con el objetivo de recibir y almacenar la información generada en cada estación de monitoreo, procesar los algoritmos de desarrollo que permiten la visualización web de las mediciones, proporcionar alertas y notificar ante posibles fallos en el sistema de transmisión de la información. Durante el año 2023 el sistema fue separado en 2 servidores: Un servidor exclusivo para la recepción y almacenamiento de la información transmitida desde los sistemas de monitoreo de las ACS y un servidor exclusivo para la visualización de dicha información. Ambos sistemas se han mantenido operativo, estable y funcionando sin inconvenientes a la hora de recibir la información desde las estaciones de monitoreo.

A la fecha se han incorporado 5 estaciones de monitoreo desde los titulares de concesiones o ACS. Esta información nos ha permitido probar el sistema de recepción y almacenamiento de la información. La información de todas las estaciones de monitoreo operativas es transmitida al servidor FTP de IFOP, para lo cual cada proveedor posee credenciales de acceso. Actualmente son 2 proveedores con acceso, éstos son Innovex y Tekfish. é

El análisis de las primeras estaciones de monitoreo (5) instaladas el 2022 ha permitido evaluar y conocer distintas problemáticas a las que se ven expuestas este tipo de estaciones. Considerando un periodo de 6 meses de medición se lograron identificar problemas asociados a los sensores y calcular el porcentaje de información no válida por estación de monitoreo. Esto último mediante un filtro de valores escapados, fuera de rango o constantes. Los principales problemas fueron observados en la estación 34, donde se registra información ruidosa en varios de sus sensores. Por el contrario, las estaciones 10A y 43A han mantenido las transmisiones hacia el servidor de almacenamiento, sin embargo se nota una mayor pérdida en la calidad de los datos en los sensores instalados en profundidad.

Los rangos obtenidos a partir de la información misma transmitida por los sistemas de monitoreo permiten conocer en términos generales la amplitud de los parámetros medidos de cada una de las ACS. Estos rangos establecen la base para la detección de posibles anomalías o cambios ambientales que puedan surgir en el período de monitoreo. Es importante destacar que, para monitorear las anomalías de manera robusta, es necesario mantener las mediciones en el tiempo. Esto no solo permitirá aumentar el periodo de

medición, si no que también contribuye a acumular un conocimiento más profundo y completo del sitio monitoreado.

De acuerdo, a los análisis en base a la información de campañas oceanográficas de IFOP se concluye que el comportamiento de las variables estudiadas están moduladas por patrones estacionales y espaciales típicos de cada zona de estudio. Se puede indicar a grandes rasgos, que la influencia de la presencia de ríos y glaciares es uno de los principales factores que modulan los patrones espaciales, determinando los valores de temperatura, salinidad y la dinámica de la estratificación a lo largo de la zona costera del sur de Chile. Por otro lado, la dinámica estacional está modulada por la radiación solar, la cual define valores estacionales de la temperatura, clorofila y por ende los valores de oxígeno en la capa superficial.

Se detalla que la distribución vertical de las muestras presenta una variabilidad espacial que depende del nivel de profundidad; superficial o capas más profundas. De esta manera, establecer rangos típicos regionales representa un desafío fuertemente ligado al propósito de la investigación; en el caso actual, se emplean rangos regidos por el valor máximo y mínimo de la variable, que responden a una descripción física-biológica que busca validar el valor numérico de los datos transmitidos por los sensores de cada boya.

Por ejemplo, se infiere que puede existir incertidumbre en la validez de la información transmitida por una boya en la región de Los Lagos, si en el caso de temperatura, se observan valores superiores a 21 °C, o valores superiores a 34 PSU en la salinidad. Por lo cual, para la siguiente etapa del proyecto se realizarán pruebas con análisis comparativos para determinar si los valores registrados por las boyas coinciden con la caracterización de la información aquí presentada. En este análisis que se realizará en la siguiente etapa, se tendrán en cuenta las limitaciones asociadas a la disponibilidad de datos en zonas donde se encuentran instaladas las boyas, dado que la variabilidad de alta frecuencia de zonas específicas depende exclusivamente de forzantes locales (e.g. áreas con ríos adyacentes, presencia de acuicultura o barreras propias de la batimetría del fiordo). De acuerdo a lo anterior, la información extraída de los rangos no señala la calidad del ecosistema sino que su aplicación se limita al propósito específico dentro del contexto de una metodología de verificación de los datos transmitidos por las boyas.

Finalmente, mencionar que se realizaron mejoras y actualizaciones al sistema de visualización de la información transmitida por las ACS. Estas mejoras consisten principalmente en una nueva página de inicio del proyecto, al cual se puede acceder directamente desde el enlace <https://chonos.ifop.cl/acs/start/> o a través del sitio web CHONOS (<https://chonos.ifop.cl>). Los datos de todas las estaciones de monitoreo incorporados a la fecha se encuentran disponibles en este sitio.

ANEXO A: GESTIÓN DEL PROYECTO

Reuniones de coordinación con SUBPESCA

Estas reuniones entre el ejecutor del proyecto (División Investigación en Acuicultura, IFOP) y la contraparte técnica (Departamento de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura) tienen como propósito reforzar y conducir el desarrollo del proyecto hacia los temas más relevantes que dieron origen a este estudio, es decir, metodologías y grado de avance de las principales actividades asociadas al proyecto. Por otra parte, para un mejor desarrollo de las actividades comprometidas y para lograr una mayor cobertura participativa, se utilizaron distintos medios como correo electrónico, telefonía y teleconferencias. La aplicación de esta modalidad de trabajo facilita la posterior colaboración ante requerimientos específicos que se generen en el desarrollo del proyecto.

Reunión 1

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de la ACS34.

Fecha: 17 Enero, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)
3. Cristian Acevedo (Subpesca)

Reunión 2

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo en general.

Fecha: 24 Enero, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 3

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo en general.

Fecha: 7 Febrero, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 4

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca con respecto a los avances y desafíos de los proyectos de oceanografía Putemún.

Fecha: 24 Marzo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Gabriel Soto (IFOP)
3. Pablo Reche (IFOP)
4. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 5

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo en general.

Fecha: 6 Abril, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 6

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo en general.

Fecha: 12 Abril, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 7

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de la ACS34.

Fecha: 17 Mayo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

3. Cristian Acevedo (Subpesca)

Reunión 8

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de las ACS.

Fecha: 17 Julio, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 9

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar los proyectos ASIPA en general.

Fecha: 28 Julio, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pablo Reche (IFOP)
3. Gabriel Soto (IFOP)
4. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 10

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de las ACS.

Fecha: 14 Septiembre, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 11

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de las ACS.

Fecha: 2 Octubre, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 12

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para discutir sobre los términos técnicos de referencia para la siguiente etapa de los proyectos ASIPA.

Fecha: 8 Noviembre, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Gabriel Soto (IFOP)
3. Pablo Reche (IFOP)
4. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 13

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para evaluar el comportamiento y estado del sistema de monitoreo de las ACS.

Fecha: 22 Noviembre, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)

Reunión 14

Se realizó una reunión de coordinación con Subpesca para discutir sobre los términos técnicos de referencia y las propuestas técnicas para la siguiente etapa de los proyectos ASIPA.

Fecha: 5 Diciembre, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Gabriel Soto (IFOP)
3. Pablo Reche (IFOP)
4. Susana Giglio (Subpesca)

Reuniones técnico-académicas

El proyecto contempla una serie de asesorías científicas, talleres cerrados y visitas entre IFOP y diferentes asesores académicos. Estas reuniones son de carácter científico y están enfocadas a resolver problemas técnicos y de operación del sistema.

Reunión 1

Se realizó una reunión técnica con los titulares de las ACS 10A y ACS43A, las cuales comparten al mismo proveedor de servicio, Innovex. Esto para subsanar incidencias en la transmisión de la información de las estaciones de monitoreo de las ACS.

Fecha: 11 Enero, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Alvaro Perez (MOWI)
3. Geysi Urrutia (MultiExport)
4. Magdalena Brain (Multiexport)
5. Susana Giglio (Subpesca)
6. Cristian Acevedo (Subpesca)

Reunión 2

Se realizó una reunión técnica entre IFOP y asesor Meteodata para establecer características técnicas del servidor FTP necesario para el sistema exclusivo de recepción y almacenamiento de la información de las ACS.

Fecha: 8 Febrero, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Andres Arriagada (Meteodata)

Reunión 3

Se realizó una reunión técnica entre IFOP y empresa Advection sobre las resoluciones de Subpesca y reglamento de la Ley de Pesca para la implementación de los sistemas de monitoreo.

Fecha: 27 Marzo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Eduardo Navarro (Advection S.P.A.)

Reunión 4

Se realizó una reunión técnica entre IFOP y empresa Casco Antiguo y fabricante NKE sobre el estado del sensor multiparámetro WIMO.

Fecha: 3 Mayo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Patricio Salas (IFOP)
3. Emilio Barrientos (Casco Antiguo).
4. Alexis Ribaltchenko (NKE)

Reunión 5

Se realizó una reunión técnica con el titular de las ACS 34. El motivo de la reunión es subsanar incidencias en la transmisión de la información de la estación de monitoreo respectiva.

Fecha: 23 Mayo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Arturo Diaz (Marine Farm)
3. Susana Giglio (Subpesca)
4. Cristian Acevedo (Subpesca)

Reunión 6

Se realizó una reunión técnica con el titular de las ACS 34 y su proveedor de estación de monitoreo, Tekfish. El motivo de la reunión es subsanar incidencias en la transmisión de la información de la estación de monitoreo respectiva.

Fecha: 29 Mayo, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Arturo Diaz (Marine Farm)
3. Susana Giglio (Subpesca)
4. Cristian Acevedo (Subpesca)
5. Patricio Foitzick (Tekfish)

Reunión 7

Se realizó una reunión técnica con el proveedor Meteodata para ver implementación del nuevo servidor de recepción y almacenamiento de la información transmitida por las ACS.

Fecha: 3 Julio, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Andres Arriagada (Meteodata)

3. Mark Falvey (Metetadata)

Reunión 8

Se realizó una reunión técnica con el titular de las ACS 34. El motivo de la reunión es subsanar incidencias en la transmisión de la información de la estación de monitoreo respectiva.

Fecha: 20 Julio, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Arturo Diaz (Marine Farm)
3. Susana Giglio (Subpesca)
4. Cristian Acevedo (Subpesca)

Reunión 9

Se realizó una reunión técnica con el proveedor Tekfish para revisar el estado de operación de la estación de monitoreo de la ACS 34.

Fecha: 2 Agosto, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Patricio Foitzick (Tekfish)
3. Manuel Asencio (Tekfish)
4. Alex Caimapo (Tekfish)
5. Angel Núñez (Tekfish)

Reunión 10

Se realizó una reunión técnica con el proveedor Tekfish y Subpesca para revisar el estado de operación de la estación de monitoreo de la ACS 34.

Fecha: 23 Agosto, 2023.

Lugar: Google-Meet.

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Patricio Foitzick (Tekfish)
3. Susana Giglio (Subpesca)

Talleres de difusión

El proyecto contempla la realización de talleres de difusión sobre el estado de avance del sistema de monitoreo en línea de la acuicultura en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Estos talleres pueden ser abiertos a la comunidad o cerrados a la discusión académica exclusivamente con diversos especialistas en oceanografía en Chile.

Taller difusión 1

El miércoles 22 de marzo del 2023 se realizó un taller de difusión con los principales resultados de los proyectos de oceanografía de la División de Acuicultura. El taller se efectuó de manera telemática a través de la plataforma Google-Meet con el nombre “Oceanografía y Modelación Numérica en Fiordos y Canales de la Patagonia”. Cabe destacar que los resultados de este proyecto “Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile” corresponden a la etapa 2022. Los resultados obtenidos en esta etapa (2023) serán presentados en un taller en enero del 2024 (fecha a coordinar entre Subpesca e IFOP).

Fecha: 22 de marzo, 2023.

Lugar: Google-Meet

Expositores:

1. Leonardo Guzman (IFOP)
2. Javier Cortes (IFOP)
3. Cristian Ruiz (IFOP)
4. Osvaldo Artal (IFOP)
5. Camila Soto (IFOP)
6. Gabriel Soto (IFOP)

Programa: Oceanografía y Modelación Numérica en Fiordos y Canales de la Patagonia

- | | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14:30 – 14:35 | Palabras de bienvenida.
Leonardo Guzmán Méndez, jefe de División de Investigación en Acuicultura, IFOP. |
| 14:35 - 15:00 | Red de monitoreo en tiempo real de estaciones meteorológicas.
Javier Cortes, IFOP |
| 15:00 - 15:30 | Modelos sinópticos para la Patagonia: avances y desafíos.
Cristian Ruiz, IFOP |
| 15:30 - 16:00 | Sistema de monitoreo en tiempo real de la Patagonia chilena: desafíos y oportunidades.
Osvaldo Artal, IFOP |
| 16:00 - 16:15 | Pausa |
| 16:15 - 16:45 | Circulación e intercambio de agua en el seno Skyring, Magallanes.
Camila Soto, IFOP |
| 16:45 - 17:15 | Condiciones biogeoquímicas y flujo de nutrientes en el seno Skyring, Magallanes. |

Gabriel Soto, IFOP

17:15 - 17:30. Cierre.

Compra y mantenimiento de equipo:

1. En la etapa 1 de este proyecto se adquirió un servidor dedicado exclusivamente a este proyecto para el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de la información transmitida por el sistema de monitoreo de la acuicultura. Las principales características de este servidor se encuentran detalladas en el Anexo C.
2. En esta etapa del proyecto se adquirió un servidor exclusivo para el sistema de recepción y almacenamiento de la información transmitida por las ACS. Los detalles de este servidor se encuentran en la sección Resultados 4.1.1 (Tabla 4).

Convenios y colaboraciones

1. **Colaboración I-Mar – IFOP:** Un trabajo de cooperación actualmente se desarrolla entre el centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos y el IFOP. Una boya oceanográfica actualmente operativa se encuentra instalada en el Seno del Reloncaví y administrada por I-Mar. Esta boya sirve de ejemplo para probar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de la información oceanográfica y atmosférica de este proyecto.
2. **Colaboración IFOP-SECOS:** El día 27 de abril del 2022 se reunieron investigadores del centro SECOS e IFOP en Puerto Montt con el fin de avanzar en un convenio de colaboración. Este convenio fue firmado legalmente el 1 de Diciembre del 2023. En este convenio se abre la posibilidad de agregar los datos de la Plataforma SECOS en Hualaihué en la pagina web de este proyecto.
3. **Colaboración IFOP-Blueboat.** Durante este año 2023, la boya Bloeboat se encontraba operativamente enviando información al servidor IFOP. Lamentablemente esta boya no se encuentra disponible en este momento.

Carta Gantt del proyecto

El proyecto tiene una duración total de 12 meses entre enero y diciembre del 2022

Actividades	E22	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. Mantenimiento de sistemas computacionales de recepción y almacenamiento de datos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Calibración de los sistemas computacionales de recepción y almacenamiento de datos							x	x	x	x	x	
3. Generación boletín informativo											x	
4. Mejora sistema de visualización de datos			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
5. Documento de Avance 1					x							
6. Seminario presentación de resultados												x
7. Reuniones de coordinación			x	x					x	x		
8. Informe final												x

ANEXO B: SENSOR MULTIPARÁMETRO

El multiparámetro Wimo de NKE permite la transmisión de datos vía GPRS o MODBUS. La sonda WiMo es un producto modular que permite la expansión de sensores solamente conectando los que se adquieran, logrando medir hasta 20 parámetros de agua (directa o indirectamente), ya que puede conectar hasta siete sensores a la vez (Fig. 20). La sonda WiMo se beneficia de su conjunto de sensores digitales inteligentes que incluye el limpiaparabrisas para mantener un correcto funcionamiento de los sensores. A su vez, permite conectar, desconectar y calibrar los sensores, incluso con la sonda en funcionamiento. La sonda es multifuncional y operativa, ya que es adecuada para cualquier tipo de soporte, entre ellos una boya, escalera, estaca o pontón. El equipo puede ser sumergido hasta los 250 m. Las principales características son las siguientes:

- Los sensores inteligentes digitales se conectan y desconectan a voluntad.
- Sistema de limpieza de eficacia probada.
- Pilas alcalinas autónomas de larga duración.
- Conectividad wifi compatible con todas las plataformas.
- Fácil de integrar en boya / USV / ROV, AUV.
- Hasta 20 parámetros de agua medidos por una sonda.
- Ligera y robusta.
- Interfaz fácil de usar interfaz fácil de usar integrada en la web.
- Precisión de datos estándares de alta calidad.
- Solución 3G / 4G y otra comunicación remota.



Figura 20: Sensor multiparámetro WiMo de NKE.

Los rangos de medición, precisión y resolución de cada sensor es resumido en la Tabla 14:

Tabla 14: Resumen de los rangos de medición, precisión y resolución de los sensores del multiparámetro WiMO.

	Rango	Precisión	Resolución
Profundidad	0-25 db	0.15 %	0.001 bar
Temperatura	-2 a +35 °C	±0.05 °C	0.001 °C
Conductividad	0 a 100 mS cm ⁻¹	±0.5% de leer	0.0001 ms cm ⁻¹
Salinidad	0.1 PSU	< 0.1 PSU	< 0.001
Oxígeno Disuelto	0 a 20 mg L ⁻¹ 0 a 250%	±1% de leer en 20% O2	0.025 at 20% O2
Turbidez	0 a 4000 FNU	0.4FNU o ±5% de leer	0.01 FNU
Fluorescencia	0 ta 500 µg L ⁻¹	Lineal: 0.99 r2	0.3 µg L ⁻¹
pH	0-14 pH units	±0.1 pH unidades	0.01 pH unidades

El equipo adquirido por IFOP para este proyecto es un multi-parámetro WiMO + plus NKE con sensor de presión incluido. Cuenta con sensor de oxígeno, conductividad y temperatura, y clorofila. A su vez incluye una antena GPR Y GPS, para transmisión de datos con cable de 1 m. Posee un sistema antifouling (Wiper) que permite mantener limpios los sensores para los despliegues a largo plazo. Finalmente, otra característica relevante es que estos sensores podrán calibrarse en un laboratorio en Chile.

ANEXO C: RECURSOS COMPUTACIONALES

El sistema de recepción y almacenamiento de las ACS se basa principalmente en un servidor, instalado y configurado en un *Data Center* en la ciudad de Santiago con los estándares establecidos en las normas internacionales ANSI / TIA / EIA-942. Este equipo está configurado como un sistema RAID 5 para proteger la información recibida y a su vez para mantener estable el servidor web donde se visualizan los principales resultados. Las especificaciones técnicas de este equipo son resumidos en la Tabla 15:

Tabla 15: Especificaciones técnicas del servidor web para sistema de monitoreo de las ACS, ubicado en Data Center en Santiago.

SO: CentOS Linux release 7.8.2003
CPU: 64 cores 2.5 Ghz (4 procesadores AMD Opteron(tm) Processor 6380).
RAM: 64GB
DISCO: 5.4TB (HDD)
Interfaz de red: 4 x 1Gbit
Fuente de poder: Redundante (2)

Además de este servidor, se cuenta con un servidor de almacenamiento de gran capacidad (*storage*) en IFOP-Putemún, ciudad de Castro. Este servidor se encuentra configurado como sistema RAID 1, lo que permite mantener toda la información doblemente respaldada. De esta manera los datos enviados son almacenados en 2 servidores diferentes, ubicados en 2 ciudades distintas, con lo cual la información estará doblemente protegida. Las características principales de este servidor de almacenamiento se encuentran resumidas en la Tabla 16:

Tabla 16: Especificaciones técnicas del servidor de almacenamiento de respaldo de información de las ACS ubicado en IFOP-Putemún, Castro.

SuperStorage Supermicro Server 6029P-E1CR16T - 64GB ECC/REG - 48 TB SAS 1
1 x SuperStorage Supermicro Server 6029P-E1CR16T
2 x Procesador Intel Xeon Bronze 3106 1.70GHZ 11MB CACHE
4 x Memoria Ram Samsung DDR4-2666 16GB/2Gx4 ECC/REG CL19
1 x Supermicro BTR-TFM8G-LSICVM02 SuperCap Module for 3108 Controller
1 x Supermicro PCI LSI BKT-BBU-BRACKET-05 Remote Mounting Board
2 x Samsung SSD PM863A Series 480GB 2.5 inch SATA3
2 x Supermicro MCP-220-84606-0N Rear Side Dual 2.5
10 x Seagate 8TB Enterprise Capacity 7200 rpm SAS III 3.5"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, R., León-Muñoz, J., Vargas-Baecheler, J., Montecinos, A., Garreaud, R., Urbina, M., ... & Iriarte, J. L. (2019). The glass half-empty: climate change drives lower freshwater input in the coastal system of the Chilean Northern Patagonia. *Climatic Change*, 155(3), 417-435.
- Alarcón, E., Valdés, N., and Torres, R. (2015). Calcium carbonate saturation state in an area of mussels culture in the reloncaví sound, northern patagonia, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(2):277–281.
- Barruffa, A. S., Sposito, V., & Faggian, R. (2021). Climate change and cyanobacteria harmful algae blooms: adaptation practices for developing countries. *Marine and Freshwater Research*.
- Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5), 243-249.
- Collins, M., An, S. I., Cai, W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F. F., ... & Vecchi, G. (2010). The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience*, 3(6), 391-397.
- Giesecke, R., Höfer, J., Vallejos, T., and González, H. E. (2019). Death in southern Patagonian fjords: Copepod community structure and mortality in land- and marine-terminating glacier-fjord systems. *Progress in Oceanography*, 174:162–172.
- Glasgow, H. B., Burkholder, J. M., Reed, R. E., Lewitus, A. J., & Kleinman, J. E. (2004). Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 300(1-2), 409-448.
- Grez, P. W., Aguirre, C., Farías, L., Contreras-López, M., & Masotti, Í. (2020). Evidence of climate-driven changes on atmospheric, hydrological, and oceanographic variables along the Chilean coastal zone. *Climatic Change*, 163(2), 633-652.
- González, H. E., Nimptsch, J., Giesecke, R., and Silva, N. (2019). Organic matter distribution, composition and its possible fate in the chilean north-patagonian estuarine system. *Science of the Total Environment*, 657:1419–1431.
- Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.

- Iriarte, J. L. (2018). Natural and human influences on marine processes in patagonian subantarctic coastal waters. *Frontiers in Marine Science*, 5:360.
- Hormazábal, S. 2018. Evaluación y análisis de los requerimientos necesarios para la implementación de una red de monitoreo para las agrupaciones de concesiones de acuicultura. Fondo de Investigación Pesquera y Acuícola, Subsecretaría de Pesca, Informe final FIPA 2016-68, 530.
- Malone, T., Davidson, M., DiGiacomo, P., Gonçalves, E., Knap, T., Muelbert, J., ... & Yap, H. (2010). Climate change, sustainable development and coastal ocean information needs. *Procedia Environmental Sciences*, 1, 324-341.
- Mardones, J. I., Paredes, J., Godoy, M., Suarez, R., Norambuena, L., Vargas, V., ... & Hallegraeff, G. M. (2021). Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016. *Science of the Total Environment*, 766, 144383.
- Pérez-Santos, I., Díaz, P. A., Silva, N., Garreaud, R., Montero, P., Henríquez-Castillo, C., ... & Maulen, J. (2021). Oceanography time series reveals annual asynchrony input between oceanic and estuarine waters in Patagonian fjords. *Science of the Total Environment*, 798, 149241.
- Quinones, R. A., Fuentes, M., Montes, R. M., Soto, D., & León-Muñoz, J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 375-402.
- Reche, P., Artal, O., Pinilla, E., Ruiz, C., Venegas, O., Arriagada, A., & Falvey, M. (2021). CHONOS: Oceanographic information website for Chilean Patagonia. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105634.
- Ruiz, C., Artal, O., Pinilla, E., & Sepúlveda, H. H. (2021). Stratification and mixing in the Chilean Inland Sea using an operational model. *Ocean Modelling*, 158, 101750.
- Sandoval, M., Parada, C., & Torres, R. (2018). Proposal of an integrated system for forecasting Harmful Algal Blooms (HAB) in Chile. *Latin american journal of aquatic research*, 46(2), 424-451.
- Sarmiento, J. L., Slater, R., Barber, R., Bopp, L., Doney, S. C., Hirst, A. C., ... & Soldatov, V. (2004). Response of ocean ecosystems to climate warming. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(3).
- Schneider, W., Pérez-Santos, I., Ross, L., Bravo, L., Seguel, R., & Hernández, F. (2014). On the hydrography of Puyuhuapi Channel, Chilean Patagonia. *Progress in Oceanography*, 129, 8-18.

Silva, N., & Palma, S. (2008). Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. *Comité Oceanográfico Nacional - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, Valparaíso, pp. 11-15, 2006

Teillet, P. M., Gauthier, R. P., Chichagov, A., & Fedosejevs, G. (2002). Towards integrated Earth sensing: Advanced technologies for in situ sensing in the context of Earth observation. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28(6), 713-718.

Torres, R., Pantoja, S., Harada, N., González, H. E., Daneri, G., Frangopulos, M., Rutlant, J. A., Duarte, C. M., Rúaiz-Halpern, S., Mayol, E., et al. (2011). Air-sea CO₂ fluxes along the coast of Chile: From CO₂ outgassing in central northern upwelling waters to CO₂ uptake in southern Patagonian fjords. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 116(C9).

Torres, R., Silva, N., Reid, B., and Frangopulos, M. (2014). Silicic acid enrichment of subantarctic surface water from continental inputs along the Patagonian archipelago interior sea (41–56°S). *Progress in Oceanography*, 129:50–61.

Vergara-Jara, M. J., DeGrandpre, M. D., Torres, R., Beatty, C. M., Cuevas, L. A., Alarcón, E., and Iriarte, J. L. (2019). Seasonal changes in carbonate saturation state and air-sea CO₂ fluxes during an annual cycle in a stratified-temperate fjord (Reloncaví fjord, Chilean Patagonia). *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(9):2851–2865.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

www.ifop.cl



www.ifop.cl