



INFORME FINAL

Convenio GEF FAO-IFOP 2018

Sistema de información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación-FAO
Junio 2021



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O



INFORME FINAL

Convenio GEF FAO-IFOP 2018

Sistema de informaci3n interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio clim3tico.

**Organizaci3n de las Naciones Unidas para la Alimentaci3n-FAO
Junio – 2021**

REQUIRENTE

**Organizaci3n de las Naciones Unidas para la
Alimentaci3n FAO**

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

DIRECTOR EJECUTIVO

Luis Parot Donoso

JEFE DE DIVISI3N DE INVESTIGACI3N PESQUERA

Sergio Lillo

JEFE DE PROYECTO

Jefe Departamento de Oceanograf3a y Medio Ambiente

Dr. Jaime Letelier Pino

AUTORES

Dr. Jaime Letelier Pino

Ing. Andr3s Garc3a Fuentes

Ing. Francisco Plaza Vega

Cita: Letelier J., A. Garc3a & F. Plaza. 2021. Sistema de informaci3n interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio clim3tico. Informe Final FAO. 42 pp. <https://www.ifop.cl/red-de-monitoreo-cambio-climatico>



Resumen

En el marco del proyecto nacional “Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático” (CC), IFOP desarrolló el subproyecto “Sistema de información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático” cuyos productos principales fueron: 1) Un diseño con un plan de implementación de un sistema de información asociado a, 2) una base de datos sistematizada con variables e indicadores de cambio climático ambiental, pesquerías y acuicultura. Respecto del diseño con un plan de implementación, se logró llegar a un “prototipo funcional”, montado en la web institucional, vinculado a una base de datos institucional reestructurada, que cuenta con el aporte de datos del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), el Servicio Meteorológico de la Armada (SERVIMET), la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). Un grupo de reconocidos expertos nacionales definió las variables e indicadores necesarios para el seguimiento del CC, pesquerías y acuicultura, aunque el prototipo solamente cuenta con un número limitado. Los aportes de datos de las instituciones que colaboraron fueron realizados dentro del marco de convenios para la realización de este proyecto. La plataforma de visualización contiene una componente sinóptica del sistema (WEBGIS), con información satelital actualizada diariamente y estaciones meteorológicas en línea que se hace cargo de la necesidad de información que requieren los y las pescadoras artesanales entre Ecuador y la Antártica, una necesidad crítica identificada por el proyecto “Programa de capacitación en monitoreo ambiental básico local desarrollado en cuatro sitios piloto”, ejecutado por el Centro MUSELS de la Universidad de Concepción. La componente climática de la plataforma contiene variables ambientales y sus anomalías como también variables e indicadores pesqueros que describen las tendencias de largo plazo en 3 macrozonas de Chile.

Las variables e indicadores locales de las cuatro caletas piloto que son adquiridas por los y las pescadoras son enviadas por una aplicación telefónica a los servidores de la UDEC y posteriormente llevados a la base de datos de IFOP para presentarlos en la plataforma de visualización, lo que lamentablemente no ha tenido la oportunidad y continuidad necesaria. A pesar de lo anterior, el sistema de visualización de IFOP muestra los datos recogidos hasta el momento, cumpliendo con el producto y el objetivo propuesto en el proyecto.

En el presente informe presenta los resultados del grupo de expertos nacionales en pesquerías, acuicultura y CC (Variables e indicadores), una compilación del conocimiento actual, los resultados del grupo de transferencia de información interinstitucional (catastro, disponibilidad, accesibilidad y brechas tecnológicas), el diseño, contenidos y plan de implementación, protocolos de funcionamiento de la plataforma e informe de base de datos, como también el reporte diseño de implementación del sistema de monitoreo local (proveniente de EULA).

Los resultados de este proyecto cumplen con su objetivo ya que, mediante la plataforma de visualización, entrega y entregará información oportuna en apoyo a las decisiones diarias de los y las pescadoras artesanales e información climática a la autoridad sectorial para la toma de decisiones de mediano y largo plazo, analizadas en el contexto del seguimiento de los efectos locales de eventos climáticos como por ejemplo “El Niño/La Niña”, la “Mancha Caliente” y el Cambio Climático.



Índice

Resumen	iii
Agradecimientos	v
Cuadros	vi
Figuras	vii
Abreviaturas y acr3nimos	viii
1 Introducci3n	1
2 Metodolog3a	3
3 Resultados	7
3.1 Propuesta de dise1o y plan de implementaci3n de un sistema de informaci3n interoperable e integrado	7
3.1.1 Grupo de expertos y listado de indicadores de cambio clim3tico.....	7
3.1.2 Propuesta de contenidos del sistema.....	9
3.1.3 Predise1o de Sistema de informaci3n.....	11
3.1.4 Informe validaci3n internacional.....	15
3.1.5 Propuesta de plan de implementaci3n.....	15
3.2 Base de datos integrada y sistematizada con informaci3n de indicadores de cambio clim3tico, instaladas y funcionando	16
3.2.1 Grupo de trabajo “Encargados de las bases de datos institucionales formalizado y funcionando”.....	16
3.2.2 Catastro con la caracterizaci3n de la informaci3n disponible en las instituciones participantes.....	18
3.2.3 Base de datos de pesca, acuicultura y cambio clim3tico definida y poblada parcialmente con protocolos de administraci3n y mantenimiento.....	20
3.3 Implementaci3n de sistemas de indicadores locales de cambio clim3tico en caletas piloto 20	
3.3.1 Dise1o e implementaci3n del sistema.....	21
3.3.2 Revisi3n y ajuste del sistema de monitoreo local.....	21
3.3.3 Puesta en marcha del sistema de informaci3n.....	22
4 Conclusiones y recomendaciones	25
4.1 Discusiones	25
4.2 Conclusiones	31
4.3 Consideraciones	32
4.4 Lecciones aprendidas y recomendaciones	34
5 Referencias	36



Agradecimientos

Los integrantes del grupo de trabajo de IFOP agradecen especialmente a los representantes de las instituciones que colaboran con el buen desarrollo de este proyecto, él VA Ignacio Mardones Costa Director General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante, CA LT Jorge Imhoff Leyton Director de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático, Capitán de Fragata LT Enrique Vargas Guerra Jefe Departamento de Preservación del Medio Ambiente Acuático y las profesionales Jenny Maturana Acevedo y Leyla Miranda. Además, agradecer a la Sra. Alicia Gallardo y Cristian Sánchez de SERNAPESCA. Por otro lado, el grupo de trabajo también agradece la cooperación con el proyecto de la Dra. Luisa Saavedra y el Dr. Cristian Vargas del centro MUSSEL de la UDEC.

Se agradece la colaboración en la edición por parte del Dr. José Aguilar Manjarrez, Francisco Ponce Martínez, Laura Naranjo y Roberto De Andrade. Se agradece, además, el apoyo durante el transcurso del proyecto, de los encargados locales de FAO: Marcelo Pávez, Cristian Vásquez y Cecilia Godoy, que colaboraron activamente en las actividades y en la propuesta de sostenibilidad del monitoreo en las caletas piloto. Por último, damos el mayor agradecimiento a todos los y las beneficiarios/as de las caletas, que participaron activamente del proyecto y que son el ejemplo para los futuros programas de monitoreo que quieran implementarse.



Cuadros

- 1. *Objetivos Específicos, productos finales e intermedios y medios de verificaci3n asociados a la ejecuci3n del proyecto. 2***
- 2. *Listado de Portales cuyos contenidos fueron revisados 4***
- 3. *Matriz preliminar de variables/indicadores identificados en el taller de expertos, agrupados por tipo de variables/indicadores, importancia y dificultad de medici3n... 8***
- 4. *Matriz final de variables/indicadores identificados por el grupo de expertos en cambio climático, agrupados por tipo la naturaleza de las variables. Las flechas amarillas son las variables disponibles para implementar un sistema prototipo..... 9***
- 5. *Informaci3n de utilidad por su naturaleza y duraci3n para el seguimiento del cambio climático, Disponibilidad y Accesibilidad..... 17***



Figuras

Figura 1.- Contenidos del Sistema.....	10
Figura 2.- Sistema de Visualización Prototipo Funcional.....	12
Figura 3.- Diseño del Sistema Prototipo Funcional.....	13
Figura 4.- Coberturas y Visualización Sistema GIS.....	14
Figura 5.- Sistema de Indicadores Climáticos.....	14
Figura 6.- Carta Gantt.....	15
Figura 7.- Ventana de Visualización de datos de monitoreo básico local.....	22
Figura 8.- Vista de las características y datos de caleta Riquelme y caleta Tongoy.....	23
Figura 9.- Vista de las características y datos de caleta Coliumo y caleta El Manzano.....	23
Figura 10.- Imágenes usadas para los reportes de seguimiento del evento la “Mancha Caliente” provenientes del sistema internacional IRI (izquierda) y del Sistema prototipo de monitoreo de Cambio Climático de IFOP (3 derechas).....	28
Figura 11.- Seguimiento del evento de La Niña 2020/2021, la que generó intensificación de los gradientes costa-océano, y por ende de los vientos y las surgencias, implicando ascensos anormales de aguas de menor concentración de Oxígeno.....	28
Figura 12.- Calendario lunar 2021, destinados a las organizaciones de pescadores artesanales de Chile y la autoridad Pesquera. Esta iniciativa se repetirá todos los años, mostrando todas las mejoras anuales del sistema.....	30



Abreviaturas y acrónimos

ATSM	Anomalía de la temperatura superficial del mar
CLOA	Concentración de clorofila
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization o Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth
DIRECTEMAR	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
EDF	Environmental Defense Fund o Fondo de Defensa Ambiental
EULA	EULA-Chile, Centro de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción
FAO	Food and Agriculture Organization o Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FIE	Fondo de Inversión Estratégica
GEF	Global Environment Facility o Fondo para el Medio Ambiente Mundial
IFOP	Instituto de Fomento Pesquero
IMARPE	Instituto del Mar del Perú.
INP	Instituto Nacional de Pesca de Ecuador.
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission o Comisión Oceanográfica Intergubernamental
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MUR	Multi-scale Ultra-high Resolution o Resolución ultra alta de múltiples escalas.
MUSELS	Centro para el Estudio de Forzantes Múltiples sobre sistemas socio-ecológicos Marinos
NGIA	National Center for Geographic Information and Analysis
PODAAC	Physical Oceanography Distributed Active Archive Center o Centro Activo de distribución de datos de Oceanografía Física
PRODUCE	Ministerio de la Producción de Perú.
PSO	Pacifico Sur Oriental
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca
SERVIMET	Servicio Meteorológica de la Armada
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada
SIMA	Sistema Integrado de Manejo de la Acuicultura
SSPA	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
TSM	Temperatura superficial del mar
UDEC	Universidad de Concepción.
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization o Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
WEBGIS	Sistema de Información Geográfica Web.



1 Introducción

El cambio climático, forzado por el incremento exponencial de CO₂ en la atmósfera y el aumento de temperatura en el sistema Atmósfera-Tierra-Océano (Roemmich *et al.*, 2015), es un proceso científicamente documentado que está alterando los patrones naturales de variabilidad de los ecosistemas a escala global (Laffoley & Baxter, 2016). Evidencias científicas han mostrado el aumento de temperatura en la atmósfera y el océano (Falvey & Garreaud, 2009), el cambio en los patrones de intensidad de las lluvias, viento y corrientes superficiales, por lo tanto, en el transporte y la surgencia costera (Bakun *et al.*, 2010; Gutiérrez *et al.*, 2011), el incremento en la intensidad y frecuencia de El Niño (Zimmerman *et al.*, 1999; Cai *et al.*, 2014) como también un incremento de las marejadas anormales (Campos Caba, 2016). Por otro lado, hay evidencias del aumento del nivel del mar (Levitus *et al.*, 2012), aumento de los aportes agua dulce por derretimiento de hielos a escala global al mismo tiempo de persistentes sequías y desplazamiento de zonas frontales, la extensión de las zonas de mínima concentración de oxígeno (Paulmier & Ruiz-Pino, 2009), entre otros. Estos cambios se han manifestado de manera paulatina, pero acumulativa, como aumento de temperatura y nivel del mar al mismo tiempo que con la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos. Estos cambios ambientales están modificando los ecosistemas y los hábitats de los organismos que lo componen, generando adaptación, reemplazo, mortandad y desplazamiento de las poblaciones (Cochrane *et al.*, 2012; Yáñez *et al.*, 2017; Barange *et al.*, 2018).

Desde el punto de vista de la pesca y la acuicultura, se está evidenciando una amenaza a la sostenibilidad de la actividad y por ende a la seguridad alimentaria mundial. El riesgo o vulnerabilidad de estas actividades al cambio ambiental está remeciendo las estructuras políticas y administrativas que dependían de la relativa estabilidad del Clima y de los ecosistemas. Dentro de este contexto, los informes de la FAO (Renato A. Quiñones *et al.*, 2011; Cochrane *et al.*, 2012; Barange *et al.*, 2018) y el plan de adaptación al cambio climático en Pesca y Acuicultura manifiestan los potenciales efectos de este proceso (<https://mma.gob.cl>), mientras que proyectos sectoriales de forma incipiente se están haciendo cargo de la toma de información y la investigación científica de los efectos locales del cambio climático.

Dentro de este contexto, el proyecto “Sistema de Información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático” se enmarca en una serie de iniciativas asociadas al proyecto “Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático”, es ejecutado por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), e implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por su sigla en inglés).



Como objetivo general del proyecto, se plantea “Diseñar un sistema de información interoperable, que sistematiza y gestiona bases de datos de pesca, acuicultura y cambio climático para que los usuarios tengan información que les permita mejorar la toma de decisiones”. Así mismo, se definen 5 objetivos específicos, vinculados a una serie de productos (**Cuadro 1**).

1. Objetivos Específicos, productos finales e intermedios y medios de verificación asociados a la ejecución del proyecto.

Objetivo Específico	Productos Finales	Productos Intermedios	Medios de Verificación
1	Producto Final 1. Propuesta de Diseño y Plan de Implementación de un Sistema de Información Interoperable e Integrado	1.1. Grupo de expertos en indicadores asociados a Cambio Climático, formalizado y funcionando	Listado de expertos participantes y acta de constitución Actas de Talleres de expertos y Reportes de conocimiento experto indicadores de Cambio Climático
2		1.2. Listado de indicadores de cambio climático para ser considerados en el diseño del sistema de información	Reporte de identificación y definición de indicadores de cambio climático
3		1.3. Propuesta de contenidos del Sistema	Informe de Diseño del contenido del sistema
		1.4. Propuesta de Diseño del Sistema de Información, debidamente Validado	Informe de Diseño del sistema de visualización Informe de Diseño del sistema de interoperabilidad Informe de Prediseño de sistema de información Validación Prediseño de sistema de información
		1.5. Propuesta de plan de implementación	Informe de Diseño de sistema de información
4	Producto Final 2. Base de datos integrada y sistematizada con información de indicadores de cambio climático, instalada y funcionando.	2.1. Grupo de Trabajo de encargados de de las bases de datos institucionales (para definir y caracterizar los datos e información disponible a incorporar en el sistema). Formalizado y funcionando	Nómina de participantes por institución y cargo. Convenios de colaboración e intercambio de información Actas de los talleres de trabajo y Reporte de Definición y caracterización de datos e información disponible. Informe de protocolos de funcionamiento e intercambio de información Actas de Talleres de integración
		2.2. Catastro con la caracterización de la información disponible en las instituciones participantes.	Reporte de análisis de disponibilidad y accesibilidad de información, en instituciones participantes Informe de identificación de brechas tecnológicas de los sistemas informáticos actuales
		2.3. Base de datos de pesca, acuicultura y CC definida, poblada (parcialmente) y con protocolos para su administración y mantención	Informe de Base de datos que incluya protocolos para su administración y mantención
5	Producto Final 3. Implementación de sistema de indicadores locales de cambio climático en caletas piloto.	3.1. Diseño e Implementación del sistema.	Reporte con el diseño del sistema de monitoreo local Guía/manual, para la implementación y administración del sistema
		3.2. Revisión y ajuste del sistema de monitoreo local	Reporte de revisión, ajustes y recomendaciones efectuadas
		3.3. Puesta en marcha del Sistema de Información	Reporte de Diseño e implementación 8 Reportes Trimestrales



2 Metodología

Es desarrollo metodológico de los 3 primeros objetivos (Tabla 1) que enlazan para generar un producto Final: “Propuesta de Diseño y Plan de Implementación de un Sistema de información Interoperable e Integrado”

La metodología para lograr este producto es independiente de la base de datos.

a.- Se convocó a un reconocido grupo de expertos nacionales, con una dilatada y reconocida carrera internacional, los que en un taller expusieron una actualización del conocimiento de la variabilidad atmosférica, oceanográfica y pesquera del Pacífico Sur Oriental (PSO), como también las evidencias científicas de los efectos del cambio climático en esta zona. Además, y dentro de su experiencia definieron las variables e indicadores que son necesarios de considerar y monitorear para hacer el seguimiento de los efectos del cambio climático en el PSO, sus ecosistemas y los recursos pesqueros que los habitan. Como punto final definieron la calidad (precisión, exactitud y temporalidad) necesaria para que las variables e indicadores puedan detectar las tendencias generadas por el cambio climático.

Esta lista de variables e indicadores fueron los primeros elementos en la lista de contenidos.

b.- El proyecto desarrollado por la UDEC, llamado “Elaboración y ejecución de un programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué”, levantó información de las necesidades y requerimientos de información en las 4 caletas piloto. A partir de los resultados de las entrevistas que realizó este proyecto, se identificó la necesidad de información en tiempo real de las y los pescadores, por lo que el proyecto IFOP definió como meta, incorporar al Sistema de seguimiento del cambio climático la entrega de información satelital sinóptica y de estaciones meteorológicas en línea para apoyar la toma de decisiones diarias de las actividades que realizan las y los pescadores.

La información satelital diaria de temperatura superficial del mar (TSM), clorofila-a (Clea) y anomalías de temperatura superficial (ATSM), al mismo tiempo que las estaciones meteorológicas en puntos estratégicos de la costa de Chile pasaron a ser la segunda componente del Sistema de Seguimiento de Cambio Climático. Los datos satelitales y los datos de las estaciones meteorológicas se acumulan en la base de datos para un posterior análisis de tendencias espaciales y temporales.

c.- Además de las componentes climática y sinóptica descrita en los puntos anteriores, se visitaron y se revisaron una diversidad de sitios web con elementos que el equipo de trabajo consideraba necesario integrar dentro del sistema, tanto en forma como en fondo (**Cuadro 2**).



2. Listado de Portales cuyos contenidos fueron revisados

Portal	URL
IDE Chile	https://www.ide.cl/
Visualizador de mapas (SUBPESCA)	https://mapas.subpesca.cl/ideviewer/
Centro de datos oceanográficos y meteorológicos (COPAS-CEAZA)	http://www.cdom.cl/
International Research Institute for Climate and Society (IRI)	https://iri.columbia.edu/
Ocean Color Web (NASA)	https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/
PODAAC (NASA)	https://podaac.jpl.nasa.gov/
AVISO (IFREMER)	https://www.aviso.altimetry.fr/
Earth Observatory (NASA)	https://earthobservatory.nasa.gov/
INVEMAR (SIAM)	http://www.invemar.org.co/
GEOOS (PUCV)	https://geoos.org/
SINiA (MMA)	https://ide.mma.gob.cl/
Meteored	https://www.meteored.cl/
RedMeteo (Red Ciudadana)	https://redmeteo.cl/
CeazaMet (UCN)	http://www.ceazamet.cl/
U.S. Climate Resilience Toolki	https://toolkit.climate.gov/#regions
Explorador Climático (CR2)	https://explorador.cr2.cl/
VisMet (CR2)	https://www.cr2.cl/
CLIPESCA (PUCV)	https://www.clipesca.cl/
SHOA (Armada de Chile)	https://www.shoa.cl
Programa Copérnico	https://www.copernicus.eu/es
IPCC	https://www.ipcc.ch/
DGA	https://dga.mop.gob.cl/servicioshidrometeorologicos/Paginas/default.aspx

d.- El grupo de trabajo de IFOP identificó y definió que el sistema de visualización requiere una componente climática para decisiones e inversiones de mediano y largo plazo, como también otra componente sinóptica para el apoyo de las actividades de pesca y acuicultura diaria, al mismo tiempo que en paralelo permitiría el seguimiento de eventos climáticos generando un requerimiento y uso diario del sistema. Por lo anterior, el diseño contempló una web plana con series de tiempo de 3 macrozonas de la costa de Chile, con las variables e indicadores disponibles hasta el momento y sus tendencias de largo plazo. Paralelamente, la componente sinóptica entrega información satelital de TSM, Cloa y ATSM que se actualiza diariamente y que reduce significativamente la brecha de información entre la industria pesquera y las y los pescadores artesanales de Chile.

e.- La implementación requirió una secuencia de acciones que comenzó con la capacitación del grupo de trabajo y contratación externa para establecer el sistema SIG se utilizaría en la WEBGIS, la que permitió definir al software libre **QGIS** como el más adecuado, el cual se complementó con rutinas de descarga y preprocesamiento con Matlab y Python. Paralelamente, el grupo de trabajo, reunió



información desagregada dentro de IFOP y en entidades que colaboraron de manera de integrarla dentro del sistema.

El diseño y plan de implementación, construidos por el grupo de trabajo de IFOP en colaboración con expertos en cambio climático que incluyó la revisión de sitios funcionales nacionales e internacionales, permitió implementar en los servidores de IFOP un sistema de visualización prototipo de Información sinóptica y climática que será escalado al resto de variables e indicadores definidas y mejorado en términos de servidores y programas, pero también en función de la opinión de los usuarios.

La Web plana, además, considera una descripción biológica y ecológica de las especies marinas consideradas recursos pesqueros y, en una opción de mejora continua, contiene una ventana de opinión de usuarios para la mejora continua del contenido del Sistema.

El desarrollo metodológico del objetivo 4 (Tabla 1) termina con el producto Final “Base de datos integrada y sistematizada con información de indicadores de cambio climático, instalada y funcionando”

La metodología para lograr este producto es independiente del sistema de visualización.

a.- La primera fase de este objetivo fue analizar la disponibilidad y estructura de datos de IFOP, los que principalmente correspondieron a cruceros acústicos y bioceanográficos (400). Los resultados revelaron que la mayor parte están en formato digital y desagregados por crucero, pero con una estructura definida por el Centro Nacional de Datos Oceanográficos (NODC) para el Sistema Internacional de Intercambio de Datos e Informaciones Oceanográficas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IODE-COI) y de acuerdo con las directrices del Centro Nacional de Datos Oceanográficos de Chile (CENDHOC). La gran dificultad se presentó debido que el enfoque tradicional de IFOP es realizar una evaluación diagnóstica anual, es decir, un set de datos por cada crucero, desagregado por proyecto individualmente, y en algunos casos con datos no sistematizados. Los datos son tan variados que incluyen perfiles de CTD, botellas de muestreo, datos continuos superficiales, datos meteorológicos de estaciones en barco y costeras, registros acústicos, resultados de análisis de muestras biológicas pesqueras y planctónicas, muestreos bentónicos y datos satelitales.

Por lo anterior, el segundo paso fue diseñar una arquitectura informática adecuada para almacenar la gran cantidad y variedad de datos provenientes de los cruceros, estaciones costeras y futuras plataformas de muestreo, como también fue necesario dimensionar los requerimientos informáticos para soportar dicha base de datos. Esta arquitectura debía cumplir con el objetivo de análisis retrospectivos asociados a identificar tendencias de largo plazo vinculadas con el cambio climático.

b.- Paralelamente, se formó el Grupo de Encargados de Bases de Datos, donde participaron SUBPESCA, SERNAPESCA y SHOA. Todos los representantes revelaron la falta de sistematización y lo desagregado de la información en sus instituciones, excepto el SHOA, pero todas indicaron la imposibilidad del traspaso fluido y directo de datos, sin una adecuada autorización mediante un convenio marco entre las instituciones. Por lo anterior, el grupo de IFOP se enfocó a la firma de convenios de colaboración interinstitucionales, al mismo tiempo que realizó gestiones para tener acceso a la información por vías indirectas de tal manera que los datos ingresarán al Sistema. Se



generaron reportes con el catastro de datos de cada institución, la accesibilidad y la disponibilidad, así como también de brechas informáticas encontradas.

Respecto a la base de datos de IFOP, con el apoyo del Instituto Milenio de Oceanografía de la UDEC, que trabajó vía subcontrato en un proyecto de "Validación e incorporación de datos a la base de datos institucional" el cual permitió revisar, validar e incorporar a la base de datos institucional la mayor parte de los datos de los cruceros oceanográficos digitalizados de IFOP. Los datos de SERNAPESCA y el SHOA también fueron incorporados. Se generó un informe de base de datos y protocolos para su administración y mantención.

Por último, el desarrollo metodológico del objetivo 5 (Tabla 1) correspondió a la "Implementación de sistema de indicadores locales de cambio climático en caletas piloto".

Este objetivo fue desarrollado por un proyecto paralelo al de IFOP, realizado por la UDEC, llamado "Elaboración y ejecución de un programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué".

Dicho proyecto realizó el levantamiento de necesidades y las capacitaciones a las comunidades para la toma de datos, además desarrolló una aplicación móvil que permite enviar los datos adquiridos a los servidores de la UDEC y posteriormente a la Base de Datos de IFOP.

IFOP incorporó información general de las caletas piloto y las mediciones realizadas al sistema de Información y a la plataforma de visualización de datos, mostrando las series de tiempo de los parámetros adquiridos de forma pública y gratuita. El proyecto de la UDEC contribuyó con los reportes de diseño del sistema de monitoreo local, una guía de administración del sistema, reporte de ajustes y un reporte de diseño e implementación. Los reportes trimestrales fueron eliminados en la primera adenda al convenio.

El proyecto realizó una serie de modificaciones relacionadas con el reemplazo de actividades que no fueron realizadas por la pandemia, como el taller internacional que fue reemplazado por la compra de un servidor para mejorar y potenciar el rendimiento de la plataforma de visualización.



3 Resultados

3.1 Propuesta de diseño y plan de implementación de un sistema de información interoperable e integrado

El primer producto final comprometido en el proyecto fue una “Propuesta de Diseño y un Plan de Implementación de un Sistema de Información Interoperable”. Este producto cumpliría con los objetivos específicos 1, 2 y 3, es decir, a la 1) definición de indicadores, 2) diseño del contenido y 3) diseño del sistema (**Tabla 1**).

3.1.1 Grupo de expertos y listado de indicadores de cambio climático

Para poder llegar al producto final, la metodología planteó trabajar con actividades y metas intermedias entre las que se encuentra Formar un Grupo de Expertos (**Anexo I**) para identificar y definir las variables e indicadores asociadas al cambio climático que deberían considerarse en el ámbito de la pesca y acuicultura. Para lo anterior, se realizó un taller en Valparaíso (21 de diciembre, 2018) donde el Dr. Cristian Vargas resumió los principales aspectos relacionales al cambio climático tratados en el Taller Regional del Pacífico Sur (17-18 de diciembre de 2018) “Second round of regional workshops in support of the regular process for global reporting and assessment of the state of the marine environment, including socioeconomic aspects” (**Anexo II**). Además, se incluyeron las presentaciones de los principales científicos nacionales que trabajan en Climatología y Meteorología, Oceanografía, Pesquerías y Biología-Pesquera como también Acidificación del Océano (**Anexo III**).

Los temas tratados incluyeron “Evidencias atmosféricas y oceanográficas del cambio climático en el Pacífico Sur Oriental (PSO)”, “Variables físico-químicas relevantes para la evaluación de los impactos del cambio climático en la zona costera de Chile” y “Evidencias biológico pesqueras del cambio climático en el PSO”.

Uno de los resultados más relevantes del taller y del trabajo de los expertos en cambio climático fue la identificación de variables e indicadores de cambio climático, ambientales y biopesqueras, que son necesarias de monitorear a largo plazo para evaluar los impactos de este proceso en los ecosistemas locales y en la sustentabilidad de los recursos pesqueros nacionales, como también en la sustentabilidad de la acuicultura (**Cuadro 3**). Una de las conclusiones más relevantes de este trabajo es que el cambio climático altera los ciclos (ciclo anual) y fenómenos interanuales (El Niño, La Niña, marejadas entre otros) del PSO, por lo tanto, de los ecosistemas que lo componen, los recursos biológicos que los habitan y las actividades económicas que lo utilizan.



3. Matriz preliminar de variables/indicadores identificados en el taller de expertos, agrupados por tipo de variables/indicadores, importancia y dificultad de medición

Tipo de Variable	Variables	Dificultad Medición	Fuente
Meteorología	Vientos		IFOP
	Radiación Neta		IFOP
	Presión Atmosférica		IFOP
	Temperatura		IFOP
	Precipitación		Dirección Meteorológica de Chile*
	Caudales		Dirección General de Aguas*
Crucero	PH	Alta	Pendiente
	CO ₂	Baja	Pendiente
	Oxígeno_sensor	Baja	IFOP
	Oxígeno_winkler	Media	IFOP
	Temperatura	Baja	IFOP
	Salinidad_muestra	Baja	IFOP
	Salinidad_sensor	Baja	IFOP
	Clorofila_sensor	Baja	IFOP
	Clorofila_muestra	Media	IFOP
	Oxíclinas	Baja	IFOP
	Nutrientes **	Media	IFOP
Corrientes	Baja	IFOP	
Boyas	Ph	Baja	U de Chile*
	CO ₂	Baja	U de Chile*
	Oxígeno	Baja	U de Chile*
	Temperatura	Baja	U de Chile*
	Salinidad	Baja	U de Chile*
	Clorofila	Baja	Pendiente
	Oleaje	Baja	Pendiente
	Nutrientes	Baja	UCH*
Corrientes	Baja	Pendiente	
Biológico-Pesquero	Reclutamiento	Baja	IFOP
	Varazones	Alta	SERNAPESCA
	Captura	Baja	SERNAPESCA
	Desembarque	Baja	SERNAPESCA
	Biomasa	Baja	IFOP
	Índice Gonadosomático	Baja	IFOP
	Distribución (Espacial)	Baja	IFOP
Estructura de tallas	Baja	IFOP	

Pendientes: Aun no hay institución o factibilidad técnica para la toma de datos

* Instituciones consideradas para una segunda fase del proyecto

** Nutrientes tiene una baja importancia dado que



Posteriormente, el grupo de trabajo realizó un análisis que permitió reordenar, enriquecer y establecer que variables e indicadores necesarios de considerar para implementar un sistema prototipo (**Cuadro 4**). El grupo de investigación de IFOP en acuerdo con las instituciones colaboradoras estableció las variables e indicadores que estaban disponibles para un sistema prototipo (en color negro) y cuáles deberían quedar pendientes el resto para un escalamiento del sistema (en color azul), y las que están disponibles a través del sistema de visualización prototipo (flechas amarillas).

4. Matriz final de variables/indicadores identificados por el grupo de expertos en cambio climático, agrupados por tipo la naturaleza de las variables. Las flechas amarillas son las variables disponibles para implementar un sistema prototipo.

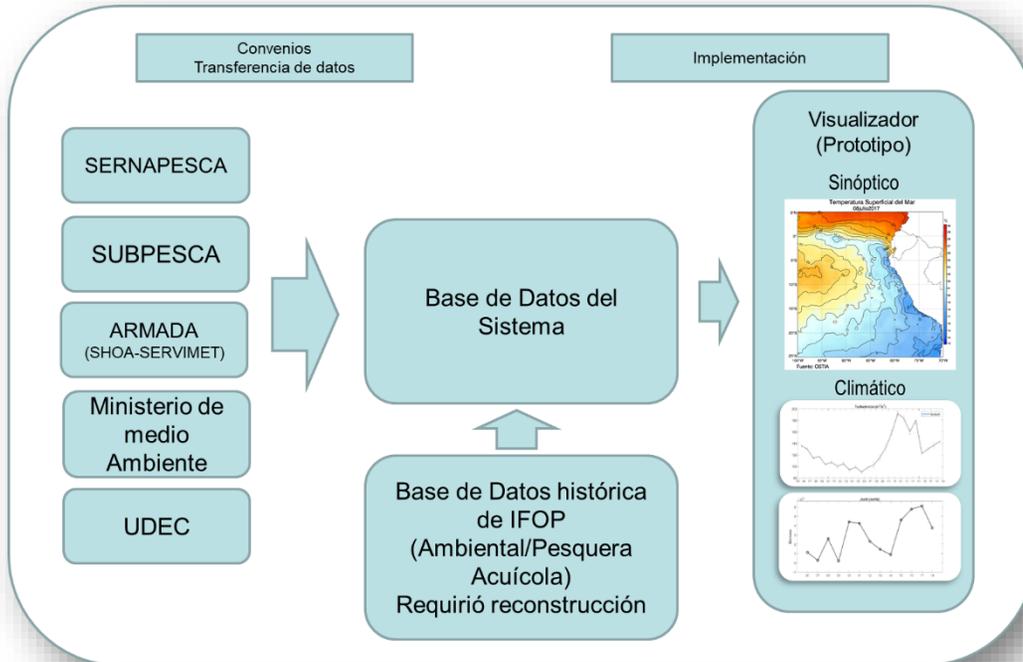
Meteorología	Oceanografía y Limnología	Biológico Pesquero	Acuicultura
<ul style="list-style-type: none">• Vientos• Radiación Neta• Presión Atmosférica• Temperatura• Precipitación• Anomalía de la turbulencia derivada del Viento• Anomalía de la temperatura del aire• Anomalía de la Presión Atmosférica• Anomalía de la Magnitud del viento• Turbulencia derivada del Viento• Magnitud del Viento	<ul style="list-style-type: none">• PH, CO₂, Oxígeno• Temperatura• Salinidad• Clorofila• Oxiclinas• Nutrientes• Corrientes• Caudales• Profundidad del límite superior de la capa de mínimo oxígeno• Nivel de mar• Marejadas• Intensidad de la Oxiclina• Concentración de oxígeno en lagos• Concentración de nutrientes en lagos• Caudal de ríos en desembocadura• Capacidad de carga de lagos• Capacidad de Carga de fiordos• Anomalías de los caudales de ríos• Anomalías de clorofila integrada• Anomalía del nivel del mar• Anomalía de la profundidad del límite superior de la capa de mínimo oxígeno	<ul style="list-style-type: none">• Reclutamiento• Varazones• Captura• Desembarque• Biomasa• IGS• Distribución• Estructura de tallas• Comunidades bentónicas• Tamaño del disco de algas	<ul style="list-style-type: none">• Biodiversidad• Capacidad de carga de los cuerpos de agua• Materia orgánica disuelta• Número de centros• Nutrientes• Oxígeno disuelto• Temperatura del agua

3.1.2 Propuesta de contenidos del sistema

Paralelamente a la definición de variables e indicadores, se comenzó a generar una propuesta de contenidos considerando un diseño de sistema, es decir, como alimentar el sistema, visualización e interoperabilidad.

En primer lugar, se conceptualizó el sistema de tal manera de generar una visión compartida entre los ejecutores del proyecto (**Figura 1**). El núcleo del sistema fue la base de datos histórica de la división de investigación pesquera de IFOP, que debido a su concepción original tuvo que ser reconstruida con una nueva arquitectura y un enfoque vinculado al cambio climático y su efecto sobre los ciclos naturales de los ecosistemas y los recursos.

Figura 1.- Contenidos del Sistema



Esta nueva base de datos está siendo enriquecida anualmente por el aporte de datos provenientes de las instituciones colaborantes, SERNAPESCA, SHOA y SERVIMET, mientras que la UDEC aún está enviando los datos de las 4 caletas piloto a través de la aplicación móvil.

Por otro lado, en un principio el sistema de visualización estaba concebido como una web con series de tiempo de variables e indicadores para ser utilizado por la autoridad pesquera, pero sufrió una mejora debido a los resultados preliminares del proyecto paralelo del EULA: “Elaboración y ejecución de un programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué”. Este proyecto recogió la necesidad de los y las pescadoras artesanales de obtener información satelital diaria de las diferentes zonas de la costa de Chile, evidenciando una brecha de acceso a la información respecto de la actividad industrial. La iniciativa de IFOP tomó esta necesidad y la reenfocó a la problemática de cambio climático, ya que al mismo tiempo que se despliega la información satelital diaria para libre uso de los y las pescadoras artesanales, se comenzó a recopilar la información satelital diaria de la temperatura, concentración de clorofila y la anomalía de temperatura superficial del mar entre a zona ecuatorial y la antártica para el seguimiento de este evento climático.

Lo anterior resume los tres componentes principales del sistema, una Base de Datos histórica Reformulada, enriquecer la Base con datos provenientes de instituciones externas y un sistema de visualización, con una componente sinóptica (WEBGIS) y una componente climática (WEB PLANA).



La componente sinóptica actualiza y despliega diariamente en una WEBGIS dinámica la información satelital, mientras que la componente climática del sistema actualiza anualmente las series de tiempo histórico ambiental y biopesqueras.

De estas tres componentes, la base de datos es el núcleo ya que contienen los datos de las evaluaciones diagnósticas anuales de la abundancia de los principales recursos pesqueros pelágicos y el contexto ambiental en que fueron evaluados, mientras que, las imágenes satelitales utilizadas en la WEBGIS son Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) con una resolución espacial de 1 km. Estas imágenes están disponibles y distribuidas por el Centro Activo de distribución de datos de Oceanografía Física (PODAAC) del Laboratorio de Propulsión del Instituto Tecnológico de California (Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology).

Este proyecto para alcanzar los productos finales, requiere productos intermedios considerados elementos de verificación de las actividades y que en su mayoría se entregan en los diferentes anexos. Detalles conceptuales y técnicos de la propuesta de contenidos del sistema aparecen en Informe de contenidos del sistema (**Anexo IV**), mientras que los detalles conceptuales y técnicos como también las primeras aproximaciones al sistema de visualización aparecen en el informe de diseño de visualización del sistema (**Anexo V**).

El informe de diseño de interoperabilidad del sistema (**Anexo VI**) fue construido considerando que los sistemas de información geográfica (SIG) requieren interoperabilidad (capacidad para compartir datos y procesos) dado que contienen grandes cantidades de información que se debe complementar para realizar procesos de análisis, predicción y estudios en general. Pese a existir estándares para el desarrollo de SIG, la interoperabilidad entre sistemas ya desarrollados es un desafío, ya que las estructuras, ya construidas, de datos y procesos, es propia de cada sistema dentro de las organizaciones colaboradoras y la gran cantidad de datos dificulta su migración a una estructura estándar. Al mismo tiempo y con las mismas complejidades las series de tiempo de largo plazo requieren una alimentación anual y permanente de información de diferentes fuentes, internas y externas a IFOP. Por lo anterior, este proyecto aborda el desarrollo de un sistema que permita comprender los elementos subyacentes a la interoperabilidad e implementarlos en la medida que el sistema avance a fases de mejora y escalamiento.

3.1.3 Prediseño de Sistema de información

Los elementos de planeación construidos durante la ejecución de la propuesta, diseño e implementación prototipo del sistema de información se encuentran en el **Anexo VII**. En este prediseño se exploró como un sistema de información geográfica (SIG) se emplea para describir y categorizar información georreferenciada con el objetivo de mostrar y analizar la información en base a las distribuciones espaciales de las variables. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas que son capas de información o datos. El SIG está especialmente diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990).



En términos conceptuales los mapas o capas representan colecciones lógicas de información georeferenciada, que generalmente se monta sobre mapas de tierra y el océano. Estos mapas constituyen una herramienta eficaz para modelar y organizar la información geográfica en forma de capas temáticas. Como es una versión prototipo, se espera en las siguientes versiones incorporar nueva información, nuevas fuentes de datos y nuevas formas de mostrar la información y mejoras permanentes en función de la evaluación de los usuarios.

Diseño implementado en un sistema prototipo, contenidos y visualización.

En este proyecto, y gracias al manejo interno de IFOP, se logró implementar un sistema prototipo funcional en base al diseño de contenidos y visualización (Fig. 2).

La plataforma prototipo fue montada en la página web de IFOP, alimentada por la base de datos institucional y los datos aportados por las instituciones externas (señalada por flecha amarilla en la figura 2).

Figura 2.- Sistema de Visualización Prototipo Funcional



El sistema presenta en su página principal la problemática y la génesis de la plataforma. Los subsistemas presentan una plataforma WEBGIS con las imágenes diarias de TSM, Clorofila, anomalía de TSM a las que se incorporan estaciones meteorológicas en línea ubicadas a lo largo de la costa, aportadas por IFOP (Fig. 3). Se incorporan variables e indicadores ambientales y biopesqueras de 3 macrozonas (norte, centro sur y sur austral). Se incluyen una descripción y la visualización del emplazamiento y datos de las 4 caletas pilotos adquiridos por los y las pescadoras y enviados por la plataforma móvil generada por el proyecto del EULA. Además, se incluye una web con las características biológicas y ecológicas de los principales recursos pesqueros nacionales,

como también una sección de comentarios y aportes para que los usuarios aporten con las mejoras futuras del sistema.

Figura 3.- Diseño del Sistema Prototipo Funcional



Como se describió esta plataforma contiene dos componentes principales, una sinóptica (WEBGIS) y una climática (sitio WEB o WEB Plana) que pueden ser descritas como herramientas tecnológicas para el libre acceso de información.

- Un **WEBGIS** con información sinóptica de fácil interpretación que entrega información diaria, incluyendo condiciones meteorológicas a lo largo de la costa, esta es una herramienta que fue construida para reducir una brecha de información dirigida a los y las pescadoras artesanales que toman decisiones diarias de pesca (Temperatura, Concentración de clorofila y viento del día) y a autoridades que siguen algún evento climático y que requieran información diaria, abarcando la costa de Chile, Perú, Ecuador y Colombia (anomalía de la Temperatura superficial) (Fig. 4).



Figura 4.- Coberturas y Visualización Sistema GIS



- El sitio **Web o WEB plana** contiene indicadores anuales históricos para la toma de decisiones de largo plazo, con variables e indicadores que se actualizan anualmente vinculadas a condiciones ambientales y abundancia de organismos de interés comercial y las zonas donde se desarrolla la acuicultura, como también las características de los principales recursos pesqueros nacionales (Fig. 5).

Figura 5.- Sistema de Indicadores Climáticos





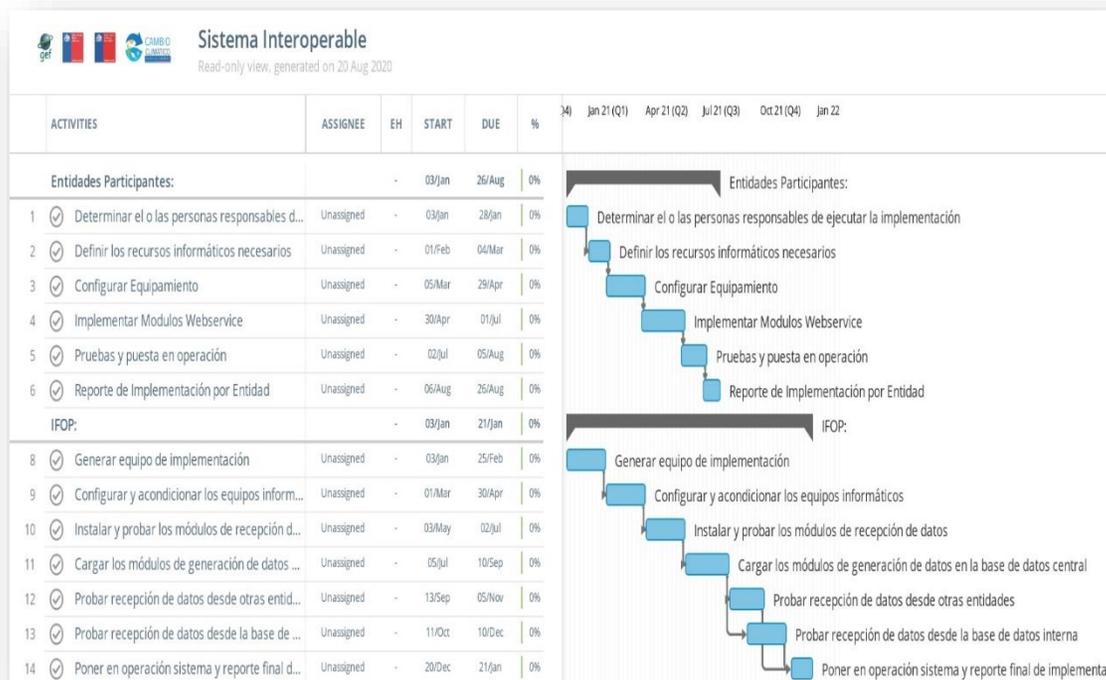
3.1.4 Informe validación internacional

Las propuestas de los diseños definidos en los puntos a, b, y c de este producto intermedio se validaron internacionalmente, para lo cual fue necesario levantar sistemas piloto para la correcta visualización e interpretación de los mismos, es así que se presentaron a expertos internacionales los sistemas: sitio web y SIG, que contienen la información de los indicadores de cambio climático abordados en los productos intermedios 1.2 y 1.3. Los resultados y aportes de la validación son presentados en el **Anexo VIII**.

3.1.5 Propuesta de plan de implementación.

Como conclusión del producto 1, que es la propuesta de diseño y plan de implementación de un sistema de información interoperable e integrado, se desarrolló el Plan de Implementación conceptualmente organizado en una carta Gantt que detalla las actividades propuestas (**Fig. 6**). Este plan fue llevado a cabo hasta montar el sistema prototipo en la web de IFOP. Este producto intermedio se presenta en el informe de plan de implementación (**Anexo IX**).

Figura 6.- Carta Gantt





3.2 Base de datos integrada y sistematizada con información de indicadores de cambio climático, instaladas y funcionando

El proceso de construcción de una nueva base de datos con aporte de instituciones externas paso por varias etapas y productos intermedios. Por un lado, se comenzó a trabajar con las instituciones colaborantes formando un grupo técnico de bases de datos (**Anexo X**), los que aclararon que cualquier intercambio tendría que estar sustentado con un convenio interinstitucional (**Anexo XI**). Además, se explicitaron los datos disponibles de cada institución para el sistema (**Anexo XII**), como también se definieron protocolos de funcionamiento e Intercambio de Información (**Anexo XIII**), para posteriormente realizar talleres de integración (**Anexo XIV**).

Paralelamente, se realizó un catastro con la caracterización de la información disponible en las instituciones participantes presentado en el reporte análisis de disponibilidad y acceso de información (**Anexo XV**). A su vez que se analizaron limitaciones técnicas de los sistemas internos y externos cuyos resultados se presentan en el informe de identificación de brechas tecnológicas de los sistemas informáticos (**Anexo XVI**).

3.2.1 Grupo de trabajo “Encargados de las bases de datos institucionales formalizado y funcionando”

Las instituciones externas identificadas al principio del proyecto con datos que potencialmente podrían enriquecer el sistema incluyeron a SUBPESCA (mandante), SERNAPESCA, SHOA y UDEC. A cada una de ellas se ofició una solicitud para su colaboración y en respuesta nombraron un representante para que formaran un grupo de encargado de bases de datos institucionales (**Anexo X**). Los resultados de estos talleres revelaron que algunas no poseían información relevante, otras que no poseían bases de datos sistematizadas y la mayoría que los representantes no tenían poder de decisión y menos de interconexión si no existen marco de colaboración formal a través de un convenio. Los convenios se concretaron con SERNAPESCA y DIRECTEMAR. SUBPESCA declaró no tener datos que contribuyen al sistema debido a que sus datos provenían de IFOP y se excusó de la firma, debido a la existencia del convenio ASIPA. Por otro lado, se hicieron las gestiones con el Ministerio de Medio Ambiente, pero a la fecha de este informe final aún se espera la firma del convenio.

a) Convenios de Colaboración e Intercambio de Información.

La envergadura de este proyecto requirió generar nuevos convenios institucionales, de hecho, se generaron propuestas de convenios institucionales marco con un anexo específico asociado al desarrollo de este proyecto con SUBPESCA, SERNAPESCA, DIRECTEMAR de la Armada de Chile y el Ministerio de Medio Ambiente. El **Anexo XI** contiene los borradores de las propuestas de convenio que fueron visadas por el departamento de jurídica y enviadas a las diferentes instituciones, además de los convenios firmados con cada una de las instituciones participantes.

**b) Actas de Talleres de trabajo y reporte de definición y caracterización de datos e información disponible**

Las actas de las reuniones con las diferentes instituciones aparecen en el **Anexo XII**, así mismo y como se detalla abajo (**Cuadro 5**), la información declarada por estas instituciones hasta el momento. Cabe señalar que en las reuniones con la división de Administración Pesquera y la división de Acuicultura de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura expresaron que ellos consideran que toda la información útil que ellos utilizan proviene de IFOP.

La accesibilidad presentada en la tabla corresponde a los siguientes estados de avance:

1. **En conversación:** como primer estado de avance, aún no se acuerdan procesos de intercambio de información.
 2. **En proceso:** como segundo estado de avance, donde se han realizado presentaciones y avanzado en los procesos de intercambio de información.
 3. **Accesible:** como el tercer y último estado de avance, donde se tiene acceso a la información identificada y comprometida en el proyecto por cada institución.
5. Información de utilidad por su naturaleza y duración para el seguimiento del cambio climático, Disponibilidad y Accesibilidad

Institución	Observación	Información	Disponibilidad	Accesibilidad
Universidad de Concepción	Centro MUSEL	Temperatura, salinidad, Oxígeno y Ph en 4 caletas piloto	Disponible	Accesible
Ministerio de Medio Ambiente*		Convenio fue enviado y se espera una respuesta formal	No Disponible	En proceso
Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	Subdirección de Pesquerías	Desembarques	Disponible	Accesible
	Subdirección de Acuicultura	Registros del SIMA austral	Disponible	Accesible
Subsecretaría de Pesca	Administración Pesquera		Disponible	Accesible
	Acuicultura		Disponible	Accesible
Armada de Chile	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	Temperatura y nivel del mar en los principales puertos de Chile	Disponible	Accesible
	Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático*	Sedimentos	Disponible	Accesible
Instituto de Fomento Pesquero	Departamento de Oceanografía y Medio Ambiente (DIP)	Temperatura, Oxígeno, Salinidad y Clorofila (Cruceros y series temporales frente a Arica, Iquique y Mejillones) Temperatura y clorofila satelital Abundancia de huevos Cobertura área de desove	Disponible	Accesible



		Series temporales de Zooplancton Series temporales parciales en Áreas de Manejo. Viento Costero		
	Departamento de Evaluaciones Directas (DIP)	Series temporales de biomasa acústica total	Disponible	Accesible
	Departamento de Evaluación de Pesquerías (DIP)	Índice Gonadosomático (IGS) Estructura de tallas	Disponible	Accesible
	Departamento de Medio Ambiente (DIA)	Series temporales de estaciones hidrográficas Series temporales de Fitoplancton	Disponible	En proceso

* No han respondido a oficio de solicitud de colaboración

c) **Informe de protocolos de funcionamiento e Intercambio de Información**

Los protocolos tienen por objetivo establecer los principios, mecanismos y procesos para el intercambio de datos entre las instituciones que participan o participaran en el sistema. Estos protocolos regirán los accesos y las vías de transferencia de información (**Anexo XIII**).

d) **Talleres de Integración**

La integración tanto del sistema como de la información a la base de datos IFOP está aún en proceso, asociada a la firma de convenios de colaboración interinstitucional, de los cuales está firmado con SERNAPESCA y DIRECTEMAR (**Anexo XIV**). La implementación del proceso de integración informática está proyectada para realizarse en octubre de 2021.

3.2.2 **Catastro con la caracterización de la información disponible en las instituciones participantes**

a) **Reporte de análisis de disponibilidad y accesibilidad de información en instituciones participantes**

Las reuniones individuales con los representantes de diversas instituciones mostraron algunas limitaciones respecto de la disponibilidad y accesibilidad de la información que administran.

En primer lugar, a nivel interno de IFOP los diferentes departamentos tienen la voluntad de contribuir con la información necesaria de manera fluida, pero también revelando que no existe una base de datos institucional sistematizada enfocada al seguimiento del cambio climático. Por lo anterior este proyecto ha dado la oportunidad de sistematizar la información dentro del instituto, además de construir y poblar una nueva base de datos con un nuevo enfoque que aborde el seguimiento del cambio climático. En IFOP se está construyendo y repoblando una base de datos institucional la cual lleva un porcentaje de un 90%.



En la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura las dos divisiones, Administración Pesquera y la de Acuicultura, declararon considerar que no poseían información y que IFOP era fuente de todos los datos que ellos utilizan. Este servicio consideró importante declarar que no tienen bases de datos sistematizada.

En el caso del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, la Subdirección de Pesquerías y la Subdirección de Acuicultura, declararon desconocer si poseen información relativa al Cambio Climático, excepto desembarques y los datos del proyecto SIMA, y que además no poseen una base de datos ambientales sistematizada. Ambas Subdirecciones declararon colocar accesible la información que pueda apoyar al seguimiento del cambio climático partiendo con los resultados del proyecto SIMA (Sistema Integrado de Manejo de la Acuicultura) que es un proyecto financiado por el Fondo de Inversión Estratégica (FIE) del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, ejecutado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura en conjunto con CSIRO Chile. Toda la información disponible que pueda ser considerada útil al proyecto estará accesible.

Respecto de la Armada de Chile, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada declaró en primera instancia tener disponible, pero no accesible directamente los datos históricos de Nivel del Mar y Temperatura en los principales puertos de Chile. El SHOA declaró una accesibilidad indirecta de la información a través de la WEB de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (<http://www.ioc-sealevelmonitoring.org>). La información histórica de nivel del mar temperatura de los puertos de Chile fue transferida a IFOP vía solicitud de datos públicos para la investigación (<http://www.shoa.cl/php/tramitefacil.php>). Posteriormente, el convenio Marco firmado con la Dirección general del territorio marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) entregó accesibilidad a la información necesaria para el sistema.

En relación al Ministerio de Medio Ambiente, en la próxima reunión se explorará la disponibilidad y accesibilidad de la información disponible en la Base Digital del Clima (<http://basedigitaldelclima.mma.gob.cl>). A la finalización del proyecto, el convenio Marco con IFOP aún está a la espera de firma, a pesar que ya fue aprobado por ambas instituciones.

En el caso de la Universidad de Concepción, institución con la cual ya se tiene un convenio marco y se está tramitando un anexo de cooperación específica vinculado a este proyecto FAO, ya declaró que la información que comience a coleccionar en las 4 caletas estará disponible para ser incorporada al sistema, ya que están ejecutando el proyecto paralelo “Programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué”. El estatus a la fecha de la entrega del 2do informe de avance, diciembre 2019, era de un 30%, cuando se constató el tipo y calidad de la información muestreada por la UDEC. A la fecha de este documento se cuenta con el 100% de los datos que se han coleccionado por parte del subprograma llevado por la UDEC, y que son parte del producto final 3 de este proyecto. Se presentan en la web plana de indicadores locales (<https://www.ifop.cl/red-de-monitoreo-cambio-climatico/visualizacion-datos-monitoreo-basico-local/>)

Los anterior se ve reflejado en la encuesta realizada para su efecto, el cual está indicado en el “Reporte Análisis Disponibilidad y Acceso de Información” (**Anexo XV**).



b) Informe de Identificación de brechas tecnológicas de los sistemas informáticos

El objetivo de este informe es establecer las limitaciones o brechas que puedan existir en las diferentes organizaciones que componen el “Sistema de información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático, para generar información para usuarios y toma de decisiones” (**Anexo XVI**).

3.2.3 Base de datos de pesca, acuicultura y cambio climático definida y poblada parcialmente con protocolos de administración y mantenimiento.

La Base de datos de pesca, acuicultura y cambio climático de IFOP fue construida con datos desagregados de más de 400 cruceros oceanográficos (1995-2020), estaciones meteorológicas e información satelital, evaluaciones pesqueras anuales y datos biológicos de los seguimientos que realiza el IFOP. La arquitectura relacional requiere protocolos de administración y mantenimiento.

a) Informe de base de datos que incluyen protocolos para su administración y mantenimiento.

El informe asociado al protocolo de administración y mantenimiento de las bases de datos, tiene como objetivo, gestionar, administrar y garantizar la disponibilidad de las bases de datos, para brindar información en forma oportuna, segura y efectiva al ciudadano y en general a los usuarios que lo requieran.

Los usuarios externos del procedimiento son: entidades del Estado, universidades, centros de investigación y los ciudadanos que requiera información. Los usuarios internos son todos los funcionarios de las diversas organizaciones aportantes de información del sistema, un detalle de usuarios, procesos y actividades, además de todo el desarrollo de este producto, se incluye en el **Anexo XVII**.

3.3 Implementación de sistemas de indicadores locales de cambio climático en caletas piloto

En relación a la implementación de sistemas de indicadores locales de Cambio Climático en caletas piloto, la toma y transmisión de la información desde las 4 caletas a la base de datos de IFOP corresponde a un proyecto paralelo ejecutado por el Centro para el Estudio de Forzantes Múltiples sobre sistemas socio-ecológicos Marinos (MUSELS), de la Universidad de Concepción. Una vez que IFOP recibió y recibe la información, las observaciones son desplegadas en una plataforma web de tal manera que este disponibles para usuarios locales y el público en general.

El proyecto del MUSELS llamado “Programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué”, implementó una toma de datos colaborativa con las comunidades de los y las pescadoras locales y en su informe final debería contener los “**Reporte del sistema de monitoreo local**”, el “**Manual para la implementación y administración del sistema de monitoreo local**”, como también el “**Reporte de Diseño e Implementación**”, correspondientes al avance en



los productos intermedios 3.1, 3.2 y 3.3 de este proyecto, respectivamente. A pesar de lo anterior se presentan los antecedentes enviados por el centro MUSELS y recogidos por IFOP.

3.3.1 Diseño e implementación del sistema

a) Reporte con el diseño del sistema de monitoreo local

En este reporte, se incluyó el diseño e implementación del sistema de información local y la base de datos de indicadores locales de dicho sistema. Esta información fue proporcionada por el centro MUSELS. La definición de los indicadores, así como la gestión de la base de datos (definición y poblamiento) forman parte de otro de los objetivos del proyecto, y es utilizado como insumo para este producto específico. En el **Anexo XVIII** aparecen los resultados asociados al sistema de visualización de indicadores locales de las 4 caletas piloto cuya implementación corresponde a IFOP mientras que los datos mostrados fueron adquiridos por la UDEC.

b) Guía/manual, para la implementación y administración del sistema

La implementación del sistema de visualización de monitoreo local fue consolidada en el sistema prototipo, donde se generaron los ajustes y modificaciones consensuadas. En este proceso de revisión y ajustes se basaron en las reuniones que se realizaron entre IFOP y UDEC durante 2020.

La etapa de la administración del sistema está actualmente en funcionamiento de tal manera que a la llegada de información desde la aplicación, está es desplegada en el sistema de visualización de IFOP. Dicha etapa es ejecutada por personal de IFOP (**Anexo XIX**).

3.3.2 Revisión y ajuste del sistema de monitoreo local

La revisión y ajuste del sistema de monitoreo local usando la información recibida en la base de datos tiene diversas consideraciones que deben ser mencionadas en este informe. La aplicación móvil es un buen elemento de envío de información a la base de datos. Las pescadoras y pescadores tienen un aporte que entregar al sistema basado del conocimiento ancestral de sus territorios y de sus actividades ya sea pelágicos, demersales, bentónicos u asociados a la actividad de acuicultura. La percepción de que cambios están sucediendo en sus ecosistemas es válido a nivel de evidencia circunstancial para plantear hipótesis de trabajo, pero el compromiso de toma de datos con calidad científica es cuestionable, pero desde el punto de vista que los distrae de sus compromisos diarios. Los datos adquiridos deben tener consideraciones de precisión, frecuencia y ubicación geográfica, especialmente si se enfoca al seguimiento local del cambio climático, de lo que carecen los datos recibidos. Este enfoque de participación ciudadana debe considerar no solo las necesidades locales y sino también la cultura de las comunidades para hacerlas participe de este tipo de proyectos.

El sistema de IFOP consideró colocar a disposición de las comunidades información satelital de 1 km de resolución y estaciones meteorológicas en línea las que sirven para las operaciones diarias, pero que requieren, en una perspectiva futura, incluir más redes meteorológicas interinstitucionales e invertir en sensores oceanográficos autónomos en línea y asociados a Áreas de Manejo y caletas. Además, para que el sistema penetre en la cultura de las comunidades es necesario entregarles la



información de los sensores en sus territorios directamente a ellos, en forma oportuna y simple proyectando la información a celulares y monitores en las organizaciones de tal manera de comprometerlas en el cuidado y mantención de los equipos, pero no en primera instancia en la toma de los datos.

Finalmente indicar que la capacitación en monitoreo local ambiental cumplió su objetivo, porque se capacitaron a los y las pescadoras, y se produjeron nano-videos para usar las herramientas y se publicará un manual detallado. Sin embargo, no se logró una implementación del sistema de monitoreo local como tal, no fue adoptado por las Caletas excepto por algunas personas en El Manzano.

3.3.3 Puesta en marcha del sistema de información.

Los avances logrados hasta la fecha, descritos en este informe, permiten mostrar los aportes de un sistema de monitoreo local realizado por la UDEC, aplicación móvil de toma de datos (**Anexo XX**) y como el sistema de IFOP muestra los datos importados a su base de datos desplegados en el reporte del sistema de visualización de IFOP (**Anexo XXI**).

En sistema de información del IFOP integro el ingreso y la visualización de los datos de las cuatro caletas pilotos desde los servidores de la UDEC hacia una web plana (<https://www.ifop.cl/red-de-monitoreo-cambio-climatico/visualizacion-datos-monitoreo-basico-local/>).

Desde la página de IFOP se despliega la ventana el Sistema de Monitoreo del Cambio Climático (**Fig. 2**), con una opción de visualización de datos de monitoreo local (**Fig. 7**).

Figura 7.- Ventana de Visualización de datos de monitoreo básico local

IFOP > Sistema de Información Interoperable para seguimiento del Cambio Climático > Visualización datos monitoreo básico local

Visualización datos monitoreo básico local

Última modificación : 26 de octubre de 2020

Resumen de Monitoreo

Los datos presentados son resultado del Programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y acuicultura al cambio climático, implementado en cuatro caletas de Chile: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano (Hualaihué), desde junio 2019. Este programa fue parte del "Proyecto de Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuicola Chileno al cambio climático", ejecutado por SUBPESCA y el MMA e implementado por FAO con financiamiento de GEF a través del Centro EULA-UdeC/ núcleo milenio MUSELS y UNAP-Iquique. El programa tuvo como objetivo desarrollar, a nivel local, un programa de monitoreo ambiental local básico de variables de pesca y acuicultura asociadas a cambio climático, como mecanismo de previsión y pronóstico, para enfrentar el cambio climático a nivel local y de apoyo a las actividades productivas de las caletas piloto.

En cada caleta se llevaron a cabo al menos 4 monitoreos manuales en distintas estaciones de cada caleta. En cada estación se realizaron mediciones en la columna de agua, utilizando para ello un Multiparámetro Aquaplus. Las variables corresponden a: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto (mg/L). Estas mediciones son realizadas a tres profundidades (1, 5 y 8 m) y a menores profundidades en las estaciones que son más someras (en los gráficos de resultados solo se muestra una profundidad 5 m). Estas mediciones fueron realizadas por monitores (pescadores y acuicultores) apoyados por un equipo técnico.

Además del monitoreo manual, se han incorporado sensores de temperatura autónomos (Hobo Tidbit MX2203) en cada caleta, y que fueron instalados en zonas de interés para actuales o futuros cultivos desarrollados por los pescadores artesanales.

[Caleta Riquelme](#) [Caleta Tongoy](#) [Caleta Coliumo](#) [Caleta El Manzano](#)



Posteriormente el sistema muestra accesos a las 4 caletas piloto, a caleta Riquelme y Tongoy (Fig. 8) y a las caletas Coliumo y El manzano (Fig. 9).

Figura 8.- Vista de las características y datos de caleta Riquelme y caleta Tongoy.

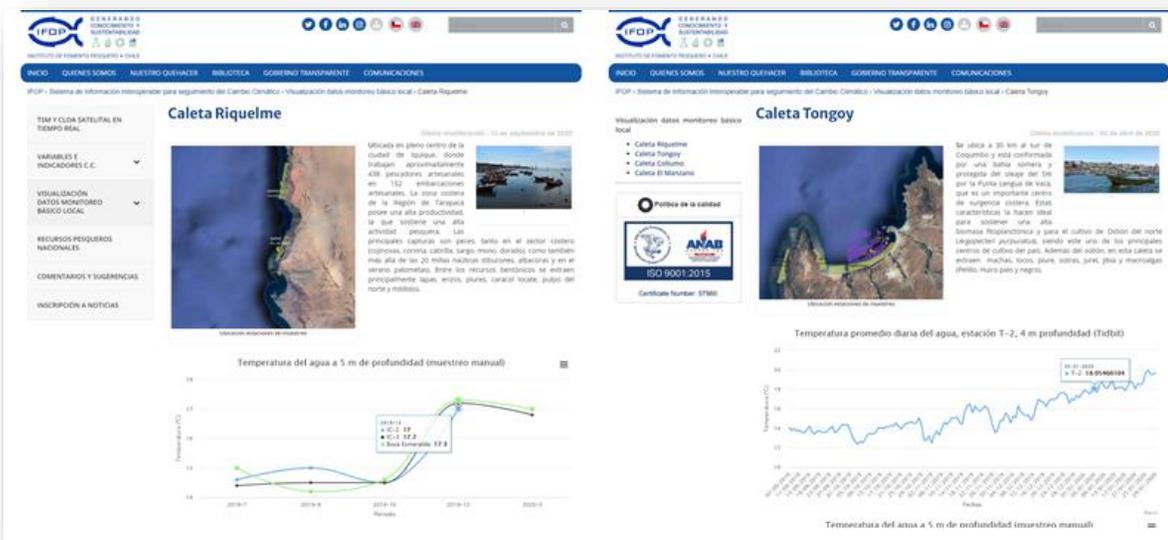


Figura 9.- Vista de las características y datos de caleta Coliumo y caleta El Manzano





En esta ventana el sistema muestra las características generales de las localidades, y las variables que han sido enviadas al sistema de IFOP hasta la fecha de entrega de este informe. Como se mencionó anteriormente, la concepción del sistema corresponde a lo esperado por el proyecto original, pero el costo de realizar las mediciones dificulta la continuidad de las mediciones realizadas por las comunidades a pesar de las capacitaciones y talleres realizadas por los proyectos ejecutados por la UDEC (Saavedra et al., 2021) y la PUCV (Silva, C., 2021). Pero, por otro lado, estos proyectos también revelaron la necesidad de la información que requieren y anhelan las comunidades, lo que implica una oportunidad para reenfocar la técnica de muestreo y por otro lado inculcar a la comunidad en el uso de la información que le sea útil mediante una entrega simple y grafica. La sinergia entre los investigadores y la comunidad, como también los actores sectoriales puede implementarse en función de aprender de los errores y tener un programa de mejora continua con los actores y usuarios del sistema, siempre manteniendo el objetivo con el cual se desarrolló el sistema.



4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Discusiones

Este proyecto abordó el desafío de aportar desde el IFOP con información científica de calidad a reducir la vulnerabilidad del sector pesquero y acuícola al cambio climático, dentro del marco del proyecto nacional “*Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al cambio climático*”.

El IFOP ejecutó uno de los principales subproyectos de este programa nacional llamado “Sistema de Información interoperable, que sistematiza e integra los datos de pesca, acuicultura y cambio climático”, cuyos objetivos están enfocados a utilizar las bases históricas de IFOP y otras instituciones como también el aporte que pueden hacer las comunidades locales de 4 caletas piloto, para generar indicadores de seguimiento de cambio climático para la toma de decisiones que permitan la sostenibilidad de la actividad acuicultura de pequeña escala y pesca artesanal.

Estos objetivos delinearon los productos de este proyecto: Una base de datos Ambiental y Biopesquera enfocada al cambio climático, intercambio de datos que enriquecen la base de datos del sistema en base a convenios formales efectivos interinstitucionales, y la definición de variables e indicadores que deben ser monitoreados para el seguimiento del cambio climático, pesquerías y acuicultura. Además, delinee la participación de los usuarios-actores a través de la toma de datos en 4 caletas piloto (caleta Riquelme, caleta Tongoy, caleta Coliumo y caleta el Manzano-Hualaihué) como una prueba de diseño, esto no se ha logrado implementar o consolidar, pero se espera que en el futuro aporte a la base de datos institucional al mismo tiempo que se genere una visualización de sus datos. Por otro lado, y como uno de los principales productos del proyecto, se planteó diseñar un sistema de visualización de toda la información que integrará IFOP.

Los datos históricos de IFOP (desde el año 2000), que originalmente han sido tomado para realizar un diagnóstico anual de los recursos y el ambiente donde se evalúan, estaban almacenados en archivos desagregados por proyecto anual. Por lo anterior, los archivos de datos individuales tuvieron que ser ordenados, validados, llevados a un formato de ingreso e importados a una base de datos, del tipo relacional, construida con una arquitectura asociada a un enfoque definido por los expertos en base a descubrir tendencias de largo plazo. Este es un proceso de mejora continua y de ingreso permanente de información, independiente del fin del proyecto, ya que IFOP y las instituciones colaboradoras toman y generan información para el sistema todos los años, definiendo un aporte Institucional permanente no cuantificable para la sostenibilidad de la nueva base de datos y por ende del Sistema.

Las instituciones colaborantes fijaron su apoyo explícito a la sustentabilidad del sistema en la medida que formalizaron a través de un convenio el apoyo al proyecto (SERNAPESCA, UDEC, DIRECTEMAR). En las próximas fases del proyecto nuevas instituciones formalizaran su apoyo y contribución con información para enriquecer el sistema.

Otro de los productos más relevantes para el proyecto, la autoridad y la sociedad, fue un listado de variables e indicadores, construido en una actividad participativa de expertos nacionales en cambio



climático vinculados con el océano, la atmosfera, las pesquerías y la acuicultura. Posteriormente, el listado fue validado en una encuesta nacional e internacional. Este taller de expertos entregó como conclusión que, es necesario monitorear estas variables para poder abarcar todos los aspectos de los efectos del cambio climático en el Pacífico Sur Oriental, sus ecosistemas y los recursos que los habitan o utilizan. Pero, los expertos también reconocieron que no todas las variables están disponibles, ya que algunas no se habían considerado en los monitoreos pesqueros tradicionales mientras que otras son técnicamente complejas de ser adquiridas con calidad científica, necesaria para abordar la problemática.

A pesar de lo anterior, la base de datos histórica de IFOP, enriquecida con datos provenientes de SERNAPESCA, DIRECTEMAR (SHOA y SERVIMET) está entregando una primera aproximación valiosa y crítica al comportamiento histórico de las variables ambientales y biopesqueras.

Además, el espíritu del proyecto nacional tenía la intención de involucrar a los y las pescadoras de las 4 caletas piloto, confiando en la colaboración ciudadana durante y posterior al proyecto para un escalamiento nacional con la misma filosofía. Las pescadoras y pescadores tomarían variables ambientales en sus caletas y mediante una aplicación la enviarían a la base de datos y posteriormente al sistema de visualización. La discontinuidad de los datos, la incerteza de la posición y profundidad, sugiere que una mejor práctica para que los y las pescadoras se hagan parte del sistema, es desplegar equipamiento científico autónomo, con conexión en línea, en la zona de trabajo sugerida por los usuarios con transmisión a la base de datos IFOP y a un monitor en las asociaciones de pescadores. Esta propuesta asegura la calidad y uso de los datos, aprovecha el conocimiento ancestral de los y las pescadoras como también permite que los usuarios se identifiquen con el proyecto que se desarrolla en su zona, cuidando los equipos y apoyando en los trabajos de mantención.

Respecto del sistema de visualización, en un inicio IFOP se comprometió en entregar solamente un diseño, pero gracias al manejo eficiente de los recursos y los resultados intermedios del proyecto (diseño de contenido, de visualización, del sistema de información y de interoperabilidad) permitieron implementar un prototipo funcional albergado en la página principal de IFOP. Este prototipo tiene un enfoque sinóptico y climático cuya información, pública y gratuita, puede ser aprovechada por la autoridad sectorial como por las pescadoras y pescadores artesanal para la toma de decisiones.

La componente climática en el sistema prototipo corresponde a series de tiempo ambientales (nivel del mar, temperatura y turbulencia) y biopesqueras (Índice Gonadosomático, Biomasa total acústica y desembarque) en puertos principales de tres grandes macrozonas de Chile, zona norte-centro norte, zona centro-sur y zona sur-austral. Estas series incluyen las anomalías de los datos ambientales ya que existen registros desde 1952, pero tanto las anomalías y los datos biopesqueros se presentan desde el año 2000, debido a la menor disponibilidad de estos últimos. Los datos biopesqueros incluyen las principales especies pelágicas nacionales. En las siguientes mejoras del sistema se incorporarán especies asociadas a las pesquerías demersales y bentónicas.

Paralelamente, la componente sinóptica surgió en la medida que se desarrollaba el proyecto, ya que no estaba considerada en el primer diseño. Los resultados del proyecto FAO paralelo “Programa de Capacitación en Monitoreo Ambiental Básico Local desarrollado en los cuatro sitios piloto”, mostraron



una evidente brecha de información disponible para los y las pescadoras artesanales. Los datos satelitales diarios integrados al Sistema (Temperatura, Clorofila y Anomalías de Temperatura), no están disponibles de manera pública y sencilla para contribuir a la toma de decisiones diarias de pesca, de las y los pescadores artesanales a diferencia de los servicios que pueden adquirir las grandes pesqueras. Por lo anterior, se incorporó esta fuente de datos históricos, actuales y futuros al sistema, al mismo tiempo de colocarla disponible de una manera simple a los usuarios de todos los niveles.

Este sistema de visualización prototipo, alimentado por la base de datos reconstruida de IFOP y fuentes externas, se convirtió en una herramienta tecnológica que entrega información de calidad científica para, en conjunto con el conocimiento ancestral, apoyar la toma de decisiones de pesca diaria, por ejemplo, salir o no dada ciertas condiciones de viento o que ubicación es más favorable para la pesca dependiendo donde están ciertas temperaturas, clorofilas o frentes, seguimiento de eventos climáticos anuales e interanuales como también del cambio climático. Además, permite concentrar, integrar y mostrar de una manera simple la información de diferentes fuentes, acumulando datos vinculados a variables e indicadores definidos por expertos como necesarios de monitorear para el seguimiento del cambio climático y sus efectos en los recursos pesqueros y los hábitats donde se desarrolla la acuicultura en sus diferentes escalas. Esta información también estará disponible para el desarrollo, implementación y validación de modelos numéricos predictivos en las siguientes etapas de mejora del Sistema.

El Sistema ya afrontó dos eventos climáticos en los cuales entregó información crítica a la autoridad sectorial, de tal manera de dar un mayor soporte científico al discurso público y a los argumentos ante los comités científicos, como también entregar una advertencia temprana de las potenciales consecuencias de estos eventos. Durante el verano de 2020, se colaboró con el seguimiento mediante reportes semanales a la SUBPESCA del evento llamado “Mancha Caliente”, a lo largo del año 2020 se realizó el seguimiento de “La Niña 2020/21”, mientras que se abordó las potenciales causas de las varaciones anormales durante el verano de 2021.



Figura 10.- Imágenes usadas para los reportes de seguimiento del evento la “Mancha Caliente” provenientes del sistema internacional IRI (izquierda) y del Sistema prototipo de monitoreo de Cambio Climático de IFOP (3 derechas)

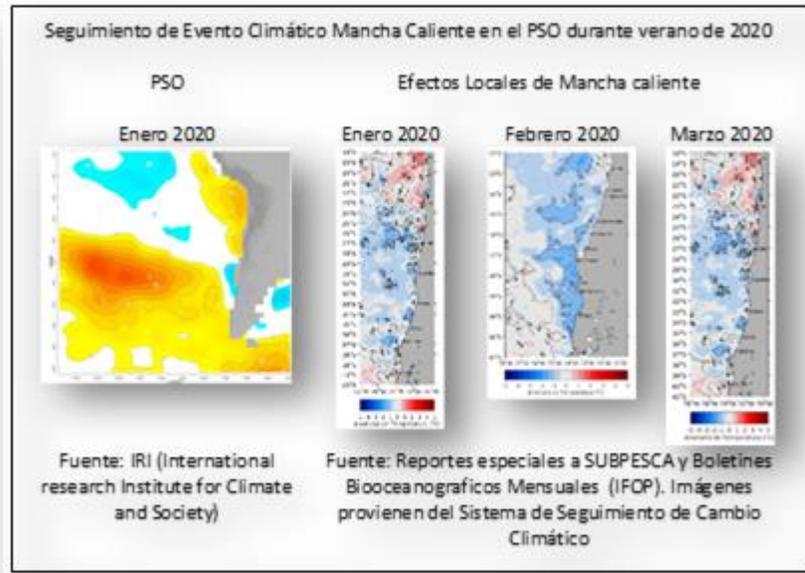
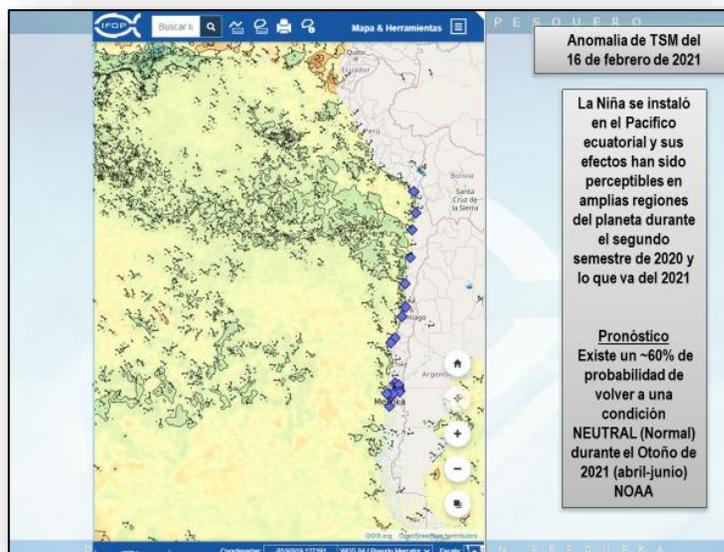


Figura 11.- Seguimiento del evento de La Niña 2020/2021, la que generó intensificación de los gradientes costa-océano, y por ende de los vientos y las surgencias, implicando ascensos anormales de aguas de menor concentración de Oxígeno





Las expectativas del sistema es seguir incorporando variables e indicadores definidas por los expertos o solicitadas por usuarios, algunas provenientes de las bases de datos aun no estructuradas de IFOP y de otras instituciones, incorporar más estaciones meteorológicas y oceanográficas en línea de IFOP, como también desplegar escenarios de mediano y largo plazo que son resultado del modelamiento numérico, a su vez seguir incorporando paulatinamente indicadores de otras pesquerías y ecosistemas incluidos Áreas Marinas Protegidas.

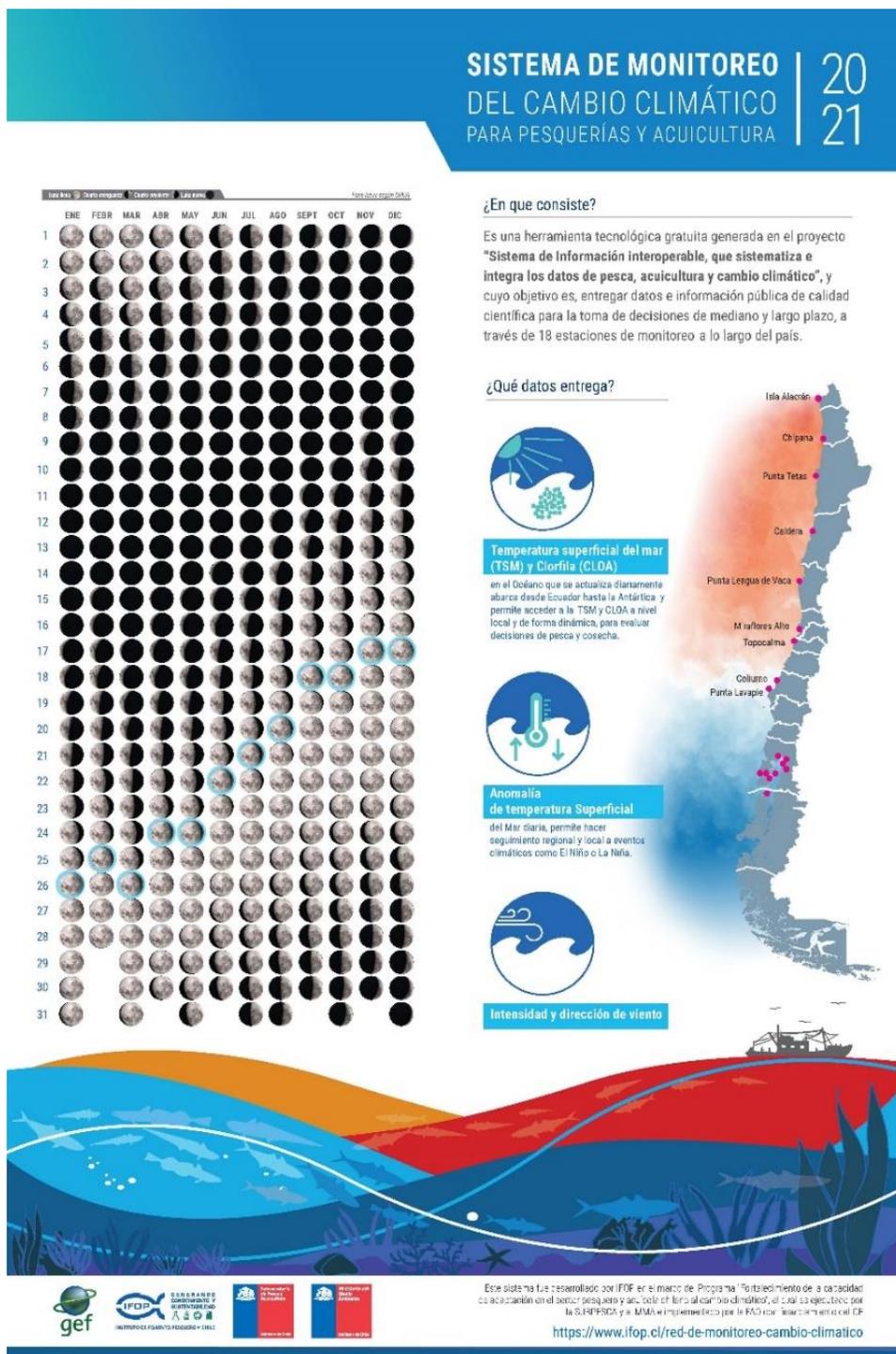
Además del crecimiento interno del Sistema, se debe abordar del escalamiento a nivel nacional con un programa de difusión progresivo y permanente, especialmente enfocado a los y las pescadoras artesanales y las autoridades sectoriales nacionales e internacionales.

Los pasos surgieron en el plan de implementación y en la implementación del prototipo: En primer lugar, se debe generar una aplicación móvil que le permita al usuario mantener en su aparato la información sinóptica offline para que pueda ser ocupada a todo evento. Posteriormente, incrementar el programa de visualización del Sistema con programas anuales de difusión, tal como se está realizando el 2021, con capsulas web y material como calendarios lunares (**Fig. 10**), el que contiene información crítica para las actividades de pesca (fases de la luna), información muy acotada de los objetivos del sistema y su dirección web.

Respecto de la sustentabilidad después de 2021, se presentó a la SUBPESCA, el principal mandante del proyecto, los objetivos de mantención y crecimiento con su respectiva valorización para que sea considerado en el programa ASIPA (Asesoría Integral para la toma de decisiones en Pesca y Acuicultura). Paralelamente, se trabaja para que este Sistema sea considerado una parte fundamental y la componente nacional dentro de la iniciativa Internacional “Sistema de Alerta, Predicción y Observación (S.A.P.O) para pesquerías resilientes al cambio climático en el Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt”, diseño que está siendo coordinado por EDF y que participan IFOP y SUBPESCA de Chile, IMARPE y PRODUCE de Perú, y el INP de Ecuador.



Figura 12.- Calendario lunar 2021, destinados a las organizaciones de pescadores artesanales de Chile y la autoridad Pesquera. Esta iniciativa se repetirá todos los años, mostrando todas las mejoras anuales del sistema.





4.2 Conclusiones

- Expertos nacionales e internacionales definieron las variables e indicadores necesarias para hacer el seguimiento del cambio climático vinculadas a la actividad pesquera y acuícola.
- El diseño de contenidos, de visualización, del sistema de información y de interoperabilidad permitieron implementar un prototipo funcional albergado en la página principal de IFOP.
- La base de datos de IFOP, reconstruida y sistematizada, permitió presentar en el sistema de visualización variables e indicadores definidos por los expertos nacionales.
- El sistema muestra variables ambientales y biopesqueras de los principales recursos pesqueros de 3 macrozonas de Chile.
- El Sistema de visualización contiene una sección de opinión y sugerencias de los usuarios para recibir la retroalimentación de los usuarios, contiene un conteo de utilización del Sistema para su evaluación y corrección futura, como también una descripción general de los principales recursos pesqueros nacionales.
- El sistema muestra los datos adquiridos de forma manual y autónoma en las 4 caletas piloto del proyecto.
- El sistema de visualización tiene la capacidad de recibir y mostrar los datos adquiridos de forma manual y autónoma en las 4 caletas piloto del proyecto, como lo ha hecho con los datos disponibles hasta el momento, indicar que el sistema de ingreso de dicha información, está en fase de diseño.
- La toma de datos locales, con la incerteza respecto de la frecuencia, localización y calidad no permitió realizar un análisis de calidad científica de la información, como tampoco permite ser un aporte oportuno en la componente sinóptica o climática del sistema. En este caso, este tipo de vínculo ciencia-sociedad que busca un ganar-ganar con las comunidades, requiere un nuevo enfoque con la incorporación de equipos autónomos que transmiten en línea a la localidad donde están instalados y a la base de datos del sistema logrando continuidad y calidad científica, además incorporar el conocimiento ancestral de las comunidades para darle contexto al dato y los análisis.
- El sistema demostró su utilidad en el seguimiento de la Mancha Caliente, La Niña 2020/21 y las varaciones anormales del verano de 2021.



4.3 Consideraciones

En general se puede pensar que el diseño del portal y los mapas no serán fáciles de entender por pescadoras y pescadores, es esencial presentar esta información de una manera mucho más sencilla para ellos.

En este Informe, en las reuniones de avances de resultados y reuniones de coordinación FAO-IFOP se acordó que el producto final, más allá un diseño para un sistema interoperable, se implementó un prototipo que objetivamente requiere una serie de mejoras para que sea totalmente funcional y utilizada por todos los usuarios. Estas mejoras posteriores a la finalización del proyecto dependen del compromiso financiero de la SUBPESCA (Principal Mandante). Por lo anterior, es que el portal y los mapas aún no son fáciles de utilizar por pescadoras y pescadores, aunque comprenden la información que contiene, y dentro de las mejoras críticas, están el desarrollo de una aplicación móvil, que pueda bajar y mantener la información satelital útil incluso sin señal internet. En resumen, en términos de conocimiento cultural la información satelital incorporada al portal, es de fácil comprensión por la mayor parte de los usuarios, pero en este momento no es de tan fácil el acceso, debido a que es por página web y que debería mejorarse a través de la aplicación móvil.

¿Cuáles son los tipos de decisiones clave que se pueden atender/resolver por pescadoras y pescadores con el sistema de IFOP?

Los y las pescadores pelágicos artesanales, buscan la isoterma y las zonas frontales (temperatura y Clorofila) como puntos de referencia para sus actividades de pesca diaria, antiguamente lo hacían con la mano en el agua, y en los últimos años con imágenes satelitales de IMARPE, que llegaban sólo a Coquimbo. Los pescadores(as) artesanales ocupan su conocimiento tradicional y la posición de las isotermas que entrega el prototipo del sistema para calar sus artes de pesca, apoyados con una herramienta tecnológica las decisiones diarias de pesca.

Por otro lado, las actividades y decisiones de cosecha, movimiento u otras medias de mitigación en Áreas de Manejo, incluida la acuicultura de pequeña escala a lo largo de toda la costa de Chile pueden ser apoyadas con información respecto de eventos climáticos mediante el fácil acceso a los valores locales de anomalías de temperatura costera (excesivamente frías o anormalmente cálidas), previniendo la pérdida total catastrófica en función de las medidas de mitigación definidas por los usuarios.

Mencionar cual es el software que se utilizó para la plataforma

La plataforma de visualización del Sistema, tal como se menciona en el Informe fue el **QGIS**, un sistema de información geográfica libre y de código abierto.



¿Cuál es la capacitación que se requiere para que los usuarios clave (las comunidades en las caletas) utilicen esta información?

La plataforma de visualización actual es una versión prototipo, posteriormente la versión implementada con su respectiva aplicación móvil, estará diseñada para que sea lo más intuitiva posible, por lo que más que una capacitación para el uso del sistema, los usuarios requieren conocer la existencia del sistema. A pesar de lo anterior, la aplicación móvil ira con una pequeña capsula explicativa del sistema (45 segundos).

¿Cuáles son los metadatos sobre todo de los datos de otras instituciones?

Los metadatos de otras instituciones incluyen origen, fecha, ubicación, intervalo de tiempo y la fuente de los datos originales, de tal manera que los usuarios puedan recurrir a la fuente original para solicitar los datos originales detallados. Todos los datos originales son gratuitos y públicos, pero los formatos y solicitudes dependen de la política de distribución de datos de cada institución.

¿Cuál es el formato que se eligió para que toda la información en el sistema de IFOP esté estandarizada?

Debido a la diversidad de la información, existen al menos 2 los formatos de exportación. Las imágenes satelitales se pueden descargar en formato NetCDF (Network Common Data Form), formato de archivo internacional destinado a almacenar datos científicos multidimensionales y reconocido por la NOAA y la Agencia Europea del Espacio (CNES), como también en formato imagen de pdf, posteriormente se implementará la descargar de imágenes en formato Matlab y ASCII, como también en formato de imagen (jpg). Los Índices y valores anuales de las variables que permiten construir y analizar las series de tiempo estarán disponibles en formato csv (ASCII), formato ampliamente usado y que es capaz de ser importado y leído por la mayoría de los programas de procesamiento. Este formato es usado ampliamente por el SHOA, la DMC y especialmente la COI.

¿No está claro si los datos se pueden descargar por cualquiera y en que formato?

Los datos correspondientes a los índices climáticos e imágenes satelitales pueden ser descargados según la política de distribución de datos de IFOP. Pero los datos originales, a partir de los que se calcularon los índices aportados por instituciones colaborantes deben ser solicitados a esas instituciones, en función de la política y procedimiento de distribución de datos de cada una. Los formatos en que se pueden descargar son varios, y el usuario puede seleccionar el que más le



acomode, en el caso de los datos de los gráficos son: png, jpg, pdf o svg, en el caso del sistema gis, se puede usar formato dxf, pdf o NetDCF.

El monitoreo local de EULA fue solo una fase de diseño o de prueba, no se logró una implementación del sistema de monitoreo local.

Esta es una afirmación que corresponde a los resultados de otro proyecto. En lo que respecta a IFOP, se cumplió con colocar a disposición la plataforma de recepción y visualización de los datos locales más allá del compromiso original que correspondía solamente al diseño. Si bien es cierto que las series de tiempo locales, de las 4 caletas, son complejos de ser utilizados para la toma de decisiones por la falta de precisión en el metadato (ubicación y temporalidad) respecto del cambio climático, los índices regionales compensan esas deficiencias ya que por ser de orden climático caracterizan a la zona donde se encuentran estas caletas. Por otro lado, el uso de estos datos tendrá mejor impacto en las decisiones en la medida que se implemente la aplicación móvil descrita anteriormente.

¿Existe alguna posibilidad de integrar los resultados de otros proyectos incluidos la base de datos de PUCV de mapas temáticos con el sistema de IFOP?

La intención expresada por IFOP es colocar a disposición los servidores y la plataforma de visualización para incorporar otros de los productos resultantes de los proyectos paralelos, incluido la base de datos de la PUCV de mapas temáticos, grabaciones de las capacitaciones u otros, pero dependerá de la voluntad de la entidad ejecutora y los investigadores que desarrollaron dichos productos colocarlos a disposición de IFOP para levantarlos e incorporarlos en el prototipo del Sistema.

4.4 Lecciones aprendidas y recomendaciones

La experiencia con las comunidades, reveló que es más eficiente para el seguimiento del cambio climático es que participen en la instalación y mantención local de equipos científicos y que reciban directamente la información que estos adquieren, al mismo tiempo que enriquecen la investigación con el conocimiento ancestral local. Las observaciones o datos adquiridos para este tipo de seguimiento requieren mediciones permanentes con una precisión de calidad científica, con una frecuencia constante y posición fija, como también un seguimiento por décadas, debido a que está problemática está asociada a tendencias de largo plazo muy sutiles.

Todas las iniciativas que incluyan monitoreo y análisis de variables e indicadores asociadas al cambio climático, deben ser partes de programas financiados permanentes o de muy largo plazo con una perspectiva de mejora continua. La falta de financiamiento hace que los compromisos institucionales e inter- institucionales en ocasiones se diluyan en ausencia de fondos que justifiquen la participación de personal en desmedro de sus actividades habituales, independiente de la motivación de los técnicos y científicos.



El desarrollo de un sistema de seguimiento del cambio climático, como herramienta tecnológica, tienen un mayor impacto cuando tienen un foco específico, en este caso la pesca y la acuicultura ayudando a resolver problemas en tiempo real y/o hacer proyecciones de posibles impactos o riesgos de corto y mediano plazo.

Además de los beneficios identificados en este proyecto, es necesario identificar y entender plenamente los beneficios que entrega el sistema en la pesca y acuicultura, especialmente en función de los requerimientos futuros de los usuarios.

Dentro de las estrategias de construcción de estos sistemas, los prototipos funcionales son un buen punto de partida para mejorar a través de las versiones posteriores en función de la opinión y necesidades de los usuarios.

Respecto de la sustentabilidad del sistema, el IFOP con sus investigadores y tecnólogos están comprometidos a su mantención durante el 2021, con el auspicio de Environmental Defense Fund (EDF). Paralelamente, se presentó a la SUBPESCA, el principal mandante del proyecto, los objetivos de mantención y crecimiento con su respectiva valorización para que sea considerado en el programa ASIPA (Asesoría Integral para la toma de decisiones en Pesca y Acuicultura).



5 Referencias

- Bakun, A., D. Field, A. Redondo-Rodriguez & S. Weeks.** 2010. Greenhouse gas, upwelling-favorable winds, and the future of coastal ocean upwelling ecosystems. *Global Change Biology*. 16: 1213-1228.
- Barange, M., T. Bahri, M. Beveridge, K. L. Cochrane, S. Funge-Smith & F. Poulain.** 2018. Impactos del cambio climático sobre la pesca y la acuicultura: Síntesis de los conocimientos y las opciones de adaptación y mitigación actuales. in *Resumen del Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO no. 627*, FAO, pp. 48.
- Cai, W., S. Borlace, M. Lengaigne, P. v. Rensch, M. Collins, G. Vecchi, A. Timmermann, A. Santoso, M. J. McPhaden, L. Wu, M. H. England, G. Wang, E. Guilyardi & F.-F. Jin.** 2014. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*. 4: 111-116.
- Campos Caba, R.** 2016. Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile. Tesis para optar al grado de Ingeniero Civil Oceánico. Universidad de Valparaíso, Valparaíso. 210 pp.
- Cochrane, K., C. De Young, D. Soto & T. Bahri.** 2012. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. in *Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. N° 530*, FAO, Roma, pp. 246.
- Falvey, M. & R. Garreaud.** 2009. Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006). *Journal of Geophysical Research*. 114 (D04102): 1-16.
- Gutiérrez, D., I. Bouloubassi, A. Sifeddine, S. Purca, K. Goubanova, M. Graco, D. Field, L. Méjanelle, F. Velazco, A. Lorre, R. Salvattecchi, D. Quispe, G. Vargas, B. Dewitte & L. Ortlieb.** 2011. Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling zone off Peru since the mid-twentieth century. *Geophysical Research Letters*. 38 (7).
- Laffoley, D. & J. M. Baxter.** 2016. Explaining ocean warming : causes, scale, effects and consequences. 456 pp.
- Levitus, S., J. I. Antonov, T. P. Boyer, O. K. Baranova, H. E. Garcia, R. A. Locarnini, A. Mishonov, J. Reagan, D. Seidov, E. Yarosh & M. M. Zweng.** 2012. World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000 m), 1955-2010. *Geophysical Research Letters*. 39 (10).
- Paulmier, A. & D. Ruiz-Pino.** 2009. Oxygen minimum zones (OMZs) in the modern ocean. *Progress in Oceanography*. 80: 113-128.
- Renato A. Quiñones, Hugo Salgado, Aldo Montecinos, Jorge Dresdner & M. Venegas.** 2011. Evaluación de potenciales impactos y reducción de la vulnerabilidad de la pesca al cambio climático – El caso de las pesquerías principales de la zona centro-sur de Chile. in *Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina. Potenciales impactos y desafíos para la adaptación*, edited by D. Soto, & R. Quiñones, FAO, Concepción pp. 183-274.
- Roemmich, D., J. Church, J. Gilson, D. Monselesan, P. Sutton & S. Wijffels.** 2015. Unabated planetary warming and its ocean structure since 2006. *Nature Climate Change*. 5: 240-245.
- Saavedra, L., C. Vargas, V. Aguilera, M. Araya & A. Marín.** 2021. Elaboración y ejecución de un programa de monitoreo ambiental local básico para mejorar la adaptación del sector pesca y



- acuicultura al cambio climático en las caletas: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano-Hualaihué. Informe Final FAO. Centro MUSSEL. 91 pp.
- Silva, C.** 2021. Diseño de mapas temáticos dinámicos que incorporen los efectos del Cambio Climático en la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala. Informe Final FAO. PUCV. 152 pp.
- Timmermann, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif & E. Roeckner.** 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. *Nature*. 398 (694-697).
- Yáñez, E., N. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K. P. Muck, G. San Martín, S. Benítez, B. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelcich, F. Labra, M. Lardies, P. Manríquez, P. Quijón, L. Ramajo, E. Gonzalez, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M. A. Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranís, C. Bernal & G. Böhm.** 2017. Impacts of Climate Change on Marine Fisheries and Aquaculture in Chile En. *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis* B. Phillips, & M. Pérez-Ramírez (Eds.). 1048 pp.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISI3N INVESTIGACI3N PESQUERA



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Almte. Manuel Blanco Encalada 839
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl