



**Informe Final**

Convenio de Desempeño 2022

Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales  
en la zona sur-austral de Chile, 2022

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2022**



## **Informe Final**

Convenio de Desempeño 2022

Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile, 2022

### **SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Diciembre 2022**

#### **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  
**Leonardo Guzmán Méndez**

Director Ejecutivo  
**Gonzalo Pereira Puchy**

#### **JEFE PROYECTO Osvaldo Artal Arrieta**

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

## ÍNDICE GENERAL

Resumen ejecutivo.....	5
1. Antecedentes.....	7
1.1 Contexto.....	7
1.2 Sistemas de monitoreo en línea.....	10
2. Objetivos.....	16
2.1 Objetivo General.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. Metodología.....	17
3.1 Metodología objetivo específico 1: Calibrar y optimizar el sistema de recepción y almacenamiento de datos provenientes de monitoreos en línea.....	17
3.2 Metodología objetivo específico 2: Optimizar y mejorar la plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.....	20
3.3 Metodología objetivo específico 3: Establecer la estructura de la información a desplegar en el portal web para la toma de decisiones del sector público.....	22
4. Resultados.....	24
4.1 Resultados objetivo específico 1: Calibrar y optimizar el sistema de recepción y almacenamiento de datos provenientes de monitoreos en línea.....	24
4.2 Resultados objetivo específico 2: Optimizar y mejorar la plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.....	31
4.3 Resultados objetivo específico 3: Establecer la estructura de la información a desplegar en el portal web para la toma de decisiones del sector público.....	39
5. Discusión.....	50
6. Conclusiones.....	53
Anexo A: Gestión del proyecto.....	55
Anexo B: Sensor multiparámetro.....	64
Anexo C: Recursos Computacionales.....	66
Referencias bibliográficas.....	67

## 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.....	14
Figura 2: Esquema del sistema de recepción y almacenamiento de la información ambiental recolectada y transmitida por la red de monitoreo de la acuicultura.....	18
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.....	21
Figura 4: Instalación de la sonda multiparámetro WIMO sumergida a 1.5 m de profundidad en el humedal de Putemún.....	25
Figura 5: Instalación de antena GPR/GPS de transmisión de datos de la sonda multiparámetro WIMO sobre plataforma flotante en el humedal de Putemún.....	26
Figura 6: Esquema simplificado de la base de datos de mediciones del sistema de monitoreo.....	29
Figura 7: Nueva visualización de las estaciones de monitoreo en el sistema de visualización para distinguir entre estaciones reales (círculos grandes) y estaciones “virtuales” (círculos pequeños).....	32
Figura 8: Ejemplo del boletín resumen con la última información recolectada por el sensor multiparámetro WIMO en el humedal de Putemún.....	33
Figura 9: Información ambiental recolectada por el sensor multiparámetro WIMO en el humedal de Putemún entre el 17 de octubre y el 17 de diciembre del 2022.....	34
Figura 10: Último boletín informativo generado para la estación de monitoreo de la ACS 43A.....	35
Figura 11: Último boletín informativo generado para la estación de monitoreo de la ACS 10A.....	36
Figura 12: Serie de tiempo temperatura a 10 m de profundidad durante el 10 de octubre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.....	36
Figura 13: Serie de tiempo precipitación durante el 10 de octubre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.....	37
Figura 14: Serie de tiempo latitud durante el 18 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.....	37
Figura 15: Serie de tiempo temperatura a 10 m de profundidad durante el 2 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.....	38
Figura 16: Serie de tiempo precipitación durante el 2 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.....	38
Figura 17: Serie de tiempo latitud durante el 18 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.....	39
Figura 18: Esquema del sistema de control de calidad de los datos adquiridos de la red de monitoreo de acuicultura.....	40
Figura 19: Visualización de las alertas vigentes en el sistema de visualización.....	43
Figura 20: Sensor multiparámetro WiMO de NKE.....	64

## 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).....	14
Tabla 2: Resumen de la profundidad de los sensores de las primeras estaciones de monitoreo instaladas por las diferentes ACS.....	19
Tabla 3: Variables registradas junto con su rango de operación, precisión y resolución por la sonda multiparámetro WIMO.....	26
Tabla 4: Resumen de los datos entregados de las boyas habilitadas en la plataforma web de visualización.....	28
Tabla 5: Resumen titulares de ACS y proveedor externo de instalación, mantención y transmisión de las mediciones del sistema de monitoreo.....	34
Tabla 6: Límites rígidos de diferentes variables meteorológicas (UNE 500540, 2004) y oceanográficas.....	42
Tabla 7: Resumen de los rangos de medición, precisión y resolución de los sensores del multiparámetro WiMO.....	65
Tabla 8: Especificaciones técnicas del servidor web para sistema de monitoreo de las ACS, ubicado en Data Center en Santiago.....	66
Tabla 9: Especificaciones técnicas del servidor de almacenamiento de respaldo de información de las ACS ubicado en IFOP-Putemún, Castro.....	66

## 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 boyas oceanográficas que serán instaladas como consecuencia de la 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 proyecto comenzó a operar en enero del 2020 en etapas de 12 meses, y recién durante este año 2022 se comenzó a recibir información desde las estaciones de monitoreo de las ACS. 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 (escapes y mortandad de salmones, dispersión de virus ISA o de caligus, etc), contaminación de bancos de mitílidos naturales, entre otros.

Teniendo en consideración el propósito del proyecto, que en su primera etapa debía abordar la recepción de datos para la implementación de este repositorio y que al mismo tiempo notábamos un retraso en la instalación de boyas, generamos un sistema mixto de generación de datos, usando datos de boyas existentes mediante convenios, compra de instrumentos y el uso de boyas virtuales simuladas a partir modelos de pronósticos operacionales de elaboración propia. Específicamente se trata del sistema de monitoreo del centro I-Mar de la Universidad de Los Lagos ubicada en el Seno Reloncaví, un sensor multiparámetro de IFOP ubicado en el Humedal Putemún, y boyas virtuales del sistema de pronósticos ambientales de IFOP, llamado MOSA. Con esta información se comenzó a desarrollar los algoritmos para la lectura, procesamiento, respaldo y visualización de la información transmitida. De esta misma manera, se comenzaron a implementar dos tipos de control de calidad a los datos registrados. El primero consiste en probar el estado de operación de las estaciones, la presencia de datos corruptos, comprobar la metadata, y retirar la información duplicada, lo que se conoce como límites rígidos. El segundo tipo de control de calidad consiste en establecer límites flexibles considerando la información histórica, o de cierto período, para las variables monitoreadas.

En esta etapa, comenzamos a recibir la información de las primeras estaciones de monitoreo en tiempo real de las ACS. La ubicación de cada una de estas estaciones fueron declaradas por la Subpesca en la Resolución N°3454, y corresponden a una estación de monitoreo por región entre las regiones de Los Lagos y Magallanes. Los titulares responsables son: MOWI para la estación de Los Lagos, Marine Farm para la estación de la

región de Aysén, y Multiexport para la estación de la región de Magallanes. La primera estación que transmitió información fue la estación de Magallanes, la cual comenzó a enviar datos de manera estable desde el 10 de octubre del 2022, por otra parte, desde el 2 de septiembre, comenzó a transmitir información la estación de Los Lagos. A la fecha, la estación de Aysén no ha comenzado a transmitir de manera estable. Esta nueva información fue incorporada al sistema de visualización previamente desarrollado, adaptando todos los algoritmos de procesamiento de datos, control de calidad y alertas ambientales a esta nueva fuente de información.

Por otra parte, mencionar que se incorporaron mejoras al sistema de visualización de la información transmitida por la red de monitoreo. Estas mejoras consisten en algoritmos internos para mejorar los tiempos de respuesta a las consultas de los usuarios en el portal web y en cambios en el mapa dentro de la página web. La plataforma web para la visualización de la información está disponible en el sitio web <http://chonos3.meteodata.cl/boyas/>. A su vez, se mantiene el sistema de alerta, mostrando en el mapa de las estaciones de monitoreo un círculo con un color asociado al estado de transmisión de dicha estación (verde, naranja y rojo). Esta actualización incorporó a la plataforma un reporte que permite ver en tiempo real el estado de monitoreo de cada estación (<http://chonos3.meteodata.cl/boyas/alertas>). Finalmente, en esta etapa se presenta un borrador de boletín informativo semestral, que resume el comportamiento de los últimos 6 meses de operación de cada estación de monitoreo.

## 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 hipóxicas, 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 en línea 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).

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 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.

Estos sistemas de monitoreos permitirán caracterizar los fiordos donde se encuentran las zonas de producción acuícola, los cuales son sistemas estuarinos muy complejos con una mayor susceptibilidad a la variabilidad climática y oceanográfica (física y biogeoquímica) porque están sujetos a diferentes factores 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 (eg. 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 glaciar 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).

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 deberá 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 será 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. Los titulares de centros de cultivo deberán contar con una certificación post-instalación de las estaciones de monitoreo. Esta certificación se deberá realizar de manera posterior a la instalación de los equipos y en forma previa al inicio del periodo productivo correspondiente. La certificación tendrá vigencia de doce meses. Además, se deberá 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 concesiones integrantes de una agrupación podrán suscribir un plan de monitoreo integrado, destinado a dar cumplimiento a las obligaciones antes indicadas.

Por otra parte, el Instituto de Fomento Pesquero será el organismo técnico que deberá hacerse cargo de la recepción, almacenamiento y visualización de resultados 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 quién 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 de baja frecuencia, como los vinculados al Fenómeno de El Niño o al Cambio Climático, entre otros.

Cabe destacar que en el caso que los datos sean registrados dentro de una concesión de acuicultura, el acceso a dicha información por parte de terceros será pública sólo en la medida que no contravenga la Ley N°20.825 sobre acceso a la información pública, o la normativa que la reemplace. Por otro lado, el uso de datos e información por parte de IFOP, requerirá consentimiento previo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para su utilización.

## **1.2 Sistemas de monitoreo en línea**

Una limitación general de la oceanografía 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 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 observación 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.goosocan.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, estos 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), 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, 4 universidades han tratado de mantener operativas alguna boya oceanográfica desde el 2014 a la fecha. Estas boyas corresponden 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/>). Actualmente, tanto las boyas Tongoy como Stratus son las únicas que se encuentran operativas. Los datos de todas estas boyas pueden encontrarse en el Centro de Datos Oceanográficos y Meteorológicos (CDOM, <http://www.cdom.cl/>). 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 boyante 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-oceano y las temperaturas de superficie del mar en la zona tropical este pacífico.

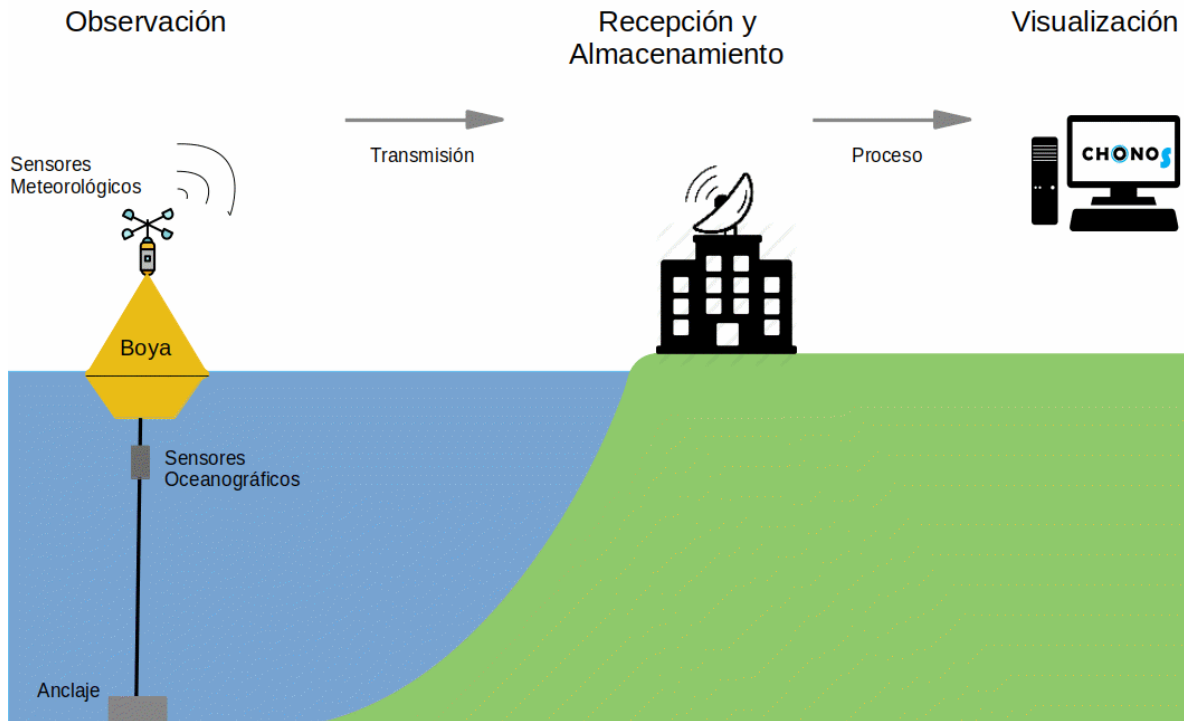
La boya Tongoy (o balsa CEAZA-Invertec) es un instrumento de medición de variables oceanográficas y meteorológicas que lleva cerca de 7 años instalada en la Bahía de Tongoy. La boya pertenece a CEAZA, pero las mantenciones son realizadas por la

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 ( $44^{\circ}35.3'S$  y  $72^{\circ}43.6'W$ ) 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. Actualmente se encuentra en mantención y se pretende vuelva a estar operativa durante el 2022, dentro del mismo fiordo pero en otra ubicación.

Finalmente la boya de Reloncaví ( $41^{\circ}38'.183 S$ ,  $72^{\circ}50'.069 W$ ) fue instalada en marzo del 2017 a una profundidad de  $\sim 240$  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.

En este contexto el sistema de monitoreo 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.

Estas boyas permiten registrar las condiciones ambientales mediante una serie de instrumentos de medición oceanográficos y meteorológicos. 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. Estas variables están resumidas en la Tabla 1.

**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)

Meteorológicas	Oceanográficas
Temperatura	Temperatura
Presión atmosférica	Conductividad/Salinidad
Viento	Presión
Radiación solar	Corrientes
Precipitación	Fluorescencia
	Turbidez
	Oxígeno disuelto
	pH

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 desde la boya Reloncaví del centro i-mar de la Universidad de los Lagos, considerando que en ese momento era la única transmitiendo en la zona de la Patagonia chilena. Además, durante el 2020 se adquirió una boya low-cost con un sensor multiparámetro (boya WIMO, Anexo B) para ser instalado en el humedal de Putemún con el objetivo de evaluar tanto el sistema de transmisión, así como la plataforma web durante ese año. Sin embargo este instrumento presentó fallas en el sistema de transmisión, razón que conlleva a su envío a servicio técnico, por lo que solo registró alrededor de 1 mes de mediciones. Por esta razón durante el 2021 se generó una base de datos virtual construida a partir de simulaciones numéricas del pronóstico operacional MOSA (Ruiz et al., 2021).

Durante este año 2022, tanto las estación Putemún (boya WIMO), así como la estación Seno Reloncaví (boya i-mar) han vuelto a quedar operativas (Tabla 2). Esta última ahora cuenta con nuevos sensores de CO2 atmosférico, Nitrato, Fosfato y un ADCP. Por otra parte, este año 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 debe instalarse en la ACS34 (región de Aysén) antes de fin de año bajo la responsabilidad de Marine Farm, pero a la fecha del escrito de este informe, aún no comenzaba la transmisión de datos.

El portal web de visualización de la información transmitida por las ACS se encuentra en constante desarrollo, desplegando información ambiental de forma sencilla y resumida mediante figuras de series de tiempo. Además, el 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. Por ahora, el portal web se encuentra disponible en el sitio: <http://chonos3.meteodata.cl/boyas>.



## **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 Calibrar y optimizar el sistema de recepción y almacenamiento de datos provenientes de monitoreos en línea.

2.2.2 Optimizar y mejorar la plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.

2.2.3 Establecer la estructura de la información a desplegar en el portal web para la toma de decisiones del sector público.

### 3. METODOLOGÍA

---

#### 3.1 Metodología objetivo específico 1: Calibrar y optimizar el sistema de recepción y almacenamiento de datos provenientes de monitoreos en línea.

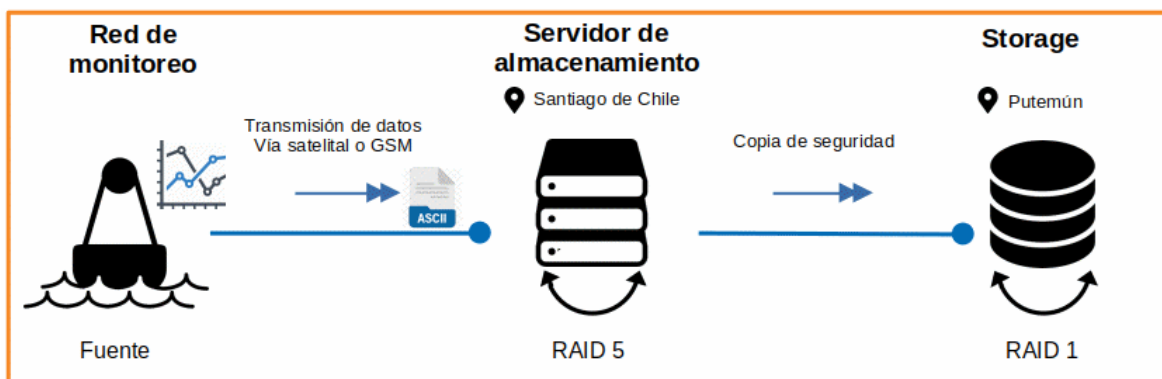
El sistema de monitoreo de la acuicultura está compuesto de un conjunto de boyas con sensores oceanográficos y estaciones meteorológicas ubicadas estratégicamente a lo largo de las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. Cada estación de monitoreo permite registrar las condiciones ambientales mediante 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. 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 registradas. Estas variables a monitorear son exigidas en el artículo 87 ter de la Ley General de Pesca y Acuicultura, sumada a otras variables que pudieran verse afectadas por las actividades acuícolas o que pudieran explicar algunos de los efectos que éstas tendrían sobre el ambiente. Para las variables meteorológicas, se consideraron las indicaciones entregadas por la Organización Mundial de Meteorología (OMM), que especifican las variables a medir y los requerimientos necesarios de sensores y equipos, que se deben tener para lograr un dato válido. En reuniones de coordinación entre IFOP y Subpesca fueron sugeridos rangos de medición, resolución y precisión para todas las variables a monitorear.

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 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 deberán implementar el sistema de monitoreo para dar cumplimiento a las obligaciones que establece el reglamento corresponden a las ACS 10A, 34 y 43A, 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 la Resolución N°3408 de 2021 de Subpesca. Así mismo, se estableció que los sensores del sistema de monitoreo de las ACS 10A y 34 deberían ser instalados a 10 y 50 m de profundidad, mientras que los sensores del sistema de monitoreo de la ACS 43A deberían ser instalados a 10 y 60 m de profundidad. Este detalle se encuentra resumido en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Resumen de la profundidad de los sensores de las primeras estaciones de monitoreo instaladas por las diferentes ACS

ACS	Titular concesión de Acuicultura	Región	N° de sensores por profundidad para cada variable	Profundidad (m)
10A	MOWI	Los Lagos	2	10 y 50 m
34	GRANJA MARINA TORNAGALEONES	Aysén del general Carlos Ibañez del Campo	2	10 y 50 m
43A	MULTIEXPORT PATAGONIA	Magallanes y de la Antártica Chilena	2	10 y 60 m

Por otra parte, 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.

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.

A la fecha de la escritura de este informe de las 3 estaciones de monitoreo mencionadas en la resolución, las estaciones de las ACS 10A y 43A se encuentran

operativas y transmitiendo. La tercera estación de monitoreo aún no se encuentra instalada, sin embargo, su ubicación está definida para la ACS 34 y sus mediciones comenzarán antes de finalizar el presente año. Por lo tanto, el sistema de monitoreo de las ACS 10A y 43A se suman a las estaciones de monitoreo de Putemún y Seno Reloncaví y las boyas virtuales de MOSA integradas en las etapas anteriores de este proyecto.

La incorporación de estas nuevas estaciones implicó 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. Adicionalmente, 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. El formato corresponde a archivos ASCII (texto) que son representaciones de datos tabulares que utilizan caracteres especiales para indicar columna y filas. Éste 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.

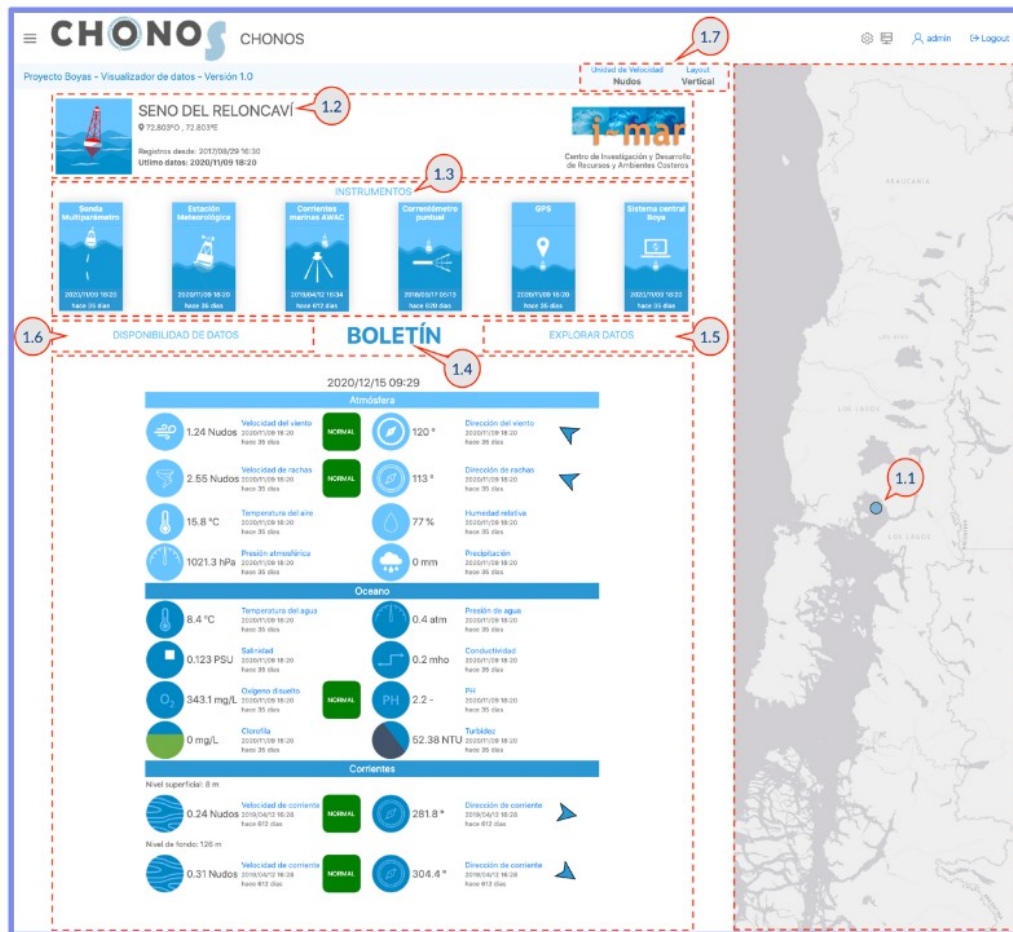
Finalmente, el sensor multiparámetro WIMO adquirido en la primera etapa de este proyecto se propone como prototipo y se mantendrá en operación simultánea al trabajo de las estaciones de monitoreo instaladas por las ACS. La finalidad de mantener WIMO es diagnosticar y calibrar el sistema de recepción de la información ante posibles fallas.

### **3.2 Metodología objetivo específico 2: Optimizar y mejorar la plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.**

En la etapa 1 de este proyecto, el asesor 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 estaci3n, as3 como tambi3n, con algunas alarmas cuando se registran valores fuera de un rango establecido.

El sistema de visualizaci3n fue desarrollado e instalado en el mismo servidor de recepci3n y almacenamiento de informaci3n (Anexo C). Esta plataforma web est3 basada en c3digos num3ricos en lenguaje de programaci3n html, javascript y python. El sistema comprende la integraci3n de m3ltiples tecnolog3as web y computacionales de c3digo 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.



**Figura 3:** P3gina inicio aplicaci3n web de visualizaci3n de la informaci3n transmitida por la red de monitoreo de las Agrupaci3n de Concesiones de la Salmonicultura.

La aplicaci3n web desarrollada como herramienta de visualizaci3n de los datos de la red de monitoreo de las ACS se encuentra disponible en <http://chonos3.meteodata.cl/boyas>. Es importante destacar que el ambiente de desarrollo para este sistema es el mismo utilizado en el desarrollo del portal web CHONOS (Reche et al., 2021), el cual ha

demostrado ser un sistema estable, adaptable y escalable al uso de nueva información. Actualmente, considerando que la información que se está desplegando no pertenece a los titulares de concesiones o a las ACS, esta información se encuentra de libre acceso para todo público. Esto puede cambiar a futuro, si las mediciones son dentro de una concesión de acuicultura, debido a que el acceso a dicha información por parte de terceros será pública sólo en la medida que no contravenga la Ley N°20.825 sobre acceso a la información pública, o la normativa que la reemplace. De todas maneras, el acceso a la información estará disponible para los organismos del estado tomadores de decisiones mediante acceso a través de un usuario registrado.

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, que fue implementado en la primera etapa del proyecto. En particular, mostraremos las mejoras realizadas en la visualización de las mediciones sugeridas por los organismos tomadores de decisiones, así como de la comunidad científica. A su vez, a modo de ejemplo de la utilidad de este tipo de plataformas, mostraremos series de tiempo de cada una de las estaciones de monitoreo.

### **3.3 Metodología objetivo específico 3: Establecer la estructura de la información a desplegar en el portal web para la toma de decisiones del sector público.**

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.

El objetivo del control de calidad es identificar mediciones erróneas o fuera del rango típico de observación de cualquier variable monitoreada. En este sentido, el sistema de visualización debe ser capaz de discriminar entre mediciones que se encuentran dentro de rangos razonables, pero que de todas maneras califican como incorrectas. El éxito de esta etapa es la base para contar con información robusta y de calidad, debido a que si los

algoritmos fracasan o están mal configurados afectarían directamente al sistema de monitoreo y por ende en la toma de decisiones y/o en análisis posteriores.

El diseño de algoritmos de control de calidad es un proceso a largo plazo, el cual debe contar con actualizaciones periódicas, ejecutadas en base a la detección de nuevos fallos que se presentan a lo largo del periodo de monitoreo. Actualmente, toda la información recolectada en el sistema de almacenamiento está siendo sometida a un control de calidad mediante una serie de algoritmos numéricos. La incorporación de nuevas fuentes de información, ya sea de boyas oceanográficas o nuevos sensores implican modificaciones en estos algoritmos implicando la revisión y actualización de estos. Por esta razón, el diseño de los algoritmos debe ser orientado a objetos o pasos que permitan estas modificaciones.

En términos generales, los algoritmos de control de calidad de las mediciones se pueden clasificar en límites rígidos y flexibles. Los límites rígidos son más restrictivos, y categoriza a cualquier dato que esté fuera de estos límites como un dato no válido. Por otro lado, los límites flexibles, se basan en los valores extremos tomados por las distintas variables a lo largo del periodo de monitoreo o de la información histórica que se tenga del sitio a observar. Más detalles de la descripción de estos algoritmos pueden ser encontrados en el informe final de la etapa 2021 de este proyecto.

Con la información que apruebe los diferentes niveles de control de calidad se confeccionará un boletín del sistema de monitoreo. La finalidad de generar este boletín es resumir la información recolectada de manera sencilla y fácil de interpretar por los organismos tomadores de decisiones del sector público. Dado que desde octubre tenemos las primeras mediciones de una ACS (la 43A específicamente), en esta etapa solo mostraremos una propuesta de boletín. Este boletín se mostrará en el taller de resultados, para recoger las sugerencias de los diferentes usuarios de este tipo de plataformas.

Finalmente, en este objetivo se busca determinar los análisis y la forma de desplegar las series de tiempo de las distintas variables monitoreadas de manera gráfica en el portal web. Para esto, se realizarán talleres, reuniones de coordinación y conversatorios con los organismos públicos previamente mencionados.



## 4. RESULTADOS

---

### 4.1 Resultados objetivo específico 1: Calibrar y optimizar el sistema de recepción y almacenamiento de datos provenientes de monitoreos en línea.

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 transmitirá periódicamente información de las variables ambientales monitoreadas. Esto implica que el sistema de recepción y almacenamiento debe estar preparado para recibir importantes volúmenes de información de manera simultánea. 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. Este servidor instalado en un *data center* en Santiago fue adquirido en la etapa 1 de este proyecto y sus principales características técnicas se encuentran disponibles en el anexo C.

Los esfuerzos de las etapas anteriores del proyecto se centraron en preparar un sistema que sea capaz de recibir e integrar relativamente rápido nuevas fuentes de información. Siguiendo esta misma línea IFOP adquirió un sensor multiparámetro en 2020 modelo WIMO +plus de NKE Instrumentation (<https://nke-instrumentation.com>) para emular una de las estaciones de monitoreo. Aunque esta estación de monitoreo cuenta con un menor número de sensores que las exigidas en la normativa, nos permite diagnosticar y calibrar el sistema de almacenamiento y recepción de información. El sensor multiparámetro operó durante un breve periodo de tiempo en mayo 2021 y fue enviado a servicio técnico por fallas en la transmisión de datos del sistema. Durante abril de 2022, el sensor multiparámetro fue recuperado y se encuentra nuevamente operativo. Las pruebas de calibración con este equipo, se retomaron el día 12 de abril siendo instalado por personal de IFOP en el mismo sitio instalado inicialmente dentro del humedal de Putemún sobre una plataforma flotante a 1.5 m de profundidad (Fig. 4). Se escogió este lugar estratégicamente como laboratorio natural de pruebas, debido a que en este lugar se encuentran las oficinas de los investigadores de IFOP de este proyecto.



**Figura 4:** Instalación de la sonda multiparámetro WIMO sumergida a 1.5 m de profundidad en el humedal de Putemún.

La primera etapa de calibración del sistema se basa en asegurar una correcta recepción de los datos transmitidos por las estaciones de monitoreo, para aquello es necesario configurar el equipo para una óptima transmisión de la información. Esta tarea es responsabilidad de cada ACS, quienes deben asegurar la buena transmisión y además la configuración de los equipos, lo cual se debe realizar por fases o completamente, dependiendo del tipo de instrumento o proveedor. Se presenta a modo de ejemplo la configuración de transmisión del equipo multiparámetro WIMO, según los estándares requeridos por la red de monitoreo y su conexión con el sistema de recepción y almacenamiento.

La configuración del equipo fue realizada mediante su sistema de conexión Wifi compatible con distintas plataformas, a través del escaneo del código QR que presenta cada equipo WIMO. Se estableció como formato de salida de la información archivos de texto plano (CSV) con un límite máximo de tamaño de 256 kb, para evitar pérdida de datos frente a bajas de voltaje de la batería para mediciones prolongadas, condición propia de este

equipo. La fecha del equipo para el registro de las mediciones fue establecida en hora local. Las variables de salida seleccionadas y sus rangos de medición, se encuentran en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Variables registradas junto con su rango de operación, precisión y resolución por la sonda multiparámetro WIMO.

Variable	Rango	Precisión	Resolución
Presión	0 a 25 db	0.15 %	0.001 bar
Temperatura	-2 a 35 °C	+/- 0.02 °C	0.001 °C
Conductividad	0 a 100 mS cm <sup>-1</sup>	25 uS cm <sup>-1</sup>	0.001 ms cm <sup>-1</sup>
Salinidad	2 a 42 PSU	0.1 PSU	0.001 mS cm <sup>-1</sup>
Oxígeno disuelto	0 a 20 mg L <sup>-1</sup> y 0 a 250% sat.	+/-1% de leer en 20% O2	0.025 at 20% O2
Fluorescencia	0 a 500 µg L <sup>-1</sup>	Lineal: 0.99 r2	0.3 µg L <sup>-1</sup>



**Figura 5:** Instalación de antena GPR/GPS de transmisión de datos de la sonda multiparámetro WIMO sobre plataforma flotante en el humedal de Putemún.

El equipo cuenta con antena GPR y GPS conectadas a la sonda mediante cable para la transmisión de datos. Esta antena fue asegurada mediante cables tensores a modo de resguardo frente a fuertes vientos y movimientos causados por la marea y el oleaje (Fig. 5). La alimentación eléctrica de la antena se realiza a través de una batería independiente de la sonda (2 pilas AA), por lo cual fue habilitado el sistema de alarmas incorporado al equipo frente a niveles críticos de voltaje. El sistema de alarmas emite un archivo de texto hacia el correo electrónico del usuario y al servidor FTP cuando la batería se encuentra bajo los niveles óptimos de funcionamiento, por lo que resulta necesario intercambiar baterías cada

vez que se reciba una alarma. Esta información es de gran valor, ya que permite la generación de alertas al encargado de la estación de monitoreo y a los usuarios.

Para el sistema de recepción de datos, se utilizó una configuración distinta a la empleada en la primera etapa del proyecto (mediciones cada 10 minutos y transmisión de datos (3G/4G) al servidor FTP cada 30 minutos). La nueva configuración utilizada se basa en mediciones cada 30 minutos y transmisión de datos (3G/4g) al servidor FTP cada 2 horas, en función de la durabilidad de la batería de la antena. Debido a estas configuraciones el servidor de recepción de datos ha trabajado con normalidad y no ha presentado inconvenientes a la fecha.

Se estableció realizar mantenencias básicas al equipo con una periodicidad de dos meses, a modo de asegurar la durabilidad del equipo y un óptimo funcionamiento de sus componentes. Las mantenencias básicas, serán realizadas por el grupo de investigadores de este proyecto y se basarán en inspecciones visuales, limpieza de *fouling*, reemplazo de baterías y O-rings. En caso de fallas mayores y/o inadecuados resultados a partir de lecturas erróneas captadas por la sonda, el equipo será enviado al proveedor y/o fabricante para la calibración y estandarización de sus sensores.

Con respecto al sistema de recepción y almacenamiento de la información, durante esta etapa se mantuvieron las rutinas anteriormente desarrolladas e implementadas para la captura de los datos de las estaciones integradas en el sistema y las rutinas para generar datos de una red ficticia de “estaciones virtuales” en base a los pronósticos oceanográficos y meteorológicos del sistema MOSA. Estas estaciones virtuales, fueron usadas en la etapa anterior del proyecto con la finalidad de probar el rendimiento del servidor para el caso de una red con más de 70 boyas (como es de esperar en los próximos años).

Para asegurar la transmisión de información desde las estaciones de monitoreo se configuró el servidor para operar mediante un protocolo FTP que permite la transferencia de archivos de forma directa entre ambas fuentes. Debido al gran número de estaciones con las que contará la red de monitoreo, 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.

Al 20 de diciembre del 2022, son cuatro las estaciones de monitoreo reales que se encuentran operando y midiendo (detalles generales en la Tabla 4). Los datos de las boyas de monitoreo vienen de tres proveedores: IFOP, I-Mar e Innovex, siendo sólo esta última un proveedor de servicios de las ACS. Los archivos de datos son subidos periódicamente al

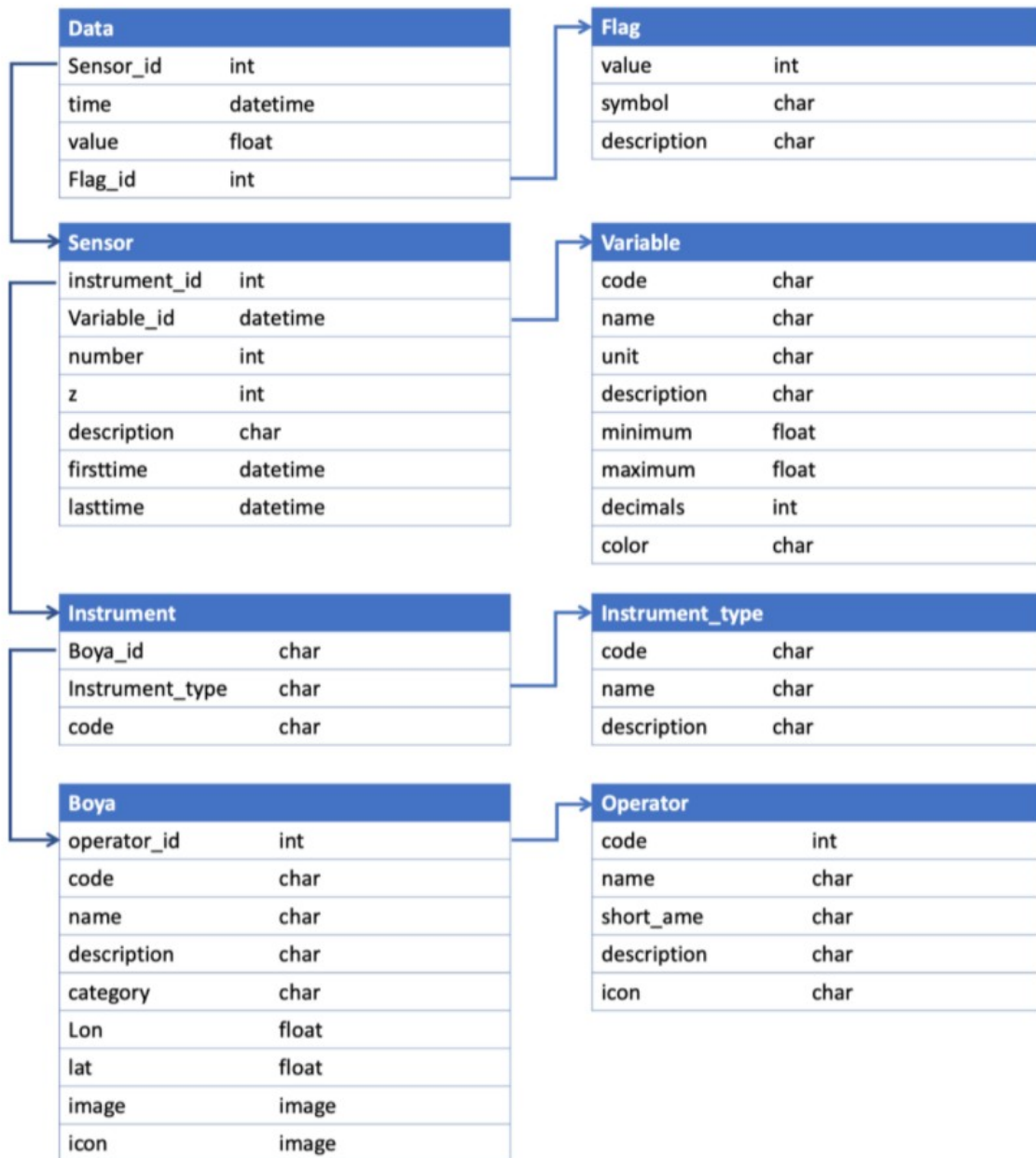
servidor FTP con un formato que puede cambiar entre proveedores, pero que debe ser estandarizado según los requerimientos que se detallan en este mismo capítulo.

**Tabla 4:** Resumen de los datos entregados de las boyas habilitadas en la plataforma web de visualización

Boya	Proveedor	Formato de datos	Cantidad de archivos	Intervalo de actualización
Seno Reloncaví	I-Mar	.dat (texto separado por coma, 4 líneas encabezado)	8	Horario
Humedal Putemún	IFOP	.csv (comprimido .zip)	1	Cada 2 horas
ACS10A (Chiloé)	Multiexport	.dat (texto delimitado por espacios, sin encabezado)	13	Horario
ACS43A (Magallanes)	Multiexport	.dat (texto delimitado por espacios, sin encabezado)	13	Horario

El formato de todos los archivos es ASCII (texto), no se consideran archivos binarios. El formato específico de los archivos generalmente consisten 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.

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. 6. 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”.



**Figura 6:** Esquema simplificado de la base de datos de mediciones del sistema de monitoreo.

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; sonda, meteorológica, GPS, etcétera), la variable medida (temperatura del mar, temperatura del aire, altura, etcétera), 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 de boyas 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. En otras palabras, para las estaciones disponibles al terminar el año 2022, existen tres rutinas para cargar los datos (para IFOP, I-MAR e Innovex). Nota que las rutinas actuales sólo procesan los últimos 1000 registros de los datos recibidos.

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

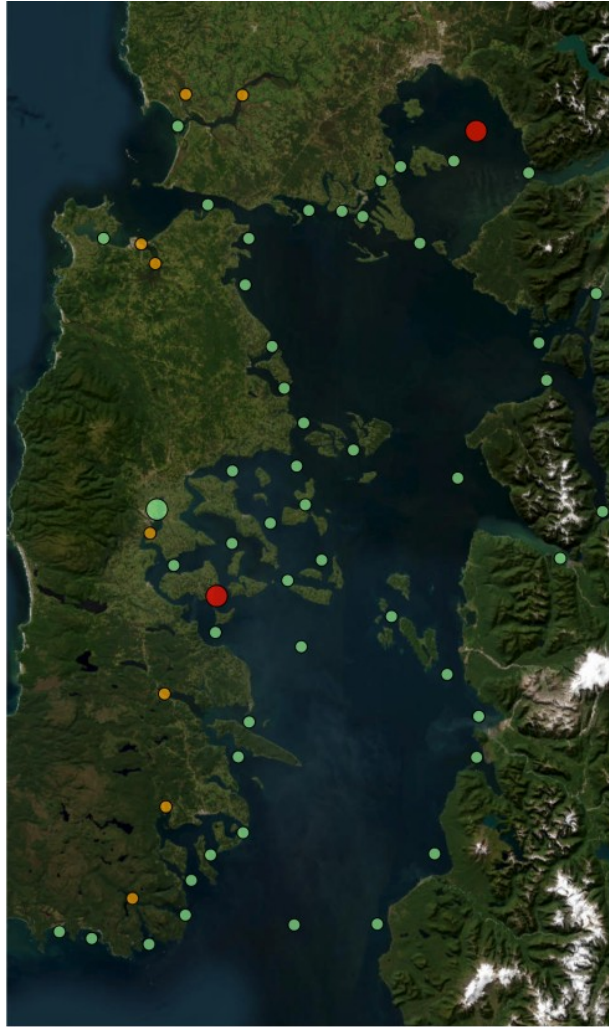
lenguaje de programación Python y está integrado al servidor de respaldo para su ejecución automática.

#### **4.2 Resultados objetivo específico 2: Optimizar y mejorar la plataforma web para la visualización de la información transmitida por la red de monitoreo.**

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 Meteodata (<https://www.meteodata.cl>) durante el año 2020. Dado que no se contaba con información de las estaciones de monitoreo de la acuicultura, este portal web fue configurado inicialmente solo con datos oceanográficos y atmosféricos de boya ubicada en el Seno Reloncaví. Durante el año 2021 se consideró usar datos oceanográficos del sensor multiparámetro WIMO de NKE, pero debido a problemas con el equipo no fue posible agregar esta información al sistema de visualización. Debido a la falta de datos reales de estaciones de monitoreo, implementamos un sistema de estaciones de monitoreo virtuales como se mencionó en el objetivo específico anterior. Se definieron un total de 137 estaciones de monitoreo provenientes del sistema de pronósticos MOSA. La ubicación de cada estación de monitoreo corresponde a la “Propuesta de las posiciones geográficas para las boyas de la red de monitoreo de acuicultura en la región de Los Lagos y Aysén” elaborada por IFOP para la Subpesca en Febrero del 2021. Esta propuesta buscaba determinar la distribución óptima para cada estación de monitoreo, para lograr que estas sean lo suficientemente representativas y otorguen garantía de la calidad de los datos para una adecuada toma de decisión. Para esto, se consideró la variabilidad oceanográfica, la dinámica general de la circulación y las propiedades hidrográficas de las masas de agua en estas regiones. Cabe destacar que el sistema de visualización fue diseñado con plena capacidad de escalamiento y así soportar un amplio número de estaciones transmitiendo de manera simultánea, como quedó comprobado en el informe de la etapa anterior de este proyecto.

En particular, el sistema de visualización no tuvo cambios significativos en su diseño ni en la forma de presentar la información. Se espera en la próxima etapa incorporar sugerencias y mejoras de los organismos tomadores de decisiones realizadas en las diferentes reuniones de coordinación y talleres de capacitación o difusión de los resultados. Sin embargo, un cambio menor fue incorporado en la visualización en el mapa para mejor distinguir entre boyas reales y boyas virtuales. En la nueva versión, las boyas virtuales se representan con un círculo pequeño, mientras las boyas reales se destacan con un círculo de mayor tamaño (Fig. 7).

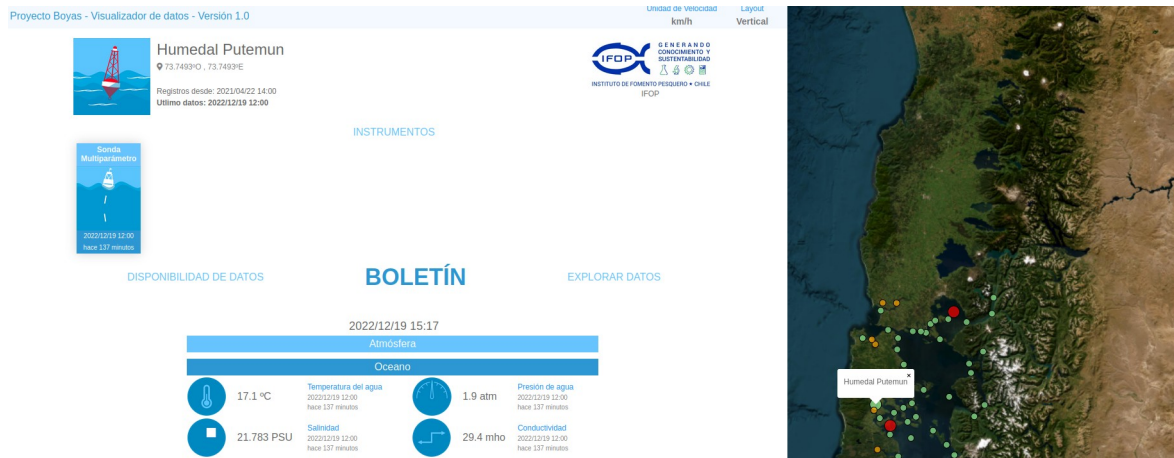




**Figura 7:** Nueva visualización de las estaciones de monitoreo en el sistema de visualización para distinguir entre estaciones reales (círculos grandes) y estaciones “virtuales” (círculos pequeños).

En abril del 2022 fue posible dejar operativo nuevamente el sensor multiparámetro WIMO en el humedal de Putemún. Como se mencionó en la sección anterior, buscamos diagnosticar e identificar la configuración óptima de este equipo. Estos datos llegan al servidor de recepción y almacenamiento en un archivo comprimido “zip”, los cuales son respaldados sin modificaciones. Posteriormente, un algoritmo se encarga de copiar los datos al sistema de visualización, en donde este archivo es descomprimido e incorporado como información a la página web. A su vez, en este paso se realiza el control de calidad de los datos, como se explica en la siguiente sección. Una vez registrada, analizada y procesada la información de cada variable medida por el sensor multiparámetro, estas son agregadas como información nueva a la serie temporal. Con la última información recolectada se realiza un boletín resumen de los últimos datos incorporados al sistema (Fig. 8). Cabe recordar, que esta estación de monitoreo no tiene asociada información de estación

meteorológica, por lo que solo cuenta con variables oceánicas. Así mismo, un ejemplo de estos datos pueden ser observados en la figura 9, con la información recolectada durante el 17 de octubre y el 17 de diciembre de 2022, tanto para las variables físicas como químicas.



**Figura 8:** Ejemplo del boletín resumen con la última información recolectada por el sensor multiparámetro WIMO en el humedal de Putemún.

Desde agosto del 2022 comenzaron las primeras pruebas de transmisión entre proveedores de sistemas de monitoreo contratados por los titulares de las concesiones de salmónidos y el IFOP. En estas reuniones se establecieron la estructura y formato de los datos, lo cual hasta la fecha aún se mantiene en revisión. Tal como se mencionó en el objetivo anterior, actualmente se encuentran en el agua 2 de las 3 estaciones de monitoreo decretadas para funcionar según la Resolución 3454 de la Subpesca. Las estaciones corresponden a las ACS10A y ACS43A, de los titulares MOWI y Multiexport, respectivamente. Ambos titulares contrataron a la empresa externa Innovex como proveedor de instalación, mantención y transmisión de la información recolectada por el sistema de monitoreo. De la misma manera, Granja Marina Tornagaleones (*Marine Farm*), titular de ACS34 contrató a la empresa externa Tekfish como proveedor de servicios (Tabla 5). Cabe destacar que tanto Innovex como Tekfish, tienen credenciales de acceso para transmitir la información del sistema de monitoreo respectivo hacia el servidor FTP administrado por IFOP.



**Figura 9:** Información ambiental recolectada por el sensor multiparámetro WIMO en el humedal de Putemún entre el 17 de octubre y el 17 de diciembre del 2022.

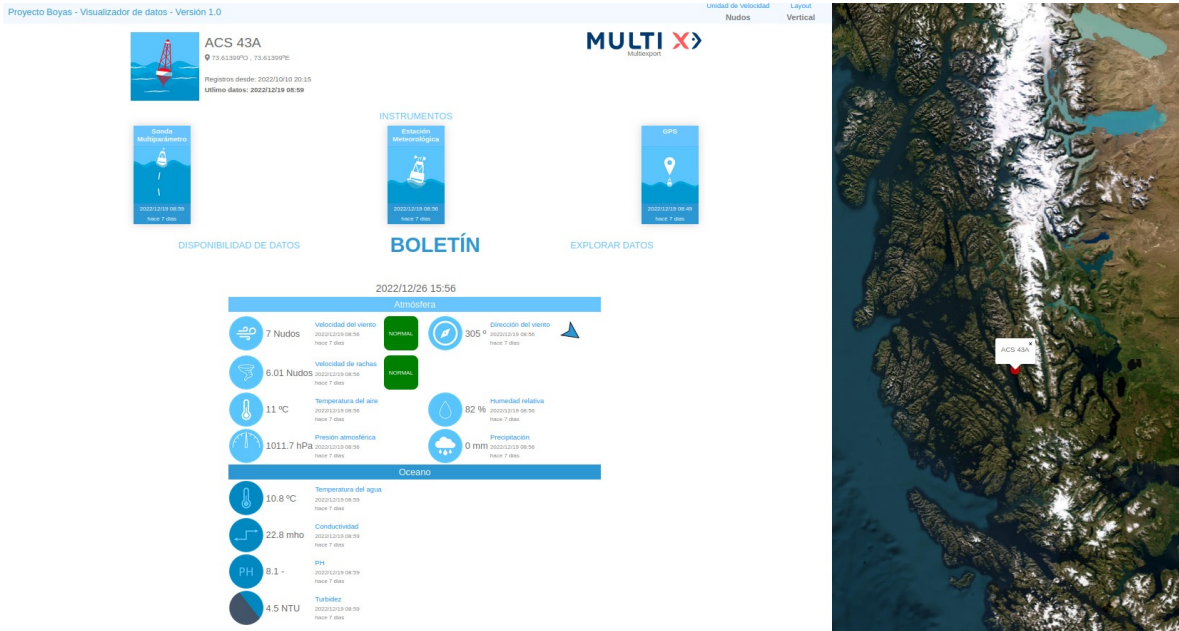
**Tabla 5:** Resumen titulares de ACS y proveedor externo de instalación, mantención y transmisión de las mediciones del sistema de monitoreo.

ACS	Región	Titular ACS	Proveedor	Inicio transmisión
10A	Los Lagos	MOWI	Innovex	2 de Noviembre 2022
34	Aysén	Marine Farm	Tekfish	Sin transmisión
43A	Magallanes	Multiexport	Innovex	10 de Octubre 2022

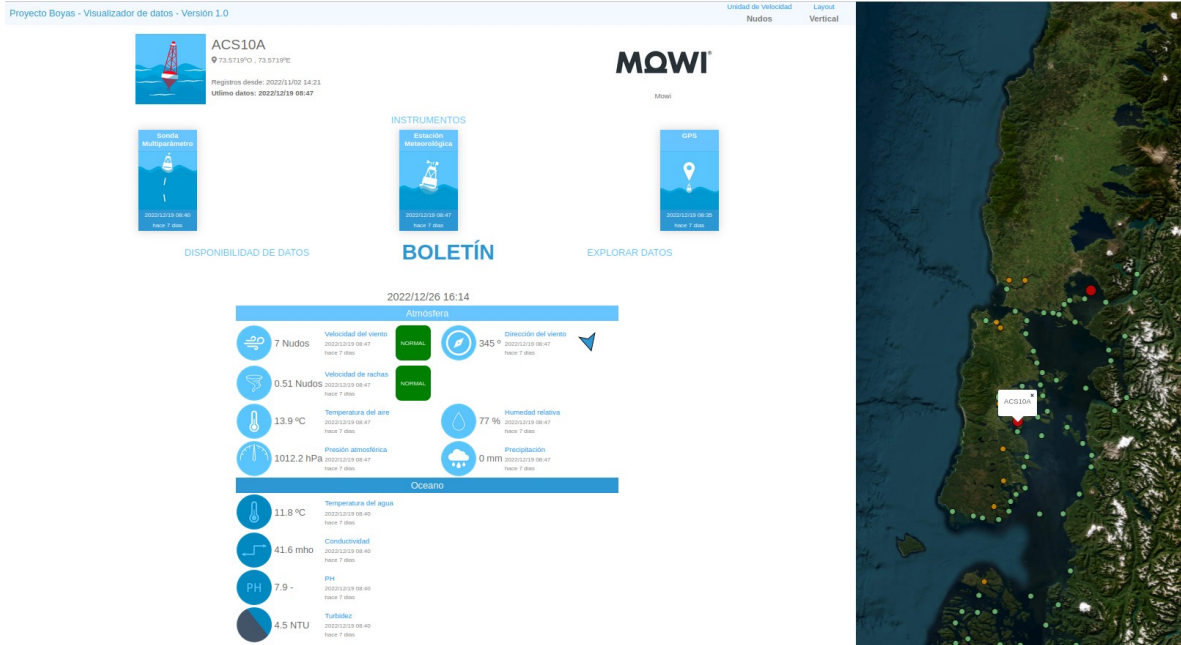
Desde el inicio de la transmisión de la información por parte de Innovex se comenzaron a diseñar rutinas para interpretar la información transmitida con el fin de incorporarla al sistema de visualización. La ACS 43A, ubicada en la región de Magallanes, comenzó a transmitir operativamente desde el 10 de Octubre del 2022, siendo oficialmente la primera ACS en cumplir el reglamento. Así mismo, la ACS 10A, ubicada en la región de Los Lagos se encuentra transmitiendo de manera oficial desde el 2 de noviembre del 2022. Ambas estaciones de monitoreo, poseen la misma estructura y formato de los datos. Como

período de marcha blanca y ser las primera estaciones de monitoreo implementadas, el formato de estos datos ha ido cambiando desde el inicio de las transmisiones para así dar cumplimiento con el reglamento. En un principio, encontramos problemas con la forma de transmisión de los datos desde estas estaciones de monitoreo. Estos datos se comprimían, encriptaban, y transmitían mediante tecnología IRIDIUM (satelital) desde la estación de monitoreo hacia el servidor del proveedor. En este servidor, los datos eran descriptados, descomprimidos, ordenados y procesados para luego ser enviados al servidor FTP de IFOP. Este procedimiento no cumple con el reglamento, y por lo mismo, se dejaron de procesar los datos en el sistema de visualización desde el 19 de diciembre del 2022 a la espera de establecer el formato y estructura definitivo. Actualmente, aún se mantienen conversaciones entre Subpesca, los titulares de las ACS e IFOP para resolver esta problemática.

Al igual que la boya del Seno Reloncaví, la boya del Humedal Putemún, y las boyas virtuales podemos observar un boletín con la información relativa a la última medición. Como se mencionó anteriormente, la ultima medición corresponde al día 19 de diciembre del 2022. En las figuras 10 y 11, podemos observar el último boletín de información ambiental de la ACS 43A y de la ACS 10A, respectivamente. Los instrumentos de las estaciones de monitoreo de la ACS 43A y 10A se clasifican en sonda multiparámetro, estación meteorológica y GPS. Si bien, los datos de corrientes se estuvieron transmitiendo, estos aún no se incorporan en el sistema de visualización, debido a que aún no se cuenta con el formato definitivo de los datos.

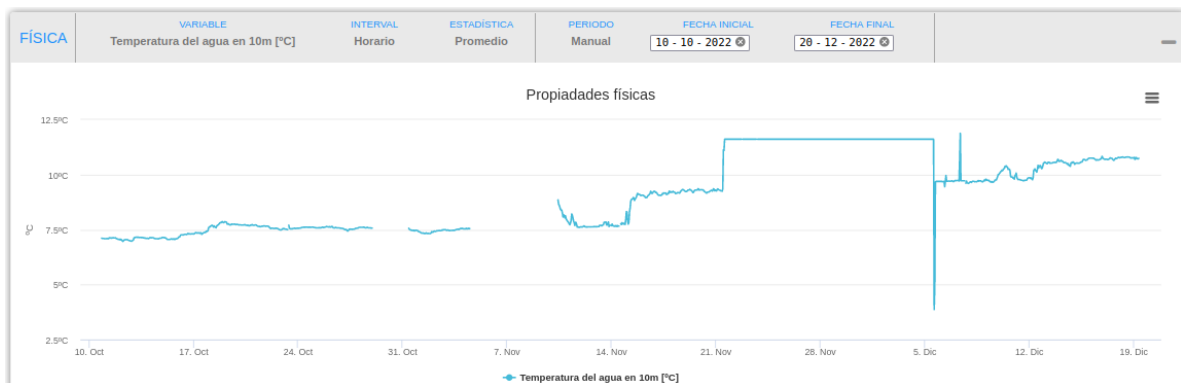


**Figura 10:** Último boletín informativo generado para la estación de monitoreo de la ACS 43A.



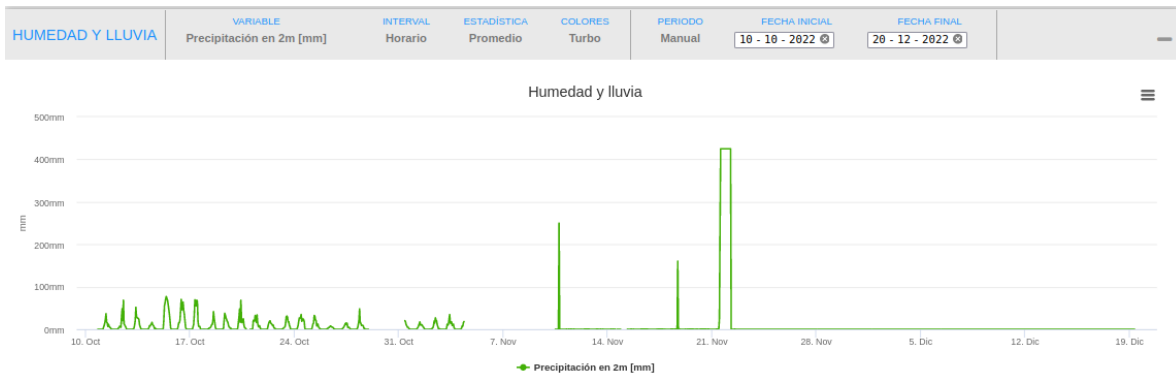
**Figura 11:** Último boletín informativo generado para la estación de monitoreo de la ACS 10A.

En el caso de la ACS 43A, podemos observar que la estación de monitoreo ha presentado 2 problemas a lo largo de su operación. La primera falla ocurrió el día 5 de noviembre del 2022, con el equipo que conecta los dos multisensores oceanográficos (instalados a 10 y 60 m) y la estación meteorológica con el módulo de transmisión satelital Iridium. Este equipo fue reemplazado por uno nuevo el día 10 de noviembre y la estación volvió a quedar operativa. Notar que la información no transmitida fue almacenada en el datalogger de la estación y enviada a IFOP, pero por razones prácticas no se han incorporado a la base de datos del sistema de visualización. La segunda falla comenzó el día 22 de noviembre, donde todos los sensores oceanográficos comenzaron a registrar valores constantes. Estas fallas se pueden observar, por ejemplo en el sensor de temperatura a 10 m (Fig. 12).

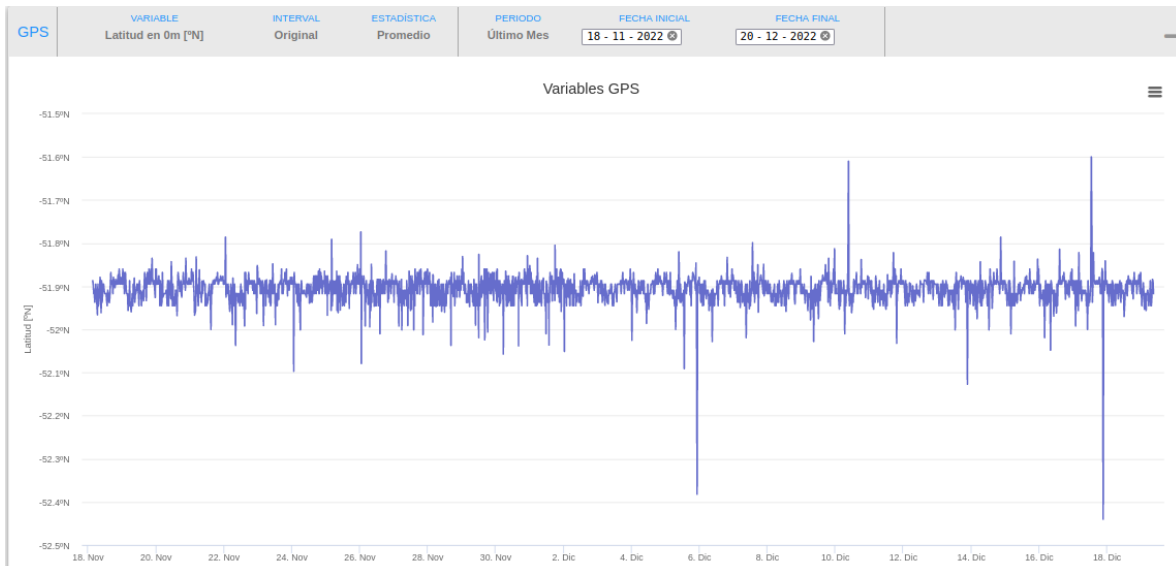


**Figura 12:** Serie de tiempo temperatura a 10 m de profundidad durante el 10 de octubre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.

En la parte atmosférica, se detectaron problemas con el sensor de precipitación y con el sensor de radiación. Específicamente, antes de la falla del 5 de noviembre el sensor de precipitación mostró una sobreestimación de los valores con una variabilidad diaria poco habitual en esta variable (Fig. 13). Debido a esta falla, la estación meteorológica fue reemplazada, pero luego de esto, el sensor no ha registrado eventos de precipitación que si han ocurrido en la zona. Por otra parte, cabe notar que el sensor GPS corresponde al módulo de transmisión satelital, por este motivo se observan desviaciones que pueden superar los 0.1° en latitud (Fig. 14). Para mejorar este desempeño, el titular de la ACS compró un sensor de GPS, el cual será instalado en la estación de monitoreo lo más pronto posible a su llegada.



**Figura 13:** Serie de tiempo precipitación durante el 10 de octubre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.

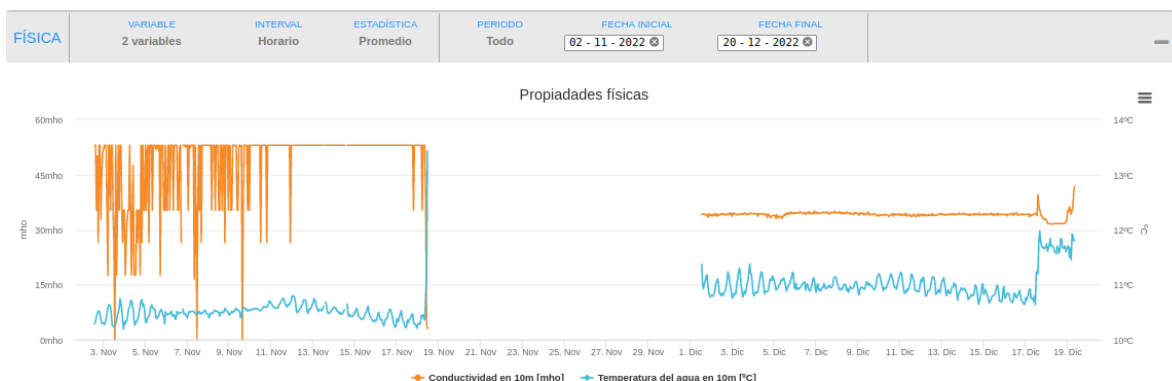


**Figura 14:** Serie de tiempo latitud durante el 18 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 43A.

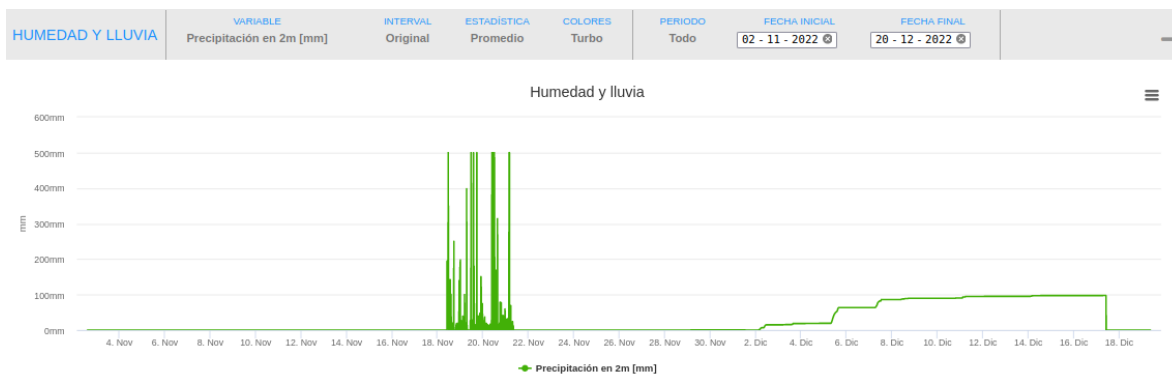
En resumen, el equipo técnico de la ACS 43A ha estado trabajando durante la semana del 19 de diciembre en las mantenciones correctivas de las estación meteorológica y oceanográfica de la boya. Las últimas correcciones que se realizaron fueron las siguientes:

- Reemplazo de los estancos donde se guardan las tarjetas electrónicas.
- Reemplazo de todos los cables de transmisión de las estaciones de 10 y 60 m.
- Reemplazo de todos los sensores de la estación de 10 m
- Reinicio del sensor de precipitación con status OK.

Dado que el proveedor de la estación de monitoreo en la ACS 10A es el mismo que en la ACS 43A, los problemas que se han ido detectando son similares. Esta estación también presentó una falla en la transmisión a los pocos días de comenzar a funcionar. Esto lo podemos observar, por ejemplo en las variables de temperatura y conductividad. Específicamente, esta estación de monitoreo no transmitió la información ambiental entre los días 18 de noviembre y 1 de diciembre del 2022 (Fig. 15). Al igual que con la estación de monitoreo de la ACS 43A, el sensor de conductividad registraba valores anómalos, los cuales fueron corregidos después del período sin mediciones.

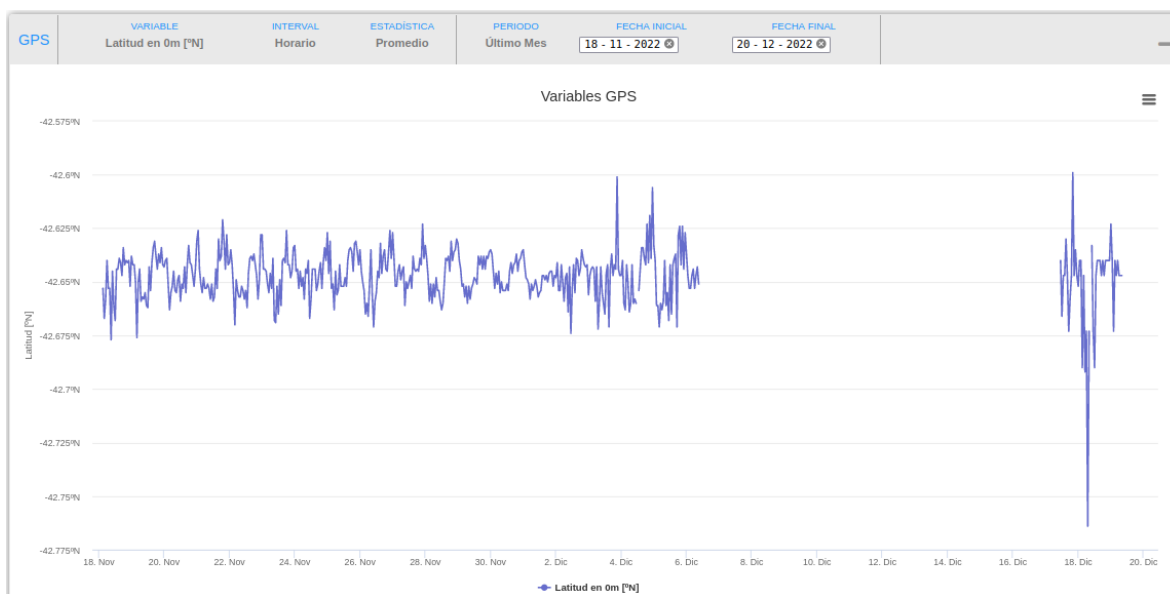


**Figura 15:** Serie de tiempo temperatura a 10 m de profundidad durante el 2 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.



**Figura 16:** Serie de tiempo precipitación durante el 2 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.

En el caso de sensor de precipitación se observan sobrestimaciones de los valores y una variabilidad diaria poco frecuente de esta variable (Fig. 16). A su vez, se observa un cambio en este patrón después del 2 de diciembre, observándose la variable más similar a la precipitación acumulada que a la precipitación instantánea. Finalmente, se observa un período sin mediciones en la variable latitud en el sensor GPS entre el 6 y el 17 de diciembre y se observan desviaciones del orden de  $0.5^\circ$  o superiores (Fig. 17).



**Figura 17:** Serie de tiempo latitud durante el 18 de noviembre y el 19 de diciembre del 2022 para la estación de monitoreo de la ACS 10A.

Finalmente, volver a mencionar que los datos de las estaciones de monitoreo virtuales provenientes del modelo MOSA, así como la estación de monitoreo del Seno Reloncaví, Humedal Putemún, y las 2 estaciones de monitoreo implementados por las ACS se encuentran disponibles en la plataforma de visualización del proyecto en <http://chonos3.meteodata.cl/boyas/>, de manera temporal hasta que se terminen de incorporar las sugerencias de visualización de Subpesca y el formato definitivo de los datos.

### **4.3 Resultados objetivo específico 3: Establecer la estructura de la información a desplegar en el portal web para la toma de decisiones del sector público.**

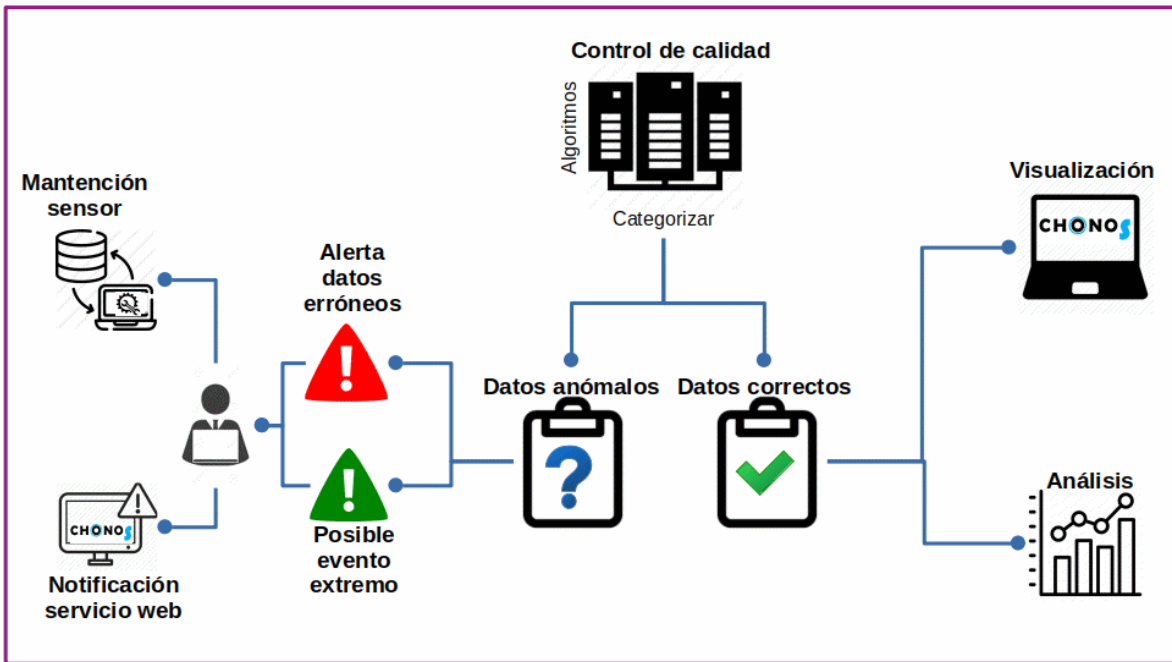
La base del sistema de monitoreo en línea de la acuicultura se construye a partir de la instalación de instrumentos de medición oceanográficos y meteorológicos, distribuidos en los principales fiordos y canales de la región de Los Lagos, Aysén y Magallanes. La instalación, calibración y mantención de estos instrumentos son responsabilidad del personal asociado al titular de una concesión o a las ACS, lo que implica un alto desarrollo logístico y de coordinación entre los proveedores de los instrumentos, la industria



salmonera, IFOP y las instituciones tomadoras de decisiones como Subpesca, Sernapesca, SMA entre otros, para el acceso y visualización de dicha información.

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 control de calidad que se le aplique a los datos como a las necesidades de los organismos tomadores de decisiones.

El esquema de control de calidad comienza una vez los datos lleguen al sistema de recepción y almacenamiento. Por motivos de seguridad y para no modificar, dañar o perder información, los datos se extraen desde el servidor de almacenamiento y se someten a evaluación en el mismo servidor pero en otro directorio de trabajo o bien en otro servidor o equipo computacional. El diagrama de flujo de la figura 18, muestra cada una de las etapas del modelo diseñado, esta estructura representa la primera versión a desarrollar. Su implementación implica modificaciones estructurales a futuro en su diseño, en base a posibles introducciones de nuevas fuentes de información, solicitudes técnicas o la optimización del rendimiento del sistema de monitoreo.



**Figura 18:** Esquema del sistema de control de calidad de los datos adquiridos de la red de monitoreo de acuicultura.

La primera etapa del control de calidad se basa en ejecutar una serie de comprobaciones preliminares sobre los datos, las cuales se describen a continuación:

- **Estado de monitoreo:** A medida que la información es transferida se identifica automáticamente el estado de monitoreo. El algoritmo se ejecuta con un periodo similar al de transferencia de datos, en caso de no identificar el correspondiente al último archivo envía una señal de alerta al administrador para la posterior identificación del fallo. Cabe mencionar que se puede dar la posibilidad de retrasos por problemas de transmisión de los archivos por lo que una alerta no significa la pérdida de información. Sin embargo si la información no es posible recuperar está se puede completar con alguna técnica estadística en un producto procesado.
- **Datos corruptos:** Muchas veces la información no se transmite, pero también se da la ocasión de transferencia de información incompleta. Los datos deben ser legibles por el software de análisis de datos, si los datos presentan algún indicio de corrupción o cambios drásticos en su tamaño, se categoriza como información de carácter “sospechosa”.
- **Comprobaciones en la metadata:** La información contenida en los archivos transmitidos es un requisito fundamental de las variables monitoreadas. Por esta razón, se requieren comprobaciones sobre los sistemas de referencia asociados a los datos. La ubicación, fecha, hora, estado de la batería, entre otros deben presentar valores coherentes para cada estación de monitoreo. De igual manera, el sistema debe notificar mediante una alerta si existen cambios o pérdida de información.
- **Datos duplicados:** La detección de información duplicada en las observaciones es un problema recurrente de los instrumentos, por diversas situaciones como fallas en los sensores o en la transmisión, la información se duplica automáticamente, lo que resulta difícil de detectar si no se está constantemente monitoreando los datos de cada variable. En estos términos, se desarrollará una metodología para comprobar estas fallas y que el algoritmos tenga la capacidad de notificarlas.

Los datos que no pasan con éxito cualquiera de estas pruebas son catalogados como “sospechosos” y se deberá discernir si el dato es válido o no. Un proceso automático se ejecuta para dejar el dato invalido o se analiza visualmente por el personal para la toma de decisión.

La segunda etapa del control de calidad se ejecuta sobre los datos que superan la primera prueba. Esta evaluación se basa en una prueba de umbrales, la cual identifica si los datos de un sensor en particular se encuentran dentro de los rangos válidos, entre el límite

superior e inferior, definidos rígidos y flexibles, respectivamente (Hormazábal et al. 2018). Los límites rígidos son más restrictivos, y categoriza a cualquier dato que esté fuera de estos límites como un dato no válido. En la tabla 6 se indican los límites rígidos que fueron aplicados en la primera versión del sistema. Por otro lado, los límites flexibles, se basan en los valores extremos tomados por las distintas variables a lo largo del periodo de monitoreo o de la información histórica que se tenga del sitio a observar. El dato que no supera este test es calificado como sospechoso y se deberá hacer una inspección visual para considerarlo válido o no. Una vez la estación se encuentre operativa se incorporará una metodología para comparar cada registro en tiempo real con los valores extremos históricos de las variables que cuenten con información disponible en la región. Si el registro que se está validando supera el valor extremo prefijado, el sistema generará una alerta. La segunda etapa del control de calidad comprende la prueba de intervalos o umbrales de los diferentes sensores. Los intervalos rígidos presentes en la tabla 6 determinan los valores inválidos y se descartan automáticamente de la base de datos. Los límites flexibles se definen a partir de observaciones históricas.

**Tabla 6:** Límites rígidos de diferentes variables meteorológicas (UNE 500540, 2004) y oceanográficas.

Variable	Unidad	Rango
Temperatura del aire	°C	-35/55
Velocidad del viento	ms <sup>-1</sup>	0/75
Dirección del viento	grados	0/360
Presión	hPa	700/1080
Radiación solar global	Wm <sup>-2</sup>	-1/1400
Precipitación en 10 minutos	mm	0/50
Temperatura del mar	°C	-2.5/42
Salinidad	PSU	0/42

Como a la fecha aún no se establece un formato definitivo para la información que es transmitida por la ACS, los algoritmos de control de calidad solo se están aplicando a la estación de monitoreo Humedal Putemún. Actualmente estos algoritmos no se están ejecutando de manera operativa en el servidor, y solo se utilizan manualmente cuando se requiere realizar algún análisis con esta estación en particular. Estos algoritmos están desarrollados en lenguaje python y pueden ser fácilmente aplicables a las estaciones de monitoreo de las ACS. De manera general, se puede resumir el funcionamiento de control de calidad en los siguientes pasos:

1. Lectura de la última medición recibida en el servidor FTP de IFOP.
2. Comprobación del peso (bytes) de los archivos.
3. Concatenar la última medición en un DataFrame.
4. Remover filas con comentario “#”.

5. Remover registros duplicados.
6. Remover filas con datos erróneos, considerando errores de tipeo.
7. Guardar el archivo en formato de valores separados por coma (Comma Separated Values, “.csv”)

De todas maneras, las alertas con el funcionamiento de las estaciones de monitoreo fue implementada y considera la información de nuevas fuentes de información en el sistema, como fue en el caso de las estaciones de monitoreo de las ACS 43A y 10A (Fig. 19).



The screenshot shows a web browser window with the URL 'chonos3.meteodata.cl/boyas/alertas'. The page title is 'Portal Boyas: Alertas Vigentes'. Below the title is a table with 8 columns: ALERTA, BOYA, AQUADOPP, AWAC, GPS, MET, SONDE, and SYS. The table contains 17 rows of data, with the first row highlighted in orange and the second in red. The remaining rows have orange headers. The data indicates various alert statuses and time intervals for different buoy systems.

ALERTA	BOYA	AQUADOPP	AWAC	GPS	MET	SONDE	SYS
NARANJA	ACS 43A : [multiexport]	-	-	8 days 07:56	8 days 07:48	8 days 07:45	-
NARANJA	ACS10A : [mow]	-	-	8 days 08:09	8 days 07:57	8 days 08:04	-
ROJA	SENO DEL RELONCAVÍ : [imar]	1562 days 11:31	12 days 22:16	12 days 22:15	12 days 22:15	12 days 22:15	12 days 22:15
NARANJA	aysen_1 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	aysen_38 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	aysen_42 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	aysen_65 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_17 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_18 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_2 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_33 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_43 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_48 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-
NARANJA	lagos_53 : [mosa]	Sin datos	Sin datos	-	0 days 02:45	Sin datos	-

**Figura 19:** Visualización de las alertas vigentes en el sistema de visualización.

Por otro lado, la gran cantidad y disponibilidad de sensores oceanográficos y atmosféricos implican una alta variabilidad en el modo en que es transmitida la información generando archivos con diferentes formatos y estructuras, situación que puede conllevar al sistema a 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 Resolución N°3408, 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.

- 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 control de calidad y visualización web.

De las diferentes reuniones que se han establecido a la fecha entre Subpesca e IFOP, a la fecha se han determinado ciertos cambios a incorporar en el sistema de visualización durante la próxima etapa de este proyecto. Una primera sugerencia de cambio fue incorporar un pequeño mensaje al ingresar a la plataforma que contenga un resumen del contexto de este proyecto. Por otra parte, se sugirió revisar las unidades de las diferentes variables, lo cual está relacionado con el formato y estructura definitiva de la información transmitida por las ACS. Otra sugerencia fue agregar más información a la boya misma (profundidad, tipo de boya, tipo de transmisión, etc.) y incorporar la información de los sensores (marca, modelo, última fecha de calibración). Finalmente, se sugirió la confección de un boletín informativo, que se pueda ir actualizando periódicamente.

De esta misma manera, quedo pendiente una reunión técnica entre Subpesca Sernapesca, y Subsecretaría de Medioambiente. Esta reunión estaba agendada para el día 21 de Diciembre del 2022, pero por problemas de fuerza mayor tuvo que reagendarse para el mes de enero. De todas maneras, esto no afecta a los objetivos de esta etapa del proyecto ni para la siguiente.

Finalmente, se propone un esquema preliminar de boletín semestral que resume el estado de operación del sistema de monitoreo de la acuicultura. El boletín cuenta de 5 páginas y se puede observar a continuación en la siguiente página:



## Reporte semestral Programa de centro de datos oceanográficos y ambientales en la zona sur-austral de Chile

### Introducción

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.

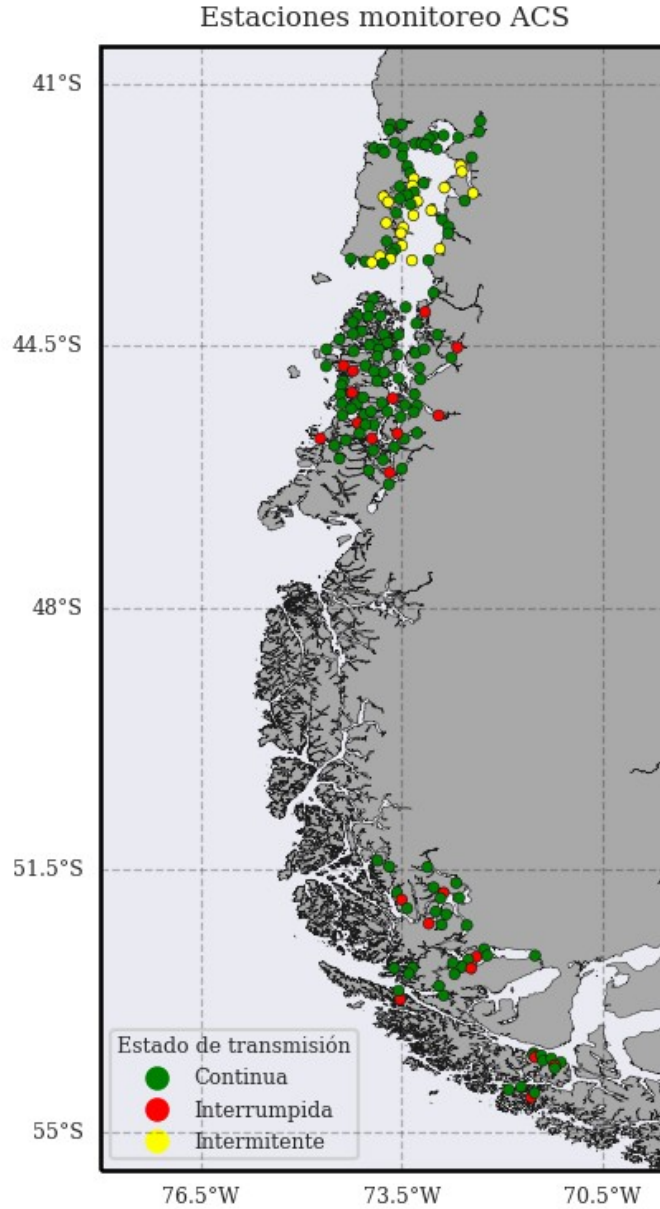
A continuación se presenta un reporte semestral para el período de \_\_\_\_\_, dividido en 2 ítems:

- 1) Estado de las boyas y continuidad de transmisión:
- 2) Análisis estadístico:

**Nota:** Los datos utilizados a continuación para realizar el diseño del documento de reporte semestral fueron generados aleatoriamente a partir de una serie diaria para temperatura superficial del mar. En ningún caso pretende mostrar una simulación del comportamiento de dicha variable en la zona de estudio, solo ejemplificar el despliegue de la información que se obtendrá a futuro. La posición de las boyas mostradas en la Figura 1 proviene de la propuesta técnica presentada dentro del proyecto y está sujeta a cambios o modificaciones.

**Estado de las boyas y continuidad de transmisión:**

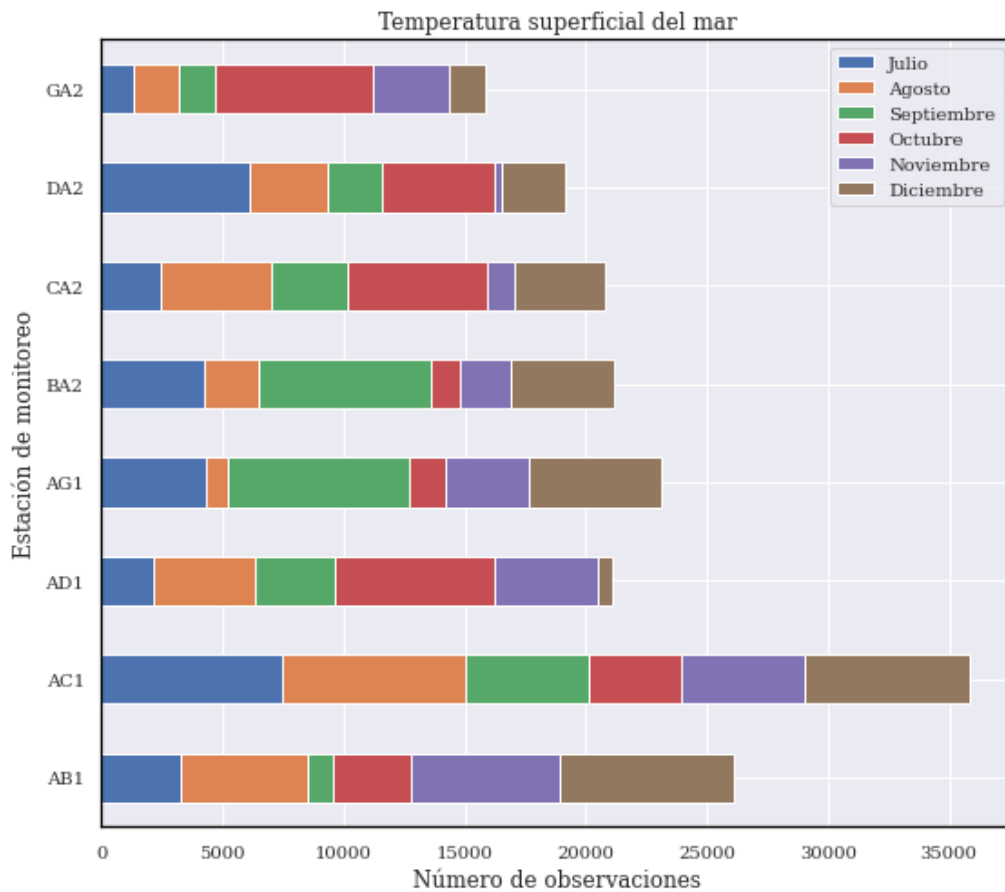
En este ítem se muestra (Figura 1) y se realiza una descripción del estado actual de transmisión de los datos. También se describen los posibles problemas que generaron fallas en transmisión de los datos y el intervalo de tiempo sin transmisión (Tabla 1).



**Figura 1.** Mapa de la costa de Chile. Los puntos muestran la ubicación de las estaciones de monitoreo atmosférico y oceanográfico. Los colores indican el estado de transmisión de los datos (figura referencial).

**Tabla 1.** Estaciones de monitoreo con fallas en la transmisión de los datos.

Nº Boya	Estado de transmisión	Fecha de inicio de la transmisión	Fecha final de la transmisión	Detalles (Causa de fallas en la transmisión)



**Figura 2.** Número de observaciones de temperatura superficial del mar en cada una de las estaciones de monitoreo oceanográfico. Esta figura permite evaluar la distribución de observaciones por mes en cada estación y muestra con mayor claridad los períodos (meses) en los que la transmisión de los datos fueron escasas o nulas (figura referencial).

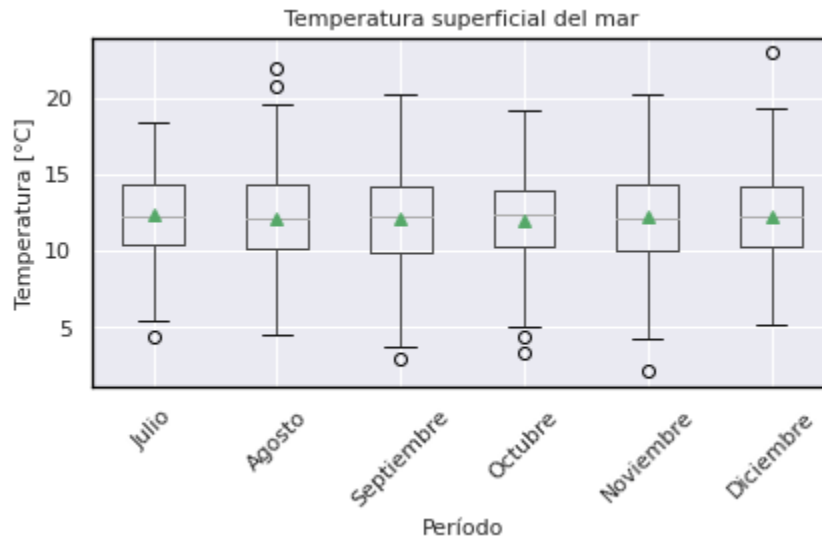


### Análisis estadístico

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de variables físicas, biológicas y químicas de series de tiempo de estaciones meteorológicas y oceanográficas ubicadas en la zona norte, centro y sur de la costa Austral de Chile, obtenida durante el periodo de \_\_\_ a \_\_\_ del 202\_ (Media±SD, Máximo y Mínimo por zonas). Adicionalmente se incluye el número de alarmas registradas durante este periodo por anomalías en las series de tiempo por zonas. En el siguiente sub-ítem 2.1 se realiza una descripción de los eventos anómalos/extremos. Rangos para considerar el nivel de alarma:

 Serie ± 1 std = Normal  Serie ± 2 std = Precaución  Serie ± 3 std = Riesgo

Variables	Zona Norte (41 – 44 °S)				Zona Centro (44 – 47 °S)				Zona Sur (48 - 55 °S)						
	Max	Min	Media ±SD	Nº alarmas	Max	Min	Media ±SD	Nº alarmas	Max	Min	Media ±SD	Nº alarmas			
<b>Meteorológica</b>															
Temperatura (°C)															
Presión (hPa)															
Magnitud viento (m s-1)															
Dirección viento (°)															
Ráfaga viento (ms <sup>-1</sup> )															
Radiación solar (Wm-2)															
Precipitación (mm)															
<b>Oceanográfica</b>															
Temperatura (°C)															
Salinidad															
Conductividad (mScm-1)															
Velosidad de las corrientes (ms <sup>-1</sup> )															
Dirección de las corrientes (°)															
Oxígeno Disuelto (ml L-1)															
Saturación de oxígeno (%)															
pH															
Turbidez (NTU)															
Fluorescencia (µl <sup>-1</sup> )															



**Figura 3.** Temperatura media mensual de las estaciones de monitoreo oceanográficas ubicadas en la zona norte, que constituye el registro semestral de mediciones directas de temperatura superficial de la zona costera Austral (41 - 56°S). En la figura, se muestran los promedios mensuales en base a una serie diaria aleatoria. El triángulo verde representa la media mensual, las cajas muestran los cuartiles 25 a 75, las líneas muestran los valores máximo y mínimo y los círculos muestran valores atípicos (figura referencial).

## 2.1 Nivel de alarma

### Nivel de alarma: Riesgo (Preocupación)

Boya N° \_\_ Zona \_\_

Periodo: \_\_ al \_\_ Diciembre 20 \_\_

Para el semestre I (II) del 202\_\_ monitoreado, se registraron valores atípicos de temperatura (rango \_\_ a \_\_°C) en el periodo de \_\_ a \_\_, considerados valores altos (bajos) con respecto a registros históricos para este mismo periodo y zona de monitoreo. De acuerdo a esto, se genera un estado de alarma de riesgo (ejemplo: preocupación).

En este ítem, también se presentará una figura con una serie de tiempo de la variable que presentó esta alarma y se realizará una comparación con series de tiempo de variables posiblemente claves (meteorológicas y/o oceanográficas), que expliquen la causa de estos cambios extremos. Adicionalmente, se realizará una correlación de coeficiente de Spearman para apoyar las conclusiones finales sobre el evento extremo.

## 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. Tal como se esperaba, las primeras 3 estaciones de monitoreo de las ACS comenzaron a transmitir información durante la etapa actual de este proyecto. Según la Resolución N°3454 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 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.

El desarrollo de este proyecto ha tenido dificultades desde el inicio de su implementación en las etapas anteriores, lo que lo ha convertido en un proyecto más bien técnico con poca discusión científica con respecto a las mediciones registradas. La principal dificultad se debió al retraso en la puesta en marcha de la operación de las estaciones de monitoreo en tiempo real de las ACS. Se contaba con el funcionamiento de dichas estaciones durante el año 2020, sin embargo, la primera estación fue instalada en septiembre de 2022, comenzando a transmitir de manera estable desde el 10 de octubre con al menos 2 fallas a la fecha. Esta falta de información se trató de suplir con información de la única estación de monitoreo operativa de la Patagonia chilena (estación Seno Reloncaví), con un sensor oceanográfico multiparámetro adquirido por IFOP (estación Humedal Putemún) y con un sistema de “boyas virtuales” generados con modelos desarrollados por IFOP. De todas maneras, cabe mencionar que estos sistemas son sensibles, y tanto las estaciones Seno Reloncaví como Humedal Putemún han presentado fallas durante estos 2 últimos años.

Con toda esta información se comenzó a trabajar fuertemente en la programación de alertas rígidas (cuando los datos están fuera del rango de medición del instrumento) y flexibles (cuando los datos no se ajustan a la tendencia histórica del lugar de origen). 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, 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 toda esta nueva información. Tal como se había comprobado con la incorporación de “boyas virtuales”, 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.

Con el sistema de monitoreo en línea de las ACS operando, comenzamos a detectar otro tipo de inconvenientes, los cuales en reuniones técnico-científicas de coordinación entre la Subpesca, los titulares responsables de cada ACS e IFOP hemos tratado de ir resolviendo a la fecha. El principal inconveniente es la estructura y formato de la información que debe ser transmitida por cada estación de monitoreo. En un principio, esta información era enviada desde la estación de monitoreo a un servidor del proveedor, donde ahí los datos eran organizados y ordenados para luego ser enviados al servidor FTP de este proyecto operado por IFOP. Dado que este procedimiento está fuera de reglamento, pues los datos son manipulados por un externo, esta situación fue comunicada desde IFOP a Subpesca, notificando a los titulares de las ACS. Actualmente, entre Subpesca e IFOP se desarrolló un instructivo para guiar y dar cumplimiento a lo establecido en el D. S. N°1 de 2020 y la Res. Ex. 3408 de 2021 con todas las características y requerimientos necesarios previo a la instalación y fondeo de la estación de monitoreo, así como a las características para un correcto envío de la información desde la estación de monitoreo hacia el servidor de recepción de IFOP. Las principales características fueron incorporadas en la sección de resultados 4.3 de este proyecto.

Por otra parte, como se puede observar de los resultados aquí mostrados, han existido problemas con la operación de las estaciones de monitoreo a las pocas semanas de comenzar a funcionar. Dada las ambiciones de contar con este tipo de sistema se espera que mientras avance la incorporación de nuevas fuentes de información estos problemas logísticos vayan disminuyendo para lograr un sistema de transmisión robusto y estable en el tiempo.

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 desarrollados 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 2022 el sistema se ha mantenido operativo, estable y funcionando sin inconvenientes a la hora de recibir la información desde las estaciones de monitoreo previamente incorporadas (reales y virtuales), así como con las 2 nuevas estaciones de monitoreo provenientes desde las ACS. Dado que estas estaciones de monitoreo seguirán creciendo con el tiempo, en esta etapa volvimos a resaltar y establecer un protocolo sobre el formato en que deben ser transmitidas las distintas variables de cada una de las estaciones, con el fin de evitar o disminuir los inconvenientes de incompatibilidad y así optimizar la capacidad de procesamiento de la información.

A la fecha se han incorporado 2 estaciones de monitoreo desde los titulares de concesiones o ACS. Esta nueva información, junto a las estaciones previamente incorporadas nos permitieron 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 4 proveedores con acceso, estos son IFOP, I-Mar, Innovex y Tekfish.

Las mejoras en los algoritmos de control de calidad fueron aplicadas sobre la base de datos registrada por la estación de monitoreo Humedal Putemún (sensor multiparámetro WIMO), logrando probar el estado de operación de dicha estación, la presencia de datos corruptos, comprobar la metadata y retirar información duplicada. Se espera contar con un formato definitivo de los datos de las ACS para ajustar estos algoritmos y aplicarlos de manera operacional al resto de las estaciones de monitoreo.

Se mantiene el sistema de alertas en el sistema de visualización en el sitio web <http://chonos3.meteodata.cl/boyas/alertas>. En esta etapa se incorporó al reporte las 2 estaciones de monitoreo de las ACS. A modo de recordatorio, una alerta de color naranja describe si la estación presenta un atraso de transmisión de más de 6 horas en algún sensor, una alerta roja si lo es en todos los sensores, y verde si no se presentan inconvenientes. El sistema también se incorporó en la plataforma web, permitiendo visualizar en tiempo real el

estado de monitoreo con marcadores para cada estación, que reflejan un color dependiendo del tipo de alerta.

Por otra parte, notar que se realizaron mejoras y actualizaciones menores al sistema de visualización de la información transmitida por las ACS. A su vez, se confeccionó un boletín semestral preliminar de información, el cual se discutirá con diferentes instituciones tomadoras de decisiones del estado. Los datos de todas las estaciones de monitoreo incorporados a la fecha se encuentran en el portal web del proyecto en el siguiente enlace <http://chonos3.meteodata.cl/boyas>. Finalmente, mencionar que se espera que durante el próximo año 2023 se incorporen nuevas estaciones de monitoreo para avanzar en un centro de datos oceanográficos y ambientales en tiempo real para la Patagonia Chilena.

## **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.

### **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 el asesor técnico de Meteodata. En esta reunión se discutieron aspectos técnicos del servidor de recepción y almacenamiento.

Fecha: 16 Marzo, 2022.

Lugar: Google-Meet.

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

#### **Reunión 2**

Se realizó una reunión técnica con un representante de consultora WSP con el fin de aclarar especificaciones técnicas de los sensores para las estaciones de monitoreo de las ACS.

Fecha: 1 Junio, 2022.

Lugar: Microsoft Teams

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Sergio Concha (WSP)

#### **Reunión 3**



Se realizó una reunión de coordinación entre Subpesca e IFOP con el fin de poder coordinar una pequeña reunión de coordinación con respecto al estado actual de las boyas de las ACS.

Fecha: 12 Julio, 2022.

Lugar: Microsoft Teams

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

#### **Reunión 4**

Se realizó una reunión técnica con el asesor técnico de Meteodata. En esta reunión se discutieron aspectos técnicos del servidor de recepción y almacenamiento.

Fecha: 13 Julio, 2022.

Lugar: Google-Meet.

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

#### **Reunión 5**

Se realizó una reunión entre Subpesca e IFOP con el fin de poder coordinar con respecto al estado de las boyas de las ACS.

Fecha: 14 Julio, 2022.

Lugar: Google-Meet

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

#### **Reunión 6**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la boya oceanográfica de la ACS 43A – MultiExport - R. EX. 3408 - 2021.

Fecha: 20 Julio, 2022.

Lugar: Microsoft Teams

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Susana Giglio (Subpesca)
3. Cristian Acevedo (Subpesca)
4. Camilo Leiva (Multiexport)
5. Patricio Catalan (Innovex)

#### **Reunión 7**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 43 A

Fecha: 11 Agosto, 2022.

Lugar: Microsoft Teams

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Susana Giglio (Subpesca)
4. Cristian Acevedo (Subpesca)
5. Magdalena Brain (Multiexport)
6. Pedro Quintana (Multiexport)
7. Camilo Leiva (Multiexport)
8. Laura Lopez (Multiexport)
9. Patricio Catalan (Innovex)
10. Gonzalo Santamarina (Innovex)
11. Yonathan Saez (Innovex)

### **Reunión 8**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 43 A con proveedor Innovex.

Fecha: 17 Agosto, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Yonathan Saez (Innovex)

### **Reunión 9**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 43 A

Fecha: 22 Agosto, 2022.

Lugar: Microsoft Teams

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Susana Giglio (Subpesca)
4. Cristian Acevedo (Subpesca)
5. Magdalena Brain (Multiexport)
6. Pedro Quintana (Multiexport)
7. Camilo Leiva (Multiexport)
8. Laura Lopez (Multiexport)

9. Patricio Catalan (Innovex)
10. Gonzalo Santamarina (Innovex)
11. Yonathan Saez (Innovex)

### **Reunión 10**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 43 A con proveedor Innovex.

Fecha: 23 Agosto, 2022.

Lugar: Zoom

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Patricio Catalan (Innovex)
4. Yonathan Saez (Innovex)

### **Reunión 11**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 43 A con proveedor Innovex.

Fecha: 2 Septiembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Yonathan Saez (Innovex)

### **Reunión 12**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 34 con proveedor Tekfish.

Fecha: 30 Septiembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Patricio Foitzick (Tekfish)
4. Mauricio Delgado (Tekfish)
5. Manuel Asencio (Tekfish)

### **Reunión 13**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 10A con titular MOWI y Subpesca.

Fecha: 7 Octubre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Pedro Valdebenito (IFOP)
3. Cristian Acevedo (Subpesca)
4. Susana Giglio (Subpesca)
5. Alvaro Perez (MOWI)
6. Pamela Urrutia (MOWI)

#### **Reunión 14**

Se realizó una reunión entre Subpesca e IFOP con el fin de poder coordinar respecto al estado de las boyas de las ACS.

Fecha: 11 Octubre, 2022.

Lugar: Google-Meet

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

#### **Reunión 15**

Se realizó una reunión entre Subpesca e IFOP para aclarar dudas con respecto al reglamento para la red de monitoreo de las ACS.

Fecha: 9 Noviembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Gastón Vidal (IFOP)
3. Pedro Valdebenito (IFOP)
4. Javiera San Martin (IFOP)
5. Cristian Acevedo (Subpesca)
6. Susana Giglio (Subpesca)

#### **Reunión 16**

Se realizó una reunión entre Subpesca, titulares de ACS e IFOP para analizar el funcionamiento de los sistemas de monitoreo de las ACS 43A.

Fecha: 21 Noviembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Gastón Vidal (IFOP)
3. Cristian Acevedo (Subpesca)

4. Susana Giglio (Subpesca)
5. Magdalena Brian (Multiexport)

### **Reunión 17**

Se realizó una reunión entre Subpesca e IFOP con el fin de poder coordinar respecto al estado de las boyas de las ACS.

Fecha: 28 Noviembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

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

### **Reunión 18**

Se realizó una reunión técnica con respecto a la transmisión de la estación de monitoreo de la ACS 34 con proveedor Tekfish.

Fecha: 2 Diciembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

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

### **Reunión 19**

Se realizó una reunión entre Subpesca, titulares de ACS e IFOP para analizar el funcionamiento de los sistemas de monitoreo de las ACS 43A y 10A.

Fecha: 22 Diciembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. Benjamin Eyzaguirre del Real (Subpesca)
3. Cristian Acevedo (Subpesca)
4. Susana Giglio (Subpesca)
5. Magdalena Brian (Multiexport)
6. Alvaro Perez (MOWI)

### **Reunión 20**

Se realizó una reunión entre Subpesca e IFOP con el fin de poder coordinar respecto al estado de las boyas de las ACS.

Fecha: 22 Diciembre, 2022.

Lugar: Google-Meet

1. Osvaldo Artal (IFOP)
2. 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 jueves 31 de marzo del 2022 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”. En el taller se presentaron las perspectivas de los modelos operacionales en la zona Sur-Austral de Chile, así como los avances en modelación biogeoquímica y en sistemas de monitoreo en línea. 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 2021. Los resultados obtenidos en esta etapa (2022) serán presentados en un taller en marzo del 2023 (fecha a coordinar entre Subpesca e IFOP).

Fecha: 31 de marzo, 2022.

Lugar: Google-Meet

Expositores:

1. Leonardo Guzman (IFOP)
2. Benjamin Eyzaguirre del Real (Subpesca)
3. Javiera San Martin (IFOP)
4. Osvaldo Artal (IFOP)
5. Cristian Ruiz (IFOP)
6. Pedro Valdebenito (IFOP)
7. Elias Pinilla (IFOP)
8. Pablo Reche (IFOP)
9. Jurleys Vellojin (IFOP)
10. Gabriel Soto (IFOP)

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

09:00 - 09:05	Palabras de bienvenida. Leonardo Guzmán Méndez, jefe de División de Investigación en Acuicultura, IFOP.
09:05 - 09:10	Apertura. Benjamín Eyzaguirre Del Real, jefe de División de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
09:10 - 09:20	Introducción a la plataforma de información oceanográfica CHONOS Javiera San Martín Parra, IFOP
09:20: - 09:50	Sistema de monitoreo y pronósticos operacionales en la Patagonia Chilena: Avances y Perspectivas. Osvaldo Artal, IFOP
09:50 - 10:20	Glaciares en la Patagonia, impacto en la dinámica del presente y futuro Cristian Ruiz, IFOP
10:20 - 10:50	FLOW-CHONOS: Aproximación numérica a la descarga de ríos en la Patagonia. Pedro Valdebenito, IFOP
10:50 - 11:00	Pausa
11:00 - 11:30	Circulación e intercambio de agua en fiordos y canales del sur de Chile Elias Pinilla, IFOP
11:30 – 12:00	Conectividad Lagrangiana: caso de estudio seno Skyring Pablo Reche, IFOP
12:00 – 12:30	Avances y desafíos en modelación biogeoquímica en la Patagonia Chilena Jurleys Vellojin, IFOP
12:30 – 13:00	Condiciones químico biológicas en la Patagonia: caso de estudio seno Skyring. Gabriel Soto, IFOP
13:00 - 13:10.	Cierre.

### **Compra y mantenimiento de equipo:**

1. 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. Se adquirió una sensor multiparámetro WIMO de la empresa NKE con sensor de presión para ser instalado en el humedal de Putemún en la comuna de Castro. El uso principal de este sensor es servir para la calibración del sistema de recepción, almacenamiento y visualización. La ventaja de esta adquisición es que la mantención de este sensor y transmisión de esta información se realizará por personal técnico de IFOP del centro Putemún en Castro.
3. Se adquirió una boya de oleaje de Sofar Ocean, la cual cuenta con transmisión satelital de parámetros de oleaje y temperatura del mar. Esta boya se encuentra operativa desde el 13 de Julio del 2021.

## Convenios

1. **Convenio 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. Dada la contingencia del Covid-19 y que hasta la fecha no se han implementado boyas por las ACS, esta boya sirve de ejemplo para probar el sistema de recepción, almacenamiento y visualización de la información oceanográfica y atmosférica de este proyecto.
2. **Convenio 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. En esta reunión se discutió sobre la posibilidad de poner los datos de la Plataforma SECOS en Hualaihué en línea, a través de un trabajo colaborativo IFOP-SECOS, y con fondos manejados por CHONOS-IFOP.

## 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 7:

**Tabla 7:** 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 <sup>-1</sup>	±0.5% de leer	0.0001 ms cm <sup>-1</sup>
Salinidad	0.1 PSU	< 0.1 PSU	< 0.001
Oxígeno Disuelto	0 a 20 mg L <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup>	Lineal: 0.99 r2	0.3 µg L <sup>-1</sup>
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 8:

**Tabla 8:** 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 9:

**Tabla 9:** 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., Rutllant, J. A., Duarte, C. M., Rúaiz-Halpern, S., Mayol, E., et al. (2011). Air-sea CO<sub>2</sub> fluxes along the coast of Chile: From CO<sub>2</sub> outgassing in central northern upwelling waters to CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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](http://www.ifop.cl)



[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)