



Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura



EULA-CHILE
Centro de Ciencias Ambientales

Manual para un sistema de monitoreo ambiental participativo para mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas en Chile

Proyecto: Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al cambio climático



musels
CENTRO PARA EL ESTUDIO DE FORZANTES MÚLTIPLES
SOBRE SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS MARINOS



Manual para un sistema de monitoreo ambiental participativo para mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas en Chile

Proyecto: Fortalecimiento de la capacidad de adaptación en el sector pesquero y acuícola chileno al cambio climático

Por

Luisa Saavedra Löwenberger

Laboratorio de Ecosistemas Costeros y Cambio Ambiental Global - ECCA Lab
Centro EULA
Universidad de Concepción
Concepción, Chile

Cristian Vargas Gálvez

Laboratorio de Ecosistemas Costeros y Cambio Ambiental Global - ECCA Lab
Centro EULA
Universidad de Concepción
Concepción, Chile

Luis Antonio Cuevas

Laboratorio de Ecosistemas Costeros y Cambio Ambiental Global - ECCA Lab
Facultad de Ciencias Ambientales
Centro EULA
Universidad de Concepción
Concepción, Chile

Victor Aguilera Ramos

Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA)
Coquimbo, Chile

Andrés Marín Ricke

Centro de Estudios del Desarrollo Regional y Políticas Públicas (CEDER)
Universidad de Los Lagos
Osorno, Chile

Miguel Araya Christie

Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat
Iquique, Chile

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA
Y**

CENTRO EULA-CHILE

Santiago de Chile, 2021

Cita requerida:

FAO y Centro-EULA. 2021. *Manual para un sistema de monitoreo ambiental participativo, que mejore la capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas en Chile*. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.4060/cb3579es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) O El Centro-EULA, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o El Centro-EULA los aprueben o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO o El Centro-EULA.

ISBN 978-92-5-134035-6 [FAO]

© FAO, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es_ES

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO O El Centro-EULA refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO/El Centro-EULA. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) O El Centro-EULA. La FAO/ El Centro-EULA no se hacen responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés será el texto autorizado”.

Toda controversia que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación aplicables serán las del Reglamento de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de conformidad con el Reglamento de Arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de cubierta:

Jessica Cabrera y Horacio Cabrera, acuicultores de pequeña escala (Granja Marina) de Caleta Coliumo, Chile.

©Luisa Saavedra

Resumen

El presente manual tiene como objetivo entregar las bases científicas y técnicas para diseñar e implementar un sistema de monitoreo ambiental participativo en caletas pesqueras de Chile, como herramienta para mejorar la adaptación al cambio climático. Este tipo de monitoreo se caracteriza por la participación activa de mujeres y hombres de la pesca y acuicultura que habitan y trabajan en las caletas, permitiendo incrementar su conocimiento sobre el ambiente costero local y contar con herramientas prácticas para observar los efectos del cambio climático. Para apoyar la capacitación de las personas que participarán en los monitoreos locales, el manual proporciona algunos conceptos claves del ecosistema costero chileno y sus procesos oceanográficos, así como algunas consecuencias del cambio climático sobre el mar y los recursos pesqueros. Asimismo, se expone la relevancia de los distintos tipos de monitoreos para obtener registros y observaciones que apoyen la toma de decisiones de mujeres y hombres de la pesca y acuicultura frente a los cambios que ya comienzan a percibir. Tras haber recogido las lecciones aprendidas de la experiencia piloto llevada a cabo en cuatro caletas de Chile: Riquelme (Tarapacá), Tongoy (Coquimbo), Coliumo (Biobío) y El Manzano (Los Lagos), en las que se diseñó participativamente un monitoreo de variables ambientales asociadas al cambio climático, se proponen las etapas y metodologías para replicar estos programas de monitoreo en otras caletas de Chile. Estos métodos incluyen tanto el trabajo participativo con las comunidades, como los detalles técnicos para el diseño e implementación del monitoreo costero. Se incluyen además, instrucciones sencillas para el uso de herramientas tecnológicas asociadas al monitoreo ambiental costero, tales como sensores de temperatura autónomos, multiparámetros, aplicaciones móviles para el registro de datos, entre otras. Finalmente, se formulan varias recomendaciones y sugerencias para desarrollar este tipo de programas en las caletas del país, así como propuestas de gobernanza para asegurar su sostenibilidad, como medida de disminución de la vulnerabilidad de las comunidades costeras frente a los efectos del cambio climático.

Este manual es parte del Proyecto “Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático”, 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).



Índice

Resumen	iii
Agradecimientos	xi
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos del manual y público objetivo	2
2. Conceptos claves	3
2.1 Variables ambientales relevantes para la pesca y la acuicultura de las Caletas	3
2.1.1 Temperatura	3
2.1.2 Salinidad	6
2.1.3 Oxígeno disuelto	7
2.1.4 Turbidez	8
2.1.5 Viento	10
2.1.6 Marejadas	11
2.1.7 Acidez del océano (pH)	12
2.2 Variabilidad ambiental y climática	13
2.3 Cambio climático en la costa de Chile	16
2.3.1 Temperatura del mar	16
2.3.2 El Niño	18
2.3.3 Corrientes costeras	18
2.3.4 Concentración de oxígeno	19
2.3.5 Nivel del mar	19
2.3.6 Eventos meteorológicos y de oleaje extremos	20
2.3.7 Descargas de ríos	21
2.3.8 Acidificación del océano	22
2.4 Implicancias del cambio climático para la pesca y acuicultura	23
2.4.1 Impactos operacionales en la pesca y acuicultura	24
2.4.2 Impactos en el hábitat esencial de las especies relevantes para la pesca y acuicultura	24
2.5 Estrategias de Adaptación al Cambio Climático	26
2.6 Concepto de monitoreo utilizado	27

3. Monitoreo ambiental como estrategia de adaptación al cambio climático	29
3.1 Tipos de monitoreos	29
3.2 Relación de datos ambientales y parámetros biológicos relevantes para la pesca y acuicultura	30
4. Información y análisis para el diseño participativo de un monitoreo ambiental	33
4.1 Selección de variables ambientales	36
4.2 Selección del sitio de monitoreo	38
4.3. Establecimiento de la frecuencia del monitoreo	40
4.4 Tipos de Instrumentos utilizados en el monitoreo ambiental costero	41
4.4.1 Monitoreo autónomo	41
4.4.2 Monitoreo manual	42
4.5 Encargados del monitoreo	45
4.6 Planificación del monitoreo	45
5. Metodología de toma de muestras, análisis, visualización y aplicación de la información	47
5.1 Obtención de datos mediante monitoreo manual.	47
5.2 Análisis de los datos	49
5.3 Visualización de los datos	50
5.4 Aplicación móvil para el registro de los datos (AquaMonit)	52
5.5 Sociabilización y aplicación de la información	53
6. Instrumentos para el monitoreo ambiental	61
6.1 Multiparámetro	61
6.2 Disco Secchi	65
6.3 Sensor de temperatura autónomo	66
6.4 Estación meteorológica	69
6.5 Plataforma oceanográfica	71
7. Administración y gestión para un sistema de monitoreo ambiental participativo	73
7.1 Componentes y funcionalidad	73
7.2 Financiamiento del sistema de monitoreo local	76

Referencias 77**Anexo**

1. Procedimiento de calibración del multiparámetro Aquaplus 83
2. Detalle de uso de la aplicación hobo mobile del sensor autónomo de temperatura 89
3. Detalle de uso de la aplicación AquaMonit para el registro de datos ambientales costeros 93

Cuadros

1. Rango de Sólidos Disueltos Totales para diferentes tipos de agua.	7
2. Rangos óptimos de temperatura, clorofila y salinidad para el desarrollo de especies comerciales en la costa de Chile.	32
3. Ejemplo de Matriz de identificación de problemas asociados al cambio climático y propuesta de variables para el monitoreo local, para (1) una caleta del norte de Chile (pescadores/as) y (2) para una caleta del sur de Chile (acuicultores de mitílidos).	37
4. Ejemplo de ubicación georeferenciada de las estaciones de monitoreo costero.	40
5. Ejemplo de Planificación del Sistema de Monitoreo ambiental costero.	46
6. Ejemplo de bitácora de registro de datos. (el formato de registro de datos está disponible en el Anexo 1).	48
7. Ejemplo de análisis de datos de temperatura de una estación para una fecha y profundidad. Se promedian los tres registros tomados (réplicas).	49
8. Ejemplo de tabla con promedios de temperatura para la misma estación y profundidad, pero en distintas fechas.	50
9. Sitios web con información pública proveniente de sistemas de monitoreo meteorológicos y oceanográficos, relevante para la pesca y acuicultura chilena.	55
10. Detalle de parámetros y rangos que permite registrar el Multiparámetro Aquaplus.	61
11. Escala de fuerza de vientos Beaufort.	70
12. Presupuesto anual general para la implementación y mantención de un sistema de monitoreo ambiental local básico (para una caleta, primer año de implementación). Basado en costos del año 2019 en CLP.	76

Figuras

1	Imagen satelital de la Temperatura superficial del mar frente a Chile.	4
2	Variación de la temperatura con la profundidad de la columna de agua (perfil de temperatura). Ejemplo de diferencias generales entre estaciones del año.	5
3	Gradiente de salinidad en una zona costera influenciada por ríos, humedales u otros aportes de agua dulce.	6
4	Gradiente de salinidad en una zona costera influenciada por ríos, humedales u otros aportes de agua dulce.	8
5	Ejemplificación de aumento de turbidez en la zona costera, producto del aporte de nutrientes por actividades antropogénicas y los efectos sobre la biota y otras variables ambientales como el oxígeno.	9
6	Representación general de la dirección predominante de los vientos en la zona costera y oceánica frente a Chile.	11
7	Esquema del funcionamiento del ENSO en el océano Pacífico.	14
8	Serie de tiempo con eventos Niño y Niña ocurridos desde 1950.	14
9	Anomalía de temperatura superficial del océano global respecto al promedio del siglo 20 (1880 a 2019).	15
10	Esquema de los diferentes efectos del cambio climático y la acidificación del océano sobre la costa de Chile.	17
11	Esquema del proceso de acidificación del océano.	23
12	Implicancias del cambio climático y la acidificación del océano sobre los recursos pesqueros/ acuícolas y la economía.	25
13	Ejemplo de diferentes tipos de monitoreo costero: manual y autónomo.	29
14	Taller práctico de uso de equipos en Caleta Rio Seco, región de Tarapacá.	33
15	Elementos de un sistema de monitoreo participativo.	35
16	Taller de diseño participativo del monitoreo.	36
17	Monitoreo participativo con pescadores de Caleta El Manzano, comuna de Hualaihué, región de Los Lagos.	38
18	Ejemplo de ubicación de las estaciones de monitoreo ambiental (Bahía Coliumo, región del Biobío).	39
19	Ejemplos de monitoreos ambientales apropiados para diferentes actividades productivas: (A) pesca de orilla y acuicultura y (B) Pesca pelágica.	44
20	Etapas básicas de un Monitoreo ambiental.	47
21	Ejemplo de visualización gráfica de una serie de tiempo de temperatura del mar en una estación de la Bahía de Tongoy a 10 m de profundidad.	51

22	Ejemplo de gráfico de barras para diferentes estaciones, para un mismo periodo de muestreo.	51
23	Aplicación móvil Aquamonit desarrollada para el monitoreo costero participativo.	52
24	Sitio web de la Visualización de datos de monitoreo básico local de Caleta Coliumo, que forma parte de la Red de Monitoreo de Cambio Climático del IFOP.	53
25	Esquema de la propuesta del Sistema de visualización de datos para la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala, que integre registros manuales y autónomos.	54
26	Componentes del Multiparámetro Aquaplus.	62
27	Ejemplo de la información que entrega un multiparámetro en su pantalla, y su uso en una embarcación y en la orilla del mar.	63
28	Multiparámetro Aquaplus con soluciones de calibración.	64
29	Esquema de uso de disco Secchi y representación de las diferencias entre aguas turbias y claras.	66
30	Sensor de temperatura autónomo.	66
31	Sensor autónomo de temperatura Tidbit de Hobo, modelo MX2204 (cubierta) y MX2203 (sensor).	67
32	Plataforma Oceanográfica Costera para el monitoreo autónomo.	71
33	Propuesta de Estructura organizacional para la implementación y sostenibilidad de un Programa de monitoreo local costero para fortalecer la adaptación al cambio climático.	74

Recuadros

1.	Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la pesca artesanal.	57
2.	Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la acuicultura de pequeña escala.	59

Agradecimientos

El *Manual para el diseño e implementación de un monitoreo ambiental*, fue elaborado por **Luisa Saavedra L.** con la participación de diversos autores principales y la contribución en la edición por parte de **José Aguilar Manjarrez, Laura Naranjo Báez y Francisco Ponce Martínez.**

Capítulo 1:

Luisa Saavedra Löwenberger (autora principal), **Cristian Vargas Gálvez** (autor principal).

Capítulo 2:

Cristian Vargas Gálvez (autor principal), **Víctor Aguilera Ramos** (autor principal), **Andrés Marín Ricke** (autor principal), **Luisa Saavedra Löwenberger** (autora principal), **Miguel Araya Christie** (autor principal), **Aldo Montecinos** (revisión de sección 2.1.5), **Claudio Silva** (revisión sección 2.4).

Capítulo 3 y 4:

Luisa Saavedra Löwenberger (autora principal), **Claudio Silva** (autor sección 3.2).

Capítulo 5 y 6:

Luisa Saavedra Löwenberger (autora principal), **Luis Antonio Cuevas** (autor principal).

Capítulo 7:

Luisa Saavedra Löwenberger (autora principal), **Andrés Marín Ricke** (autor principal).

Un agradecimiento especial a las y los pescadores(as) y acuicultores(as) que participaron en el Programa Piloto de Monitoreo Ambiental, realizado en Caleta Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano.

A Okey Comunicaciones por el diseño gráfico y diagramación de este manual.



©Luisa Saa Viedra

Caleta El Manzano, región de Los Lagos.

1. Introducción

1.1 Antecedentes

Actualmente existe una gran preocupación por las consecuencias que podría tener el incremento de los niveles de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico sobre los océanos. Nuestros océanos absorben aproximadamente el 30% de las emisiones globales de CO₂ y el 80% del calor generado por el creciente aumento de los gases de efecto invernadero, lo que atenúa el impacto del incremento de estos gases en la atmósfera, pero a la vez produce cambios importantes en las propiedades físicas y químicas del océano (Bindoff *et al.*, 2019). Estos cambios podrían afectar a muchas comunidades que habitan las zonas costeras, y que dependen de los servicios ecosistémicos que les provee el océano. Considerando la extensa costa de Chile y su alta dependencia económica del ecosistema costero, es necesario tomar medidas que fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático de los grupos más vulnerables, como los hombres y mujeres de la pesca artesanal y la acuicultura de pequeña escala (MINECON, 2015). Entendemos como “capacidad de adaptación”, el ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes, como el cambio climático. Una de las mejores formas de potenciar la adaptación y elaborar estrategias adecuadas de gestión de los riesgos asociados al cambio climático, es la combinación de los conocimientos científicos con saberes locales y ancestrales, incrementando la comprensión del ecosistema costero y aportando con información concreta y científica que sustente las observaciones que realizan cotidianamente las personas asociadas al sector pesquero.

Por otra parte, se ha propuesto que para reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación del sector pesquero y acuicultor de Chile, es necesario fortalecer su conocimiento y sensibilizar sobre los efectos del cambio climático en el ambiente en el cual llevan a cabo sus actividades y cómo esto a su vez afecta a los recursos pesqueros que extraen. Esta sensibilización y comprensión de la variabilidad del ambiente se ve fortalecida a través de la observación o monitoreo del ambiente costero (FAO, 2016). Es así como uno de los desafíos para estas comunidades es contar con las herramientas suficientes para generar su propio sistema de monitoreo del medio marino, lo que apoyará sus decisiones en las actividades productivas, así como poseer información concreta y sistematizada para respaldar sus observaciones de los eventos o procesos que suceden en la costa. Como ejemplo citamos las palabras de un pescador/ra artesanal del norte de Chile quien señala que *“el tema ambiental es el más importante porque si nosotros no tratamos de entender nuestro entorno donde trabajamos, no nos sirve de nada... por esto necesitamos generar autonomía para levantar nuestros propios datos”*.

1.2 Objetivos del manual y público objetivo

Dada la necesidad nacional de contar con monitoreos ambientales que apoyen la actividad de la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala, como estrategia de adaptación al cambio climático, se presenta este manual teórico-práctico que busca entregar las bases necesarias para diseñar y llevar a cabo un monitoreo ambiental básico y que pueda ser incorporado en las actividades cotidianas de hombres y mujeres de la pesca y la acuicultura.

El manual recoge la experiencia realizada en cuatro caletas piloto de Chile: Riquelme, Tongoy, Coliumo y El Manzano, en las que se diseñó participativamente un monitoreo de variables ambientales asociadas al cambio climático, y que son relevantes para la actividad pesquera y acuícola local. Este manual está dirigido a instructores y/o facilitadores que puedan diseñar e implementar un sistema de monitoreo en conjunto con las comunidades costeras, así como para ser utilizado por dirigentes locales, organizaciones comunitarias y otras instituciones para que se familiaricen con la metodología necesaria para la implementación del monitoreo, y si es el caso, replicar estas metodologías en otras caletas a lo largo de la costa de Chile.

2. Conceptos claves

2.1 Variables ambientales relevantes para la pesca y la acuicultura de las Caletas

La información generada por la comunidad científica nacional e internacional, ha demostrado que los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas costeros están generalmente relacionados con variables ambientales como, la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, intensidad del viento, frecuencia de marejadas, y el nivel del mar (Bindoff *et al.*, 2019). Aun cuando, el cambio del grado de acidez del agua de mar, o pH, no es una consecuencia directa del cambio climático, sino más bien del incremento de CO₂ en la atmósfera y la absorción por parte del océano, el pH se ha constituido en una variable interesante de ser considerada en los programas de monitoreo tanto de la zona costera, como oceánica.

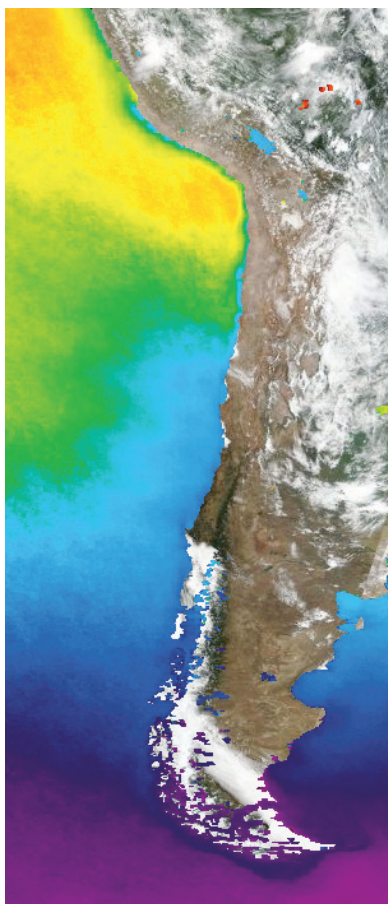
Sin embargo, a partir de nuestro análisis, se ha considerado que la relevancia relativa de cada una de estas variables para la pesca y acuicultura dependerá de varios factores, entre los que se cuentan: (I) la ubicación geográfica, (II) los recursos pesqueros que se cultivan y extraen, (III) el desarrollo acuícola en la zona, (IV) el tipo de pesquería que se realiza (costera y oceánica), y finalmente (V) las capacidades (técnicas y financieras) existentes para realizar este monitoreo. Para poder seleccionar las variables más relevantes para cada zona geográfica, primero es necesario conocerlas y entender qué procesos o fenómenos naturales pueden generar cambios en el tiempo y el espacio en ellas.

2.1.1 Temperatura

La temperatura es una variable ambiental que se define como la medida de la magnitud de calor que posee un cuerpo de agua. Esta variable depende directamente de la radiación solar y la latitud de un área geográfica determinada. Por ejemplo, en la Línea del Ecuador la temperatura superficial del agua se eleva hasta los 30°C, mientras que en los polos disminuye incluso bajo los 0°C. A lo largo de Chile se puede observar claramente este gradiente latitudinal mediante imágenes satelitales de temperatura superficial del mar (Figura 1). De igual forma, la temperatura varía con la profundidad, ya que las aguas más profundas no reciben directamente la radiación del sol, en consecuencia, son más frías que las aguas superficiales. En las costas de Chile, la temperatura de la columna de agua varía de acuerdo a la estación del año, siendo homogéneamente más frías en invierno, mientras que en las estaciones más cálidas se tiende a generar una capa más cálida en la superficie (estratificación) (Figura 2). Sólo en ciertas zonas donde el derretimiento de los hielos, aporta

con aguas muy frías en la superficie, se da un fenómeno conocido como “inversión térmica”, donde las aguas de la superficie son más frías que las de mayor profundidad. Igualmente, la temperatura depende de la latitud, la profundidad, la topografía costera y submarina, las corrientes marinas y la circulación atmosférica. Aun cuando todas las variables ambientales tienen una menor o mayor influencia en los organismos marinos, la temperatura ha sido una de las más estudiadas, en el contexto de su influencia sobre la biología de las diferentes especies que habitan el océano y que finalmente determina su distribución espacial / geográfica.

FIGURA 1

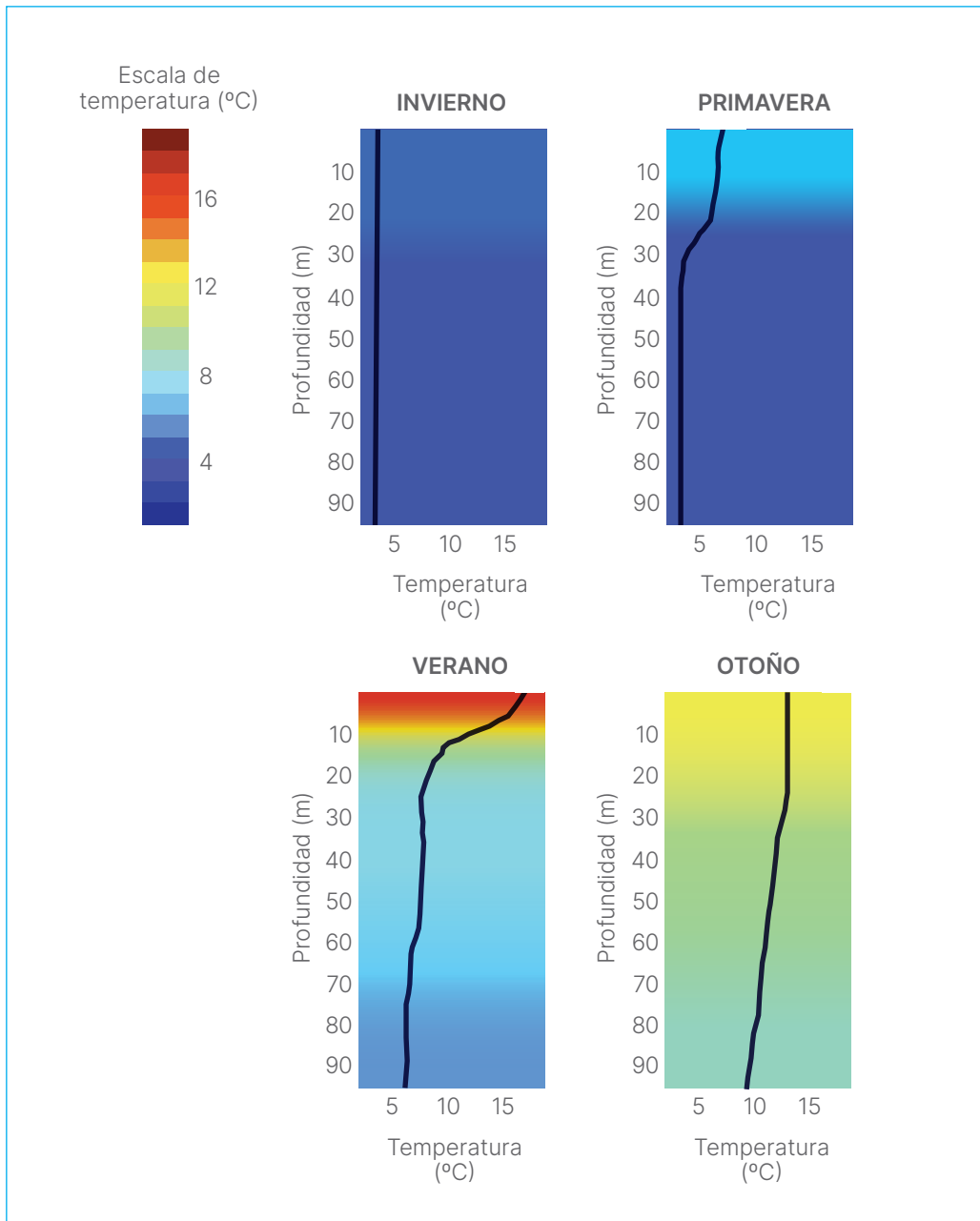
Imagen satelital de la Temperatura superficial del mar frente a Chile

Nota: Promedio anual 2018, MODIS L3 SST capa de 4km

Fuente: NASA, 2020. <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

FIGURA 2

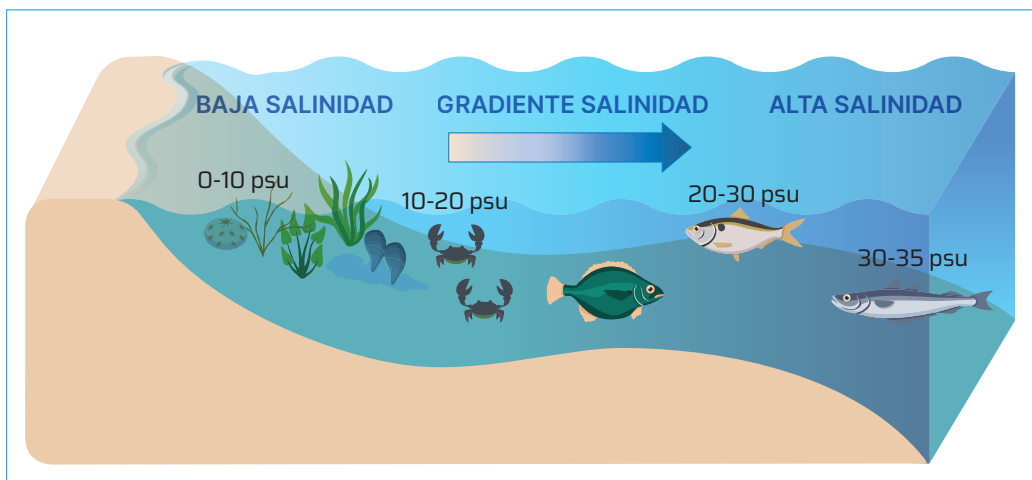
Variación de la temperatura con la profundidad de la columna de agua (perfil de temperatura).
Ejemplo de diferencias generales entre estaciones del año



2.1.2 Salinidad

La salinidad es definida como la cantidad de sales disueltas en el agua. Las sales son compuestos tales como el cloruro de sodio, sulfato de magnesio, potasio y bicarbonato de sodio, entre otros que se encuentran en menor concentración. La salinidad es una variable muy importante cuando queremos caracterizar las propiedades físico-químicas del agua de mar, así como un agente que influencia los procesos biológicos (fisiología de los organismos marinos), y que finalmente determina la distribución de las especies, dependiendo de su tolerancia a aguas menos o más salinas. Junto a la temperatura y la presión, determina la densidad y la capacidad calórica del agua. La salinidad típica del océano es de aproximadamente **34 a 35 psu**, mientras que cerca de la costa disminuye, especialmente cerca de la descarga de agua dulce de ríos o arroyos, o resultante del derretimiento de glaciares y témpanos que llegan al mar (e.g. Patagonia o la Antártica). Esta disminución de la salinidad cercana a estas fuentes de agua dulce se da por un proceso natural de dilución. La salinidad del agua dulce es cercana a 0, mientras que en la costa varía entre 25 y 34 psu (Figura 3). Además de la cercanía con los ríos, la salinidad varía con la profundidad, ya que el agua menos salina es menos densa, por lo que está en la superficie.

FIGURA 3
Gradiente de salinidad en una zona costera influenciada por ríos,
humedales u otros aportes de agua dulce



Es importante señalar, que en las aguas de baja o nula salinidad se utiliza la medición de **Sólidos disueltos totales** (TDS) para determinar la calidad del agua (Cuadro 1). En términos prácticos los TDS en agua limpia son aproximadamente iguales a la salinidad, y en aguas contaminadas los TDS pueden incluir solutos orgánicos además de las sales. Por lo tanto, la medición de los TDS se utiliza como indicador de calidad del agua potable. Para el caso de Chile el nivel máximo de TDS en agua potable es de 1500 mg/L.

2.1.3 Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno disuelto disponible en el agua. Es una variable muy importante ya que la mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir y crecer. Algunas especies necesitan altos niveles (ej. Salmón), mientras que otros no requieren niveles tan altos (ej. Merluza común) (Figura 4). El oxígeno al ser un gas, depende de la temperatura, ya que al aumentar ésta, disminuye el oxígeno. Por lo tanto, las **masas de agua fría tienen más oxígeno**, mientras que las aguas más cálidas poseen un bajo nivel de oxígeno. El oxígeno disuelto también depende de la presión, del contenido de sales y de la actividad biológica. Las aguas con una alta cantidad de algas y/o bacterias tendrán menos oxígeno.

El oxígeno disuelto se mide como la concentración o cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada. Se representa en miligramos por Litro (mg/L) o como porcentaje de saturación (%). Cuando el agua contiene todo el oxígeno disuelto a una temperatura dada, se dice que está 100% saturada.

Aguas con valores de oxígeno < 2 mg/L son consideradas generalmente dañinas para los organismos marinos, y se les llama aguas hipóxicas, el efecto de estas aguas sobre los

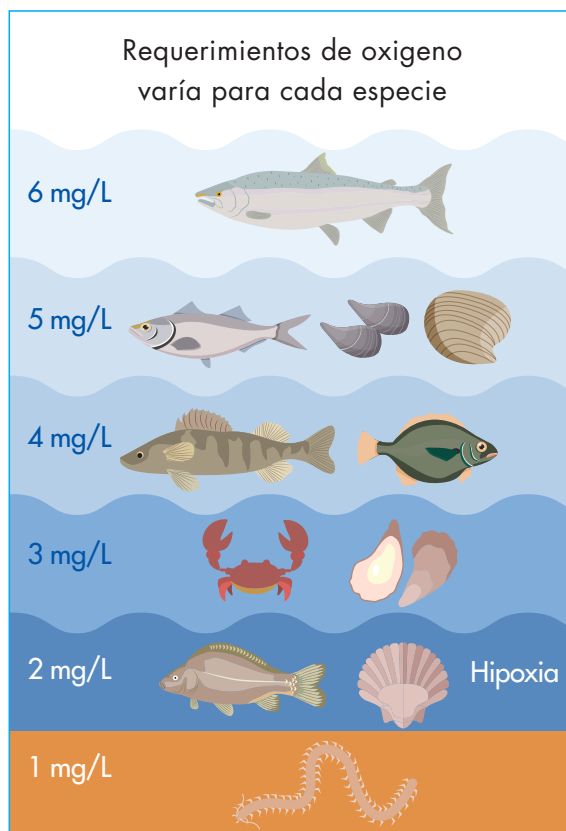
CUADRO 1

Rango de Sólidos Disueltos Totales para diferentes tipos de agua

Tipo de agua	Rango TDS (mg/L)
Agua dulce de buena calidad	< 500
Agua dulce de baja calidad	500 – 1 500
Agua estuarina	1 500 – 5 000
Agua salada	> 5 000

organismos dependerá del tiempo en que se mantengan en ellas. Por efecto del cambio climático, el oxígeno disuelto en el agua de mar está disminuyendo a nivel mundial, debido al aumento de la temperatura del océano.

FIGURA 4
Esquema que ejemplifica la tolerancia a concentraciones de oxígeno para diferentes especies marinas

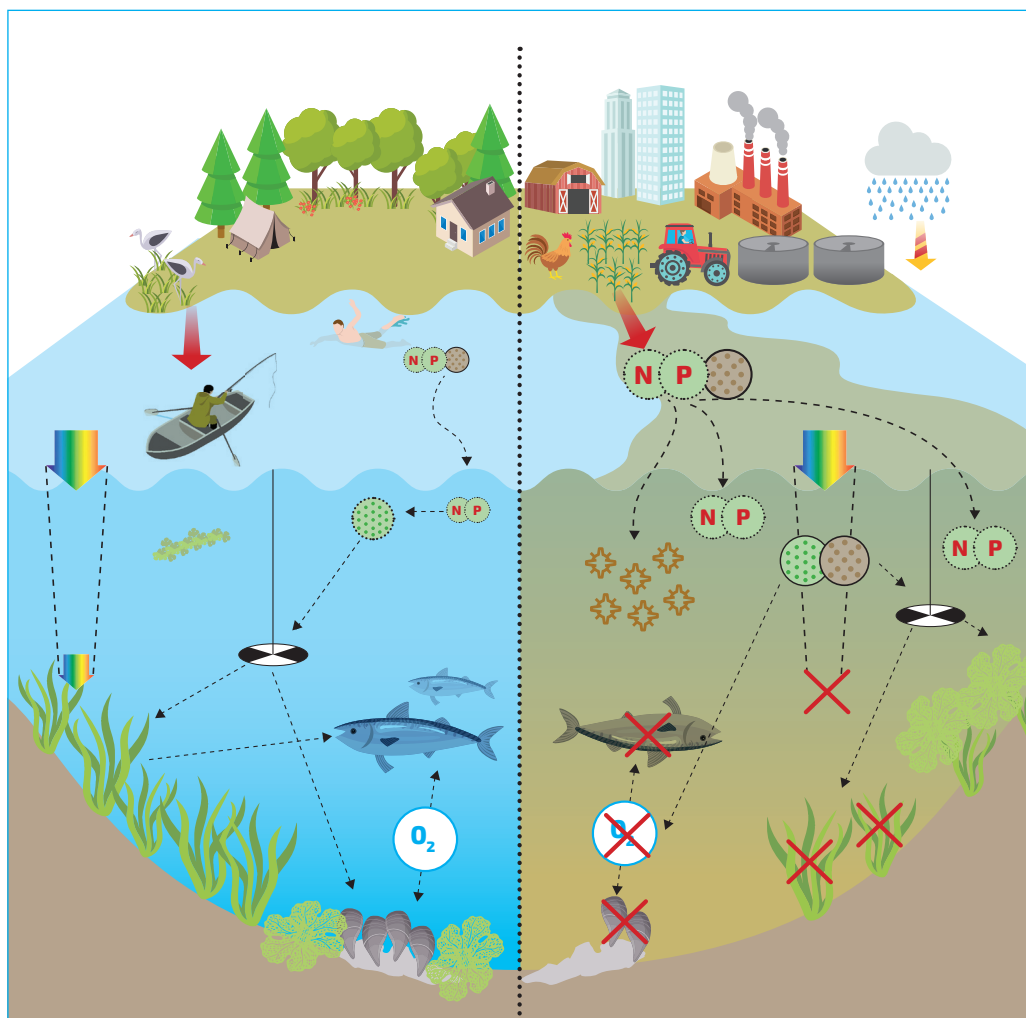


2.1.4 Turbidez

Disminución de la transparencia de un líquido por la presencia de sustancias insolubles, en otras palabras, cuando se hace pasar un haz de luz a una muestra de agua con presencia de partículas, éstas desvían el haz de luz. La turbidez y los sólidos totales pueden aumentar debido al crecimiento de microalgas, el desove de especies del fondo ('liberación de sus huevos al medio'), por resuspensión de sedimentos del fondo durante una tormenta, y por el aporte de sedimentos transportado por los ríos o esteros que llegan al mar. Ambos también pueden aumentar en respuesta a actividades humanas tales como contaminación del agua

incluyendo la industrial, agrícola y residencial. Una mayor turbidez y sólidos en suspensión pueden reducir la calidad del agua mediante la absorción de calor, causando aumento de temperatura y una disminución correspondiente en los niveles de oxígeno (Figura 5).

FIGURA 5
Ejemplificación de aumento de turbidez en la zona costera,
producto del aporte de nutrientes por actividades antropogénicas
y los efectos sobre la biota y otras variables ambientales como el oxígeno



Fuente: Integration & Application Network, 2020. <http://ian.umces.edu/imagelibrary/register.php>

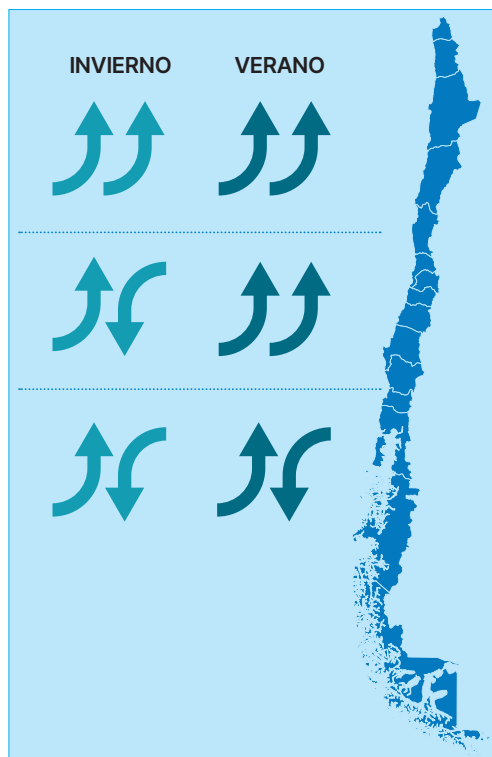
2.1.5 Viento

Se considera como **viento** al movimiento del aire debido a las diferencias de presión atmosférica. Como cualquier fluido (gas o líquido), el movimiento va desde altas a bajas presiones. A su vez, la presión de la atmósfera depende fundamentalmente de la temperatura que tiene el aire en un lugar y en un momento determinado. A mayor temperatura menor presión y viceversa. Así, el aire tiende a **fluir desde regiones de alta presión (frías) a las de baja presión (calientes)**. Hay que distinguir entre vientos locales como la briza marina, donde lo dicho anteriormente se cumple, de vientos que son afectados por la rotación del planeta, como el viento norte de los temporales o los vientos alisios en las zonas tropicales. Sin darnos cuenta, nuestro planeta gira de oeste a este (esto explica la sucesión de días y noches), lo que cambia la dirección del viento. Cuando esto ocurre, el viento fluye con alta presión a la izquierda del movimiento. Por último, el viento tiende a canalizarse por la topografía (ej. a lo largo de un valle).

El viento tiene dos características: dirección e intensidad. La dirección se mide en grados e indica **desde donde proviene** el viento, mientras que la intensidad o rapidez se mide en metros por segundo o en nudos (2 nudos~ 1 m/s)

Chile se puede separar en tres grandes zonas según el carácter de los vientos que influyen en la costa. Desde la Región de Coquimbo hacia el norte, el *viento suroeste* sopla sostenidamente durante todo el año. Desde la Región de Valparaíso hasta la del Biobío el viento del suroeste es persistente solamente en primavera y verano, ya que el paso de los temporales de invierno trae vientos del *norte*. Al sur de la Región del Bío Bío hay vientos de todas las direcciones todo el año, pero predomina el viento del norte (Figura 6).

FIGURA 6
Representación general de la dirección predominante de los vientos en la zona costera y oceánica frente a Chile



El viento modela la intensidad y dirección de las corrientes superficiales del océano. En Chile, el viento suroeste es el responsable de los eventos de **surgencia costera**, que es el proceso por el cual el *viento suroeste*, con la ayuda de la rotación de la tierra, empuja el agua superficial mar afuera, obligando al agua profunda (fría y rica en nutrientes) a acercarse a la costa. La entrada de estas aguas ricas en nutrientes fertiliza la costa y son el sustento de la tremenda riqueza pesquera que existe en Chile y Perú. Es por esta razón que este proceso es también conocido como afloramiento costero.

2.1.6 Marejadas

Las marejadas son un tipo de oleaje que se manifiesta en las zonas costeras, por efecto de la acción del viento local o generado en otro lugar del océano. Las olas pueden viajar cientos o miles de kilómetros, afectando durante varios días a las distintas actividades que se llevan a cabo en la zona costera (pesca, acuicultura, transporte, recreación, etc.). Generalmente

este tipo de oleaje tiene una intensidad mayor que la habitual (evento extremo), llegando en algunos casos a provocar erosión de playa, y considerables daños en la infraestructura de la zona costera. Cuando las marejadas son generadas mar adentro por la acción del viento, dicho viento es intenso y sostenido, producto de tormentas que se pueden desarrollar en lugares tan remotos de la costa chilena como el frente Polar Antártico. No obstante, las marejadas pueden cruzar los océanos y llegar finalmente a la costa. Debido al cambio climático, el viento que genera las marejadas, y otros procesos oceanográficos como El Niño, parece intensificarse siendo cada vez más compleja su predicción, aunque hay un alto grado de consenso respecto a que la frecuencia e intensidad de eventos oceanográficos y climáticos asociados al viento se incrementará debido al cambio climático.

2.1.7 Acidez del océano (pH)

El pH es una variable que a menudo resulta difícil de definir, pero es muy fácil de ejemplificar. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad (basicidad) de una solución. La escala de pH varía típicamente de 0 a 14, siendo ácidas aquellas sustancias con un pH menor a 7, neutras con un pH de 7, y básicas o alcalinas, aquellas con un pH que fluctúa entre 7 y 14. Sorprendentemente, el pH del agua de mar es más básico, o alcalino, con un pH superior a 7.5, debido al consumo de un elemento conocido como carbonato (usado por organismos para construir sus estructuras calcáreas, o "conchas"), que hace que en el océano el pH sea levemente alcalino. En el océano abierto, lejos de la costa el pH observado típicamente varía entre 8 y 8.3. Sin embargo, en las zonas costeras, no es extraño encontrar un pH más bajo, y que fluctúa entre 7.5 y 8. Esto se debe a que las zonas costeras se ven afectadas por diversos procesos, como las descargas de agua dulce de los ríos, arroyos, derretimiento de hielos, que hace que algunos constituyentes del agua de mar se diluyan, y haciendo así que el pH en aguas de la zona costera sea levemente más bajo que en el océano abierto. Otro fenómeno que modifica el pH, es el incremento o disminución de dióxido de carbono (CO_2) en el agua de mar por procesos naturales. En la noche, producto de la respiración de los organismos marinos (plantas y animales), el CO_2 incrementa y el pH desciende; mientras que en el día, y especialmente cercano a bosques de algas que hacen su fotosíntesis, éstas absorben el CO_2 generando un efecto contrario, y haciendo que el pH aumente.

2.2 Variabilidad ambiental y climática

Para lograr una mayor comprensión del cambio climático y sus potenciales efectos en los ecosistemas costeros del país, es necesario entender la variabilidad ambiental que caracteriza al sistema costero en Chile. La *variabilidad ambiental* ocurre tanto a lo largo del tiempo (horas, días, semanas, años, etc), como del espacio (metros, kilómetros) siendo distinta en la zona costera del norte y del sur del país. Por lo tanto, es ideal que cada zona realice su propio registro ambiental, ya que la variabilidad del ambiente puede ser diferente en escalas espaciales relativamente pequeñas (ej. decenas de km). Dentro de una misma bahía o porción de una zona costera, por ejemplo, las condiciones de temperatura y oxígeno pueden variar notoriamente entre un punto y otro, debido a la forma de la costa, la circulación del viento o las características del fondo marino (batimetría).

La variabilidad climática está regulada en gran parte por la estacionalidad que se encuentra típicamente en estas latitudes de la tierra. Esto implica que se presente una mayor temperatura del agua superficial durante el verano y menor en invierno, así como una mayor salinidad en verano que en invierno en los primeros metros de la columna de agua. Sin embargo, existen diferencias a lo largo de la costa de Chile, debido a que en la zona norte y centro se genera un proceso natural, causante de que las aguas superficiales se enfríen en primavera y verano. Este proceso natural se denomina **Surgencia costera** y consiste en la elevación de aguas profundas (frías, ricas en nutrientes y más saladas) por efecto del Viento Sur que se presenta típicamente durante el periodo estival (verano) en la zona central y durante todo el año en el norte.

La variabilidad ambiental del ecosistema costero también se ve alterada cada cierto tiempo por efecto del **ENSO (El Niño-Oscilación del Sur)** que es un proceso regular del sistema climático del océano Pacífico, cuyos efectos tienen alcance global (Figura 7). Este patrón climático se caracteriza por presentar dos fases opuestas, una cálida (El Niño) y una fría (La Niña) (Figura 8), las cuales se generan en distintas áreas del Pacífico ecuatorial debido a fluctuaciones del viento predominante (alisios). Luego de generarse en la zona ecuatorial, estas anomalías térmicas (cálida/fría) se desplazan hacia los polos por la costa de América del Sur/Norte. Durante la fase cálida (El Niño) se observa un incremento en el patrón normal de precipitaciones y un aumento de la temperatura del mar, mientras que en la fase fría (La Niña) con mayores precipitaciones y menor temperatura superficial del mar.

FIGURA 7
Esquema del funcionamiento del ENSO en el océano Pacífico

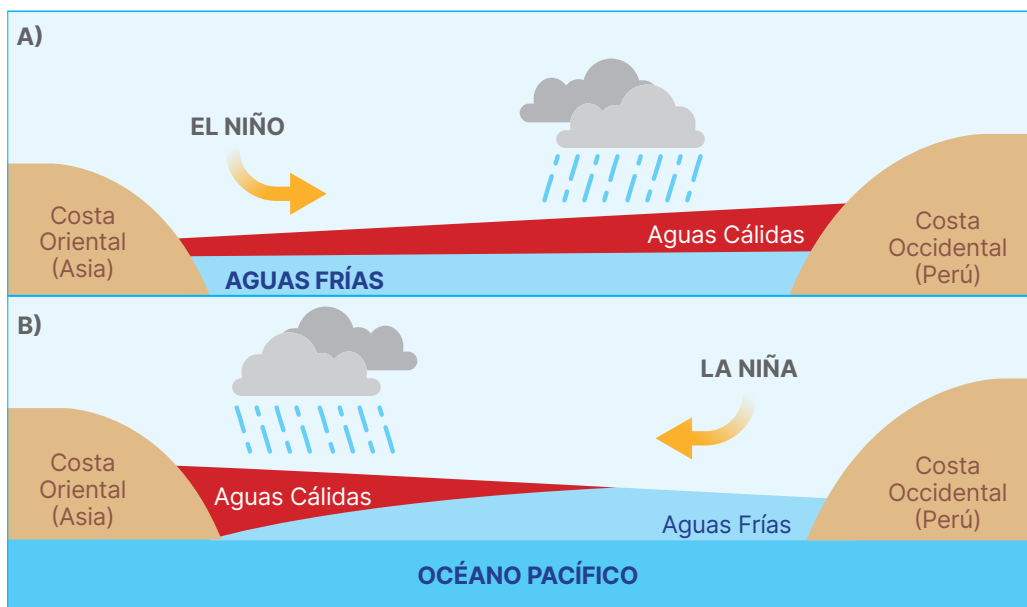
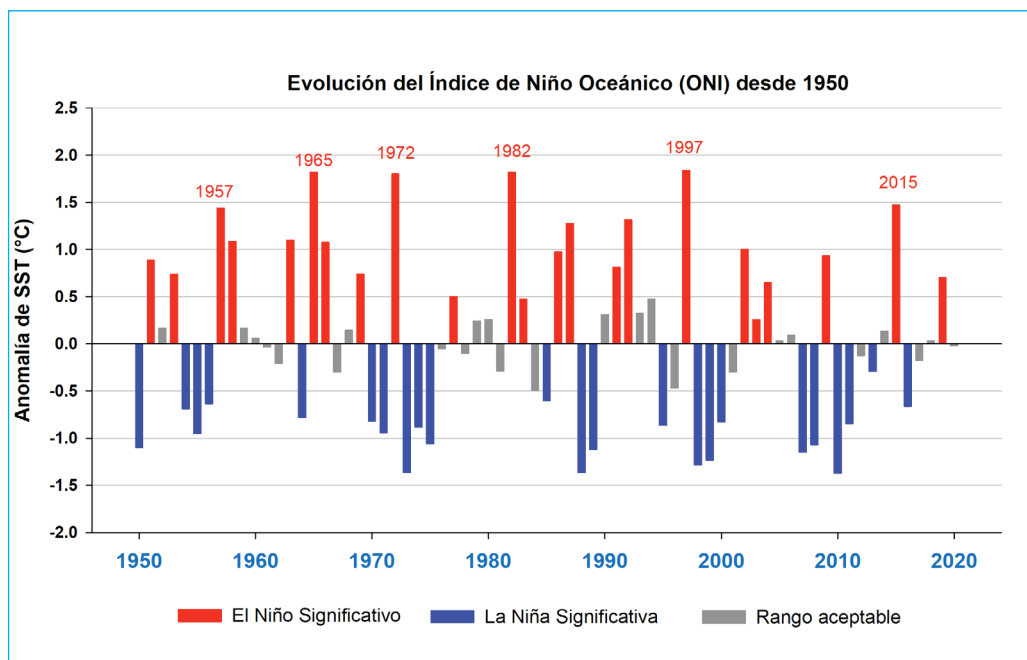


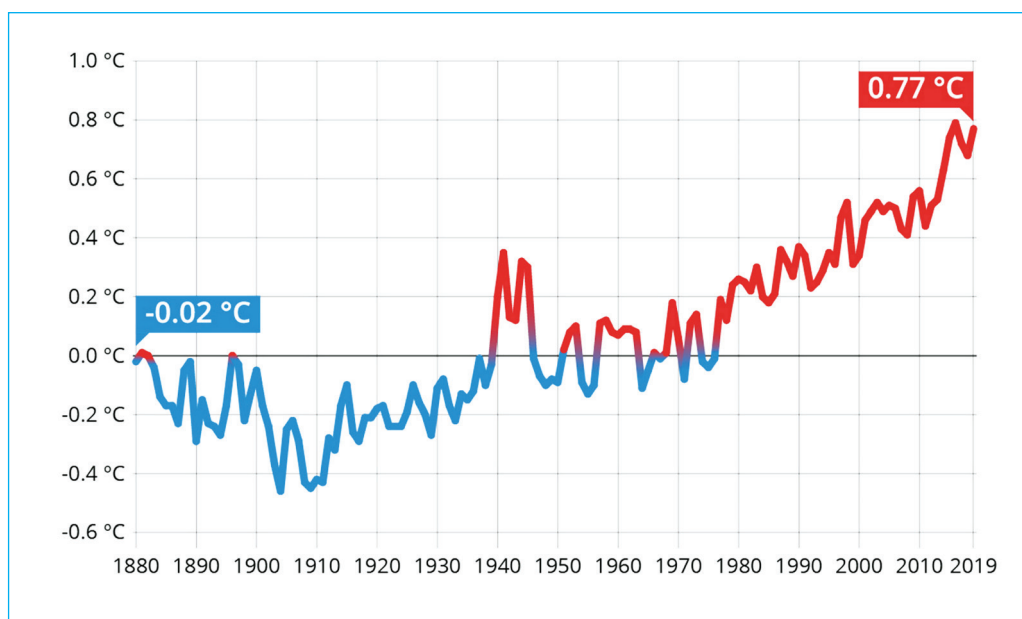
FIGURA 8
Serie de tiempo con eventos Niño y Niña ocurridos desde 1950



Fuente: Modificado de NOAA, 2020, National Weather Center.

A diferencia de la variabilidad ambiental que puede alcanzar hasta una decena de años, el **cambio climático** considera la variabilidad en las condiciones ambientales a una escala de tiempo mucho más larga. La Tierra, ha experimentado varios episodios de cambio climático en sus más de 4600 millones de años, sin embargo, a diferencia de los anteriores, el actual cambio climático es forzado por el ser humano, principalmente a través del uso de combustibles fósiles y la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono (CO_2). A raíz de esto no solo el planeta y el océano son más cálidos que, por ejemplo, el periodo geológico más reciente durante la última glaciación o “Edad del Hielo”, sino que el océano es más ácido y con menos oxígeno (Figura 9). Es importante tener presente que como resultado de los efectos del cambio climático, la variabilidad ambiental natural de la zona costera también se verá afectada, repercutiendo a la vez en las actividades socioeconómicas, infraestructura y sustentabilidad de esta zona (Barange *et al.*, 2018).

FIGURA 9
Anomalía de temperatura superficial del océano global respecto al promedio del siglo 20 (1880 a 2019)



Fuente: NOAA, National Centers of Environmental information, 2020.

<https://www.statista.com/chart/19418/divergence-of-ocean-temperatures-from-20th-century-average/>

2.3 Cambio climático en la costa de Chile

2.3.1 Temperatura del mar

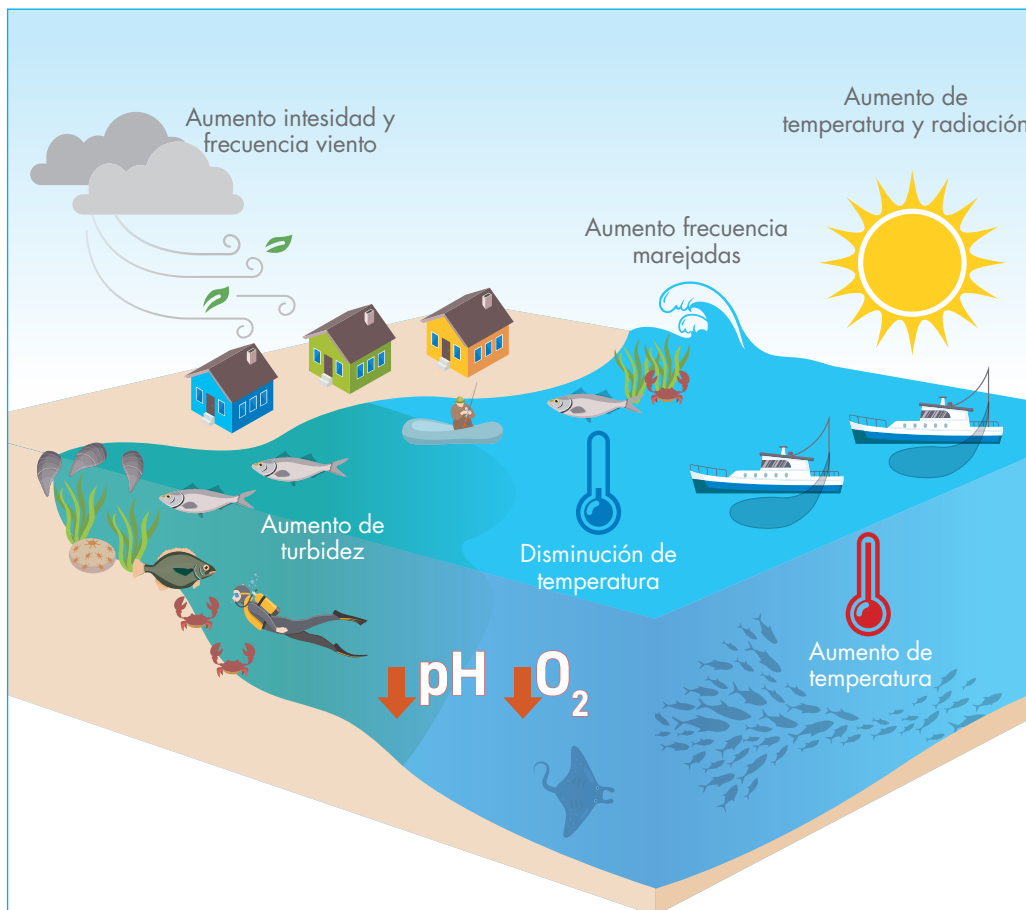
El cambio climático está afectando las variables ambientales relevantes para la vida de los organismos marinos, así como las condiciones oceánicas en la costa de Chile. El incremento de la temperatura del océano podría generar efectos negativos e indeseados sobre los sistemas biológicos o ecosistemas. Los organismos marinos, tanto animales como vegetales, son muy sensibles a los cambios en temperatura. Por ejemplo, un incremento de solo 1 °C o 2°C puede poner en riesgo la sobrevivencia de especies microscópicas (plancton), que se encuentran en la base de la cadena trófica, afectando así a las especies que se alimentan de él (ej. peces y mamíferos).

Al igual que el resto del planeta, el océano se está calentando y la costa de Chile no es la excepción. Sin embargo, la evidencia científica indica que esta región del océano global lo haría a una tasa de calentamiento menor que el resto del océano, o incluso que la Corriente de Humboldt se estaría “enfriando” (Figura 10) (Falvey y Garreaud, 2009). Este enfriamiento de la costa se ha relacionado principalmente con un **fortalecimiento de la surgencia costera** producida por los vientos sur predominantes (Garreaud y Falvey, 2009).

En el contexto del cambio climático y el aumento progresivo de la temperatura del mar, se prevé una tropicalización en la costa norte de Chile. En este contexto, es importante saber, que todo cambio en la temperatura afecta directamente el hábitat de las especies, por lo que se espera observar cambios en la distribución de algunas de ellas. Las más tolerantes permanecerán, para co-habitar con nuevas especies provenientes del trópico, mientras que las menos tolerantes migrarán hacia aguas más frías (Yáñez *et al.*, 2017).

El cambio climático está produciendo, además, las **Olas de Calor Marinas** (Marine heatwaves). Durante el período 1982 a 2016, estas olas de calor han duplicado su frecuencia y se han vuelto más duraderas, más intensas y más extensas (Oliver *et al.*, 2018). Al respecto, en Chile ya se manifestó un evento de olas de calor marinas que duró entre enero y agosto de 2019, y abarcó el área oceánica comprendida entre los 75°-120°W y 30°-55°S (entre Coquimbo y el Cabo de Hornos).

FIGURA 10
Esquema de los diferentes efectos del cambio climático
y la acidificación del océano sobre la costa de Chile



2.3.2 El Niño

Producto del cambio climático, se prevé que El Niño o la fase cálida de ENSO sea más frecuente y variable (Farías *et al.*, 2019, Cai *et al.*, 2015; 2018). Esto implica que eventos El Niño de variable intensidad afectarán la costa de Chile. El aumento de la temperatura del mar producto de El Niño aumenta considerablemente las precipitaciones sobre el continente incrementando el riesgo de desastres naturales. Hacia el sur, El Niño puede, además, modificar las descargas de agua dulce de los ríos a la zona costera. Este efecto ha mostrado ser más evidente en la zona costera entre Concepción y Valparaíso, mostrando una intensificación en el área que cubren las plumas generadas por las descargas de los ríos durante años El Niño. El Niño también afecta significativamente la estructura biológica y productividad de la costa de Chile, modificando las características de la columna de agua, mediante el aumento de la temperatura. Estas modificaciones interrumpen el suministro de nutrientes para el fitoplancton, reduciendo la productividad y modificando la estructura biológica del sistema. Largas cadenas de diatomeas, zooplancton como krill y copépodos de gran tamaño, así como pequeños y abundantes peces pelágicos (sardina/anchoveta), son reemplazados por fitoplancton y zooplancton de pequeño tamaño y organismos gelatinosos. El transporte hacia el sur de aguas de mayor temperatura y salinidad asociadas a El Niño, perturban además el hábitat y fisiología de especies bentónicas que tienen menor posibilidad de escape. Esto tiene particular relevancia para la industria de la acuicultura, dada la poca movilidad de los cultivos. Por contrapartida, la fase fría del ENSO (La Niña) tiende a restablecer la dinámica ambiental y estructura biológica típica del sistema de surgencia.

2.3.3 Corrientes costeras

Nuevos antecedentes científicos han mostrado que el cambio climático podría generar cambios en la intensidad de las corrientes costeras, haciendo que éstas tengan una mayor velocidad. Este fenómeno pareciera estar asociado a cambios en la dirección y velocidad del viento, que es el principal agente modulador de las corrientes superficiales, y también a cambios en la ubicación de frentes termales entre el Ecuador y los Polos. Cuando estos frentes se mueven pueden producir cambios en la velocidad de las corrientes costeras, lo cual afecta directamente a las poblaciones de especies marinas que tienen reclutamiento en la costa. Los cambios en los patrones de las corrientes marinas pueden tener importantes consecuencias a nivel biológico, dado que constituyen un mecanismo de transporte de los primeros estadíos o larvas de organismos marinos, y al cambiar su dirección y/o velocidad, pueden generar una pérdida poblacional, al transportar a organismos fuera de las zonas donde típicamente estas larvas llegaban y pasaban a formar parte de la población (reclutamiento). Existen además, evidencias de un aumento de la intensidad de los vientos del sur, generando

una intensificación del proceso de surgencia o afloración costera frente al norte y centro de Chile, lo que inyecta aguas más profundas y frías a la parte superior de la columna de agua (Schneider *et al.*, 2017).

2.3.4 Concentración de oxígeno

El contenido de oxígeno de los océanos ha disminuido alrededor de un 2% desde mediados del siglo XX a nivel mundial (Bindoff *et al.*, 2019). Esto se produce por efecto del aumento de la temperatura (aguas más cálidas poseen menos oxígeno) y por el aumento de la producción biológica producto del ingreso de nutrientes en la costa. Considerando que gran parte de la costa de Chile, desde el centro sur al norte del país, se encuentra en una región del océano donde la concentración de oxígeno disuelto en el agua es naturalmente baja, conocida como Zona de Mínimo de Oxígeno (ZMO), el cambio climático contribuye a que la ZMO se expanda hacia aguas más profundas y horizontalmente hacia zonas cercanas a la costa (Cabré *et al.*, 2015). Cambios en la ubicación de esta ZMO pueden generar mortalidad y varazones masivas de organismos marinos debido a la falta de oxígeno para sus procesos vitales.

Adicionalmente, el incremento en la intensidad y frecuencia de eventos de surgencia costera en algunas zonas del centro y norte de Chile, podría generar no solo una disminución de la temperatura en la zona costera, sino también un incremento en la acidez del agua de mar y una disminución en la concentración del oxígeno disuelto (Figura 10) (Farías *et al.*, 2019).

2.3.5 Nivel del mar

El cambio climático y el subsecuente calentamiento global genera que el nivel del mar se eleve debido a dos factores principales: (i) que el hielo en las plataformas continentales se derrita y (ii) que el agua del océano se expande al calentarse. Antecedentes indican que en el periodo 1993–2007, la contribución de la expansión térmica al aumento del nivel del mar, fue de aproximadamente el 30%, mientras que la del deshielo continental fue cercana al 55%. Sin embargo, estos datos parecen indicar que el deshielo de las regiones continentales se está acelerando alarmantemente, y esta contribución podría alcanzar valores mucho más altos. Las regiones y ciudades más afectadas en nuestro país debido a la subida del nivel del mar serán probablemente las ubicadas cerca de deltas de ríos, y aquellas localizadas a unos pocos centímetros sobre el nivel del mar. Los informes generados por los científicos (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC) vaticinan que, en el mejor de los casos, pudiera ocurrir un aumento de 20 a 30 cm en el nivel del mar para el año 2050 y

de 43 a 50 cm para el año 2100, siempre y cuando disminuyamos las emisiones de CO₂ (IPCC, 2019). Sin embargo, si nuestros intentos fracasan y una fracción significativa de los hielos de la Antártida se derrite, las predicciones para el año 2100 indican que el nivel del mar podría subir entre 84 cm a más de 2 metros en el peor de los casos. Cabe recordar que ciudades costeras, como Iquique, Talcahuano, o Punta Arenas se ubican a solo 1 metro sobre el nivel del mar (Ministerio del Medio Ambiente, 2019b).

A la fecha este incremento en el nivel del mar no se ha hecho tan evidente para las costas de Chile; y la razón está asociada a que debido a las características geológicas de nuestro país (ubicado en una zona donde la Placa Tectónica de Nazca, se hunde sobre bajo la Placa Sudamericana), se genera un levantamiento o alzamiento de la zona costera, que típicamente ocurre en un período inter-sísmico, es decir, entre terremotos. Como la frecuencia de los terremotos en Chile es de varias decenas de años (30, 50 y hasta más de 100 años en algunas zonas), este levantamiento de la zona costera podría reducir, "temporalmente" los impactos del nivel del mar. Sin embargo, una vez que un evento sísmico de gran magnitud, o terremoto ocurra, la zona costera descenderá y llegará a estar expuesta de forma más evidente a los efectos del aumento del nivel del mar.

2.3.6 Eventos meteorológicos y de oleaje extremos

Recientes estudios han evidenciado que el cambio climático podría tener un efecto significativo en la altura de las olas. Se espera un incremento positivo de la altura de las olas en al menos un 5% de las costas del mundo. Estudios llevados a cabo en Chile reconstruyendo el oleaje de los últimos 50-60 años sugieren que el número de eventos extremos o marejadas en las costas de Chile se ha ido incrementando significativamente, desde 5 a 10 eventos de grandes marejadas al año entre 1960-1970, a valores de 20 a 25 eventos extremos al año entre los años 2010 al 2015 (Campos, 2016). En consecuencia, la frecuencia de estas marejadas está incrementando de un evento cada 2 o 3 meses, a un evento cerca de dos a tres semanas. Junto con este incremento en la frecuencia de marejadas, estudios recientes evidencian un incremento en la altura de las olas y un cambio en la dirección del oleaje, lo cual podría tener grandes implicancias en la dinámica y morfología de las playas de arena, actividades acuícolas y las operaciones portuarias, por ejemplo, en las caletas de pescadores y pescadoras, especialmente en la zona norte y centro de Chile (Figura 10).

2.3.7 Descargas de ríos

Las descargas de agua dulce de los ríos al océano, son muy importantes en el funcionamiento y productividad de los ecosistemas costeros.

¿Se pierde el agua dulce que llega al mar?

Es importante que se sepa que esta aseveración, muy mal usada, no es correcta. De hecho, el flujo de agua dulce al mar es parte de un proceso natural conocido como el “ciclo del agua”. Estas descargas son sumamente importantes, porque contribuyen con nutrientes, materia orgánica, y otros elementos necesarios para la productividad biológica de la zona costera y la preservación de la biodiversidad marina, además juega un rol importante en conservar la geografía de deltas, estuarios y fiordos, como ocurre en la zona austral de Chile.

Períodos de sequías severas, pero de corta duración (<3 años) han ocurrido regularmente en la zona centro-sur de Chile (VI a la IX región) en el pasado (1924, 1968, 1988, 1996). Sin embargo, desde el año 2010, una gran parte de este territorio ha experimentado una sequía ininterrumpida de años secos, la tan denominada “mega-sequía”, la que tiene un componente significativo atribuido al impacto del cambio climático (Garreaud *et al.*, 2017). Desafortunadamente, los escenarios a futuro no parecen favorables, ya que las proyecciones climáticas basadas en modelos numéricos indican un predominio de las tendencias de calentamiento para el resto del siglo XXI. Bajo un escenario de altas emisiones de CO₂, la zona centro-sur de Chile enfrentará una reducción de su precipitación anual de hasta un 30% y un aumento de hasta 2.5 °C de la temperatura media, en relación con el clima actual, disminuyendo así aún más la disponibilidad de agua dulce que llega a los ecosistemas costeros (Aguayo *et al.*, 2019). De hecho, análisis recientes de información histórica de descargas de ríos muestran una reducción en los flujos de agua dulce al mar, especialmente entre la tercera y décima región; mientras que las tendencias parecieran mostrar un incremento en los caudales de los ríos para la zona de la Patagonia, probablemente asociado al derretimiento de los hielos. Sin embargo, y como se ha señalado anteriormente, es necesario tener presente que fenómenos como “El Niño” o “La Niña”, también impactan el flujo de agua dulce al mar y pueden generar diferencias entre años (interanual).

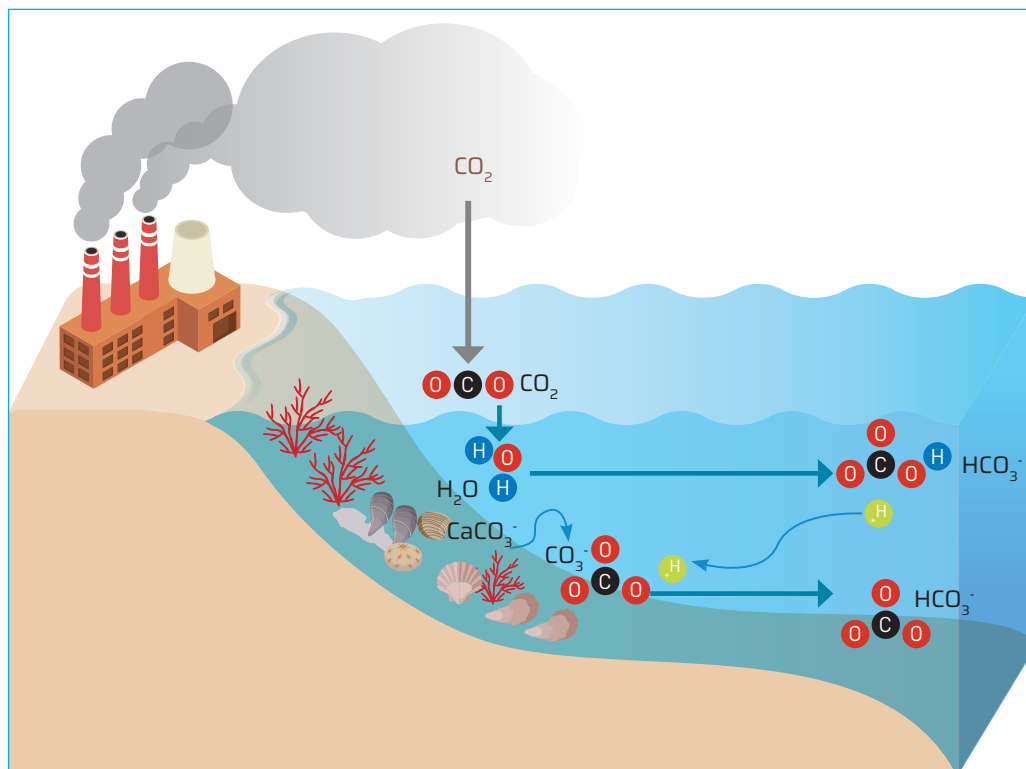
2.3.8 Acidificación del océano

La acidificación del océano, no es más que la disminución lenta y paulatina del pH del océano, a escala de decenas de años, producto de un incremento en los niveles de CO₂ en la atmósfera, que al ser absorbido por el océano, genera una disminución en el pH de éste, a escala global. En consecuencia, la acidificación del océano no es consecuencia directa del cambio climático, sino una resultante del mismo agente causal, el aumento de CO₂ en la atmósfera. En cierta forma es similar a lo que ocurre en las noches cuando las plantas y animales respiran en el mar, pero en este caso, no es por una causa natural, sino por el exceso de CO₂ que el hombre libera a la atmósfera como resultados de sus actividades (e.g. quema de combustibles fósiles, como el petróleo/gasolina, llevada a cabo por vehículos, industrias, aviones, así como el cambio del uso del suelo).

Como la zona costera de Chile presenta aguas con un pH típicamente más bajo (pH 7.5 a 7.8) que el que se observa en el océano abierto (pH 8.0 a 8.3), la acidificación del océano a escala global, pudiera ser un agente adicional en reducir más aún el pH de las aguas en la zona costera (Figura 11).

Sabemos poco sobre la velocidad en que avanza este proceso a lo largo de la costa de Chile, dado que no contamos con programas de monitoreo de largo plazo (al menos más de 10 años) que nos permitan visualizar este proceso, que sabemos por información de otras áreas geográficas, está ocurriendo lentamente en todos los océanos del mundo. Los efectos de esta acidificación del océano no son conocidos del todo. Experimentos indican que la disminución del pH no genera efectos letales, pero sí puede afectar diferentes atributos biológicos, como el crecimiento, alimentación, reproducción, y la calcificación (i.e. proceso de construir “conchas”) de muchos moluscos y otras especies de aguas chilenas. La acidificación de los océanos podría impactar a recursos con conchas o caparazón, como locos, machas, ostiones, choritos, entre otros, así como a la composición del plancton que es la base de la trama trófica (alimento).

FIGURA 11
Esquema del proceso de acidificación del océano



Nota: El dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera, se disuelve y reacciona con el agua produciendo Bicarbonato (HCO_3^-) y liberando hidrógeno, lo que disminuye el pH. Los hidrógenos además reaccionan con el carbonato (CO_3^-) para formar bicarbonato (HCO_3^-), por lo que queda menos CO_3^- disponible para la formación del carbonato de calcio (CaCO_3) de las conchas y esqueletos.

2.4 Implicancias del cambio climático para la pesca y acuicultura

El océano genera más de 150 millones de trabajos en pesca y acuicultura y muchos más empleos indirectos en actividades relacionadas con el mar. Sin embargo, el impacto del cambio climático y la acidificación del océano, amenaza la sostenibilidad de estas actividades productivas, afectando a millones de personas en el mundo que dependen de estos servicios ecosistémicos. El cambio climático está afectando actualmente tanto las operaciones de la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala, como las condiciones ambientales del hábitat esencial relacionado con los parámetros biológicos de los recursos marinos que ellos producen.

2.4.1 Impactos operacionales en la pesca y acuicultura

Uno de los principales problemas operacionales que están sufriendo los hombres y mujeres de la pesca artesanal y la acuicultura de pequeña escala de las comunidades costeras en los últimos años en Chile dado estos cambios físicos del ecosistema, es el **aumento en la intensidad y frecuencia de eventos extremos de viento y nivel del mar**, como las marejadas, meteotsunamis, tormentas, trombas, los que a su vez generan daños estructurales en las caletas y puertos. Estos eventos generan impactos operacionales en sus actividades productivas como la **disminución de los días efectivos de pesca** debido a los cierres de puertos (Ministerio del Medio ambiente, 2019a). De acuerdo a los pronósticos, este problema afectará principalmente a la zona norte y centro de Chile (19°S a 34°S), con importantes repercusiones económicas asociadas a las pérdidas en desembarques (entre 2 y 5% de las capturas actuales). Estos eventos abruptos del nivel del mar asociados al cambio climático, tienen implicancias tanto en la disminución de los tiempos operacionales como en el **aumento de daños en la infraestructura y equipamiento costero**, disminuyendo así la producción e ingresos de las comunidades costeras.

2.4.2 Impactos en el hábitat esencial de las especies relevantes para la pesca y acuicultura

Otro efecto del cambio climático en el ecosistema marino es que modifica las condiciones ambientales (abióticas y bióticas) relacionadas con el hábitat de los recursos pesqueros y acuícolas, pudiendo generar **cambios (migraciones) en la distribución geográfica, abundancia y ciclo de vida de las especies comerciales**.

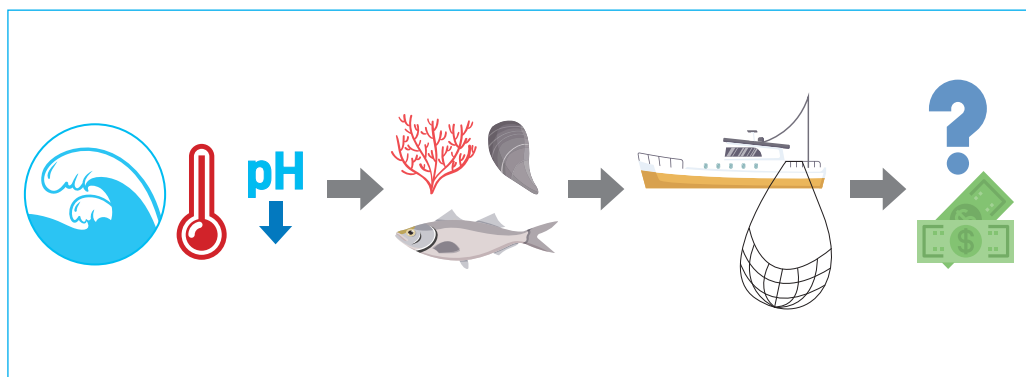
Las especies que habitan una determinada zona costera, se encuentran adaptadas a la variabilidad ambiental “natural” de la misma, por lo que poseen condiciones óptimas para su desarrollo, crecimiento y reproducción. Sin embargo, las alteraciones de estas condiciones “normales” del mar pueden generar efectos sobre los recursos pesqueros y sobre la diversidad de especies que encontramos en las costas de Chile. Tal es el caso del recurso Jurel (*Trachurus murphyi*), que posee un ciclo de vida con un hábitat oceánico para reproducirse frente a Chile central, un hábitat costero de alimentación de los adultos en la zona centro-sur de Chile, y un hábitat de crianza de juveniles al norte de los 30°S en aguas más cálidas (Silva *et al.*, 2016). Durante las condiciones ambientales pre-Niño y Niño se produce una alteración en la distribución del recurso, atrapando a los juveniles en la zona centro-sur de Chile. En relación a la pesquería de este recurso, los modelos de cambio climático propuestos para el país, en los cuales se mantienen los esfuerzos de pesca actuales, sugieren un leve incremento en los desembarques de jurel, mientras que la sardina común y anchoveta podrían disminuir dado

que son especies asociadas a las aguas frías surgentes ricas en productividad biológica. En este sentido, se ha sugerido que una disminución de 0.02°C anual en la Temperatura superficial del mar (TSM) podría aumentar las capturas de anchoveta, pero un aumento en 0.034°C al año generaría notable disminución en la captura (Yáñez *et al.*, 2017).

Para las zonas centro y norte de Chile, el **aumento de la surgencia costera** podría traer consecuencias importantes sobre las actividades pesqueras, y sobre todo para la acuicultura debido al incremento en las condiciones de turbidez, afloramiento de algas nocivas, frío, acidificación y de bajo oxígeno en la columna de agua (Figura 12). Recientes estudios determinan que el tamaño del ostión chileno es altamente determinado por las condiciones ambientales que genera la surgencia en la bahía donde se cultiva, por lo que un aumento en la intensidad de este proceso, podría afectar la industria de este recurso.

Por cierto, estos cambios en las condiciones del hábitat también afectan la calidad del agua y producción de los centros de cultivos, produciendo impactos sociales, económicos, ambientales, sanitarios y generando graves pérdidas monetarias en las comunidades costeras. En relación con los impactos en la acuicultura, la zona sur-austral de Chile se prevé que sería afectada por la **disminución de las precipitaciones y un aumento de la temperatura del aire**. Esta situación reducirá el ingreso de agua dulce al sistema costero, principalmente durante primavera, verano y otoño temprano, lo que podría incrementar los Florecimientos algales nocivos (FAN ó Marea Roja) y las hipoxias (menos oxígeno en el agua) (Iriarte, 2018). Siendo este el escenario más posible, el aumento de la temperatura y

FIGURA 12
Implicancias del cambio climático y la acidificación del océano
sobre los recursos pesqueros/ acuícolas y la economía



la disminución del oxígeno podrían causar, además, un aumento de parásitos asociados a cultivos de peces y/o moluscos. Por otro lado, recientes estudios indican que pueden existir riesgos tanto para la captación y retención de las semillas de choritos (*Mytilus chilensis*), como para el proceso de engorda y cosecha (Farías *et al.*, 2019). En el caso de la captación de semilla se prevé que la reducción en las precipitaciones previstas para la Patagonia norte (bajo el peor escenario de Cambio climático) podría afectar tanto a los bancos parentales como el proceso de transporte de larvas y captación-retención de semilla. Sin embargo, el proceso de engorda se podría ver beneficiado por un aumento en la disponibilidad de alimento producto del aumento de la temperatura del agua. A estos riesgos habría que sumar aquellos relacionados con la acidificación del océano que podría afectar tanto a la captación de semilla como a los procesos de engorda.

Chile también está siendo afectado con mayor frecuencia por **eventos de marea roja**. Durante 2015 y 2016 un fuerte y prolongado evento **El Niño** que tuvo los siguientes impactos en el mar de la Patagonia chilena: reducción del flujo occidental (registro histórico más bajo); persistentes condiciones anticiclónicas en el Pacífico Sudeste y Sud América; disminución en la entrada de agua dulce al sistema; debilitamiento de estratificación en capa superior; aumento en la advección vertical de aguas salinas ricas en nutrientes; y como resultado se incrementa de forma explosiva la floración de *Pseudochattonella cf. Verruculosa*, alcanzando altísimas concentraciones celulares de esta microalga (León-Muñoz *et al.*, 2018).

2.5 Estrategias de adaptación al cambio climático

Para hacer frente a los impactos del cambio climático en la variabilidad ambiental, se han desarrollado acciones que permitan implementar estrategias de adaptación y mitigación de impactos del cambio climático en la zona costera e incrementar la resiliencia (capacidad de mantener la actividad productiva a pesar de los abruptos cambios en las condiciones ambientales). Entre estas acciones, los sistemas de **monitoreo ambiental basados en la comunidad** generan resultados en favor de la sustentabilidad de las comunidades y ecosistemas costeros, ya que permiten que las personas conozcan mejor el ambiente y puedan percatarse de variaciones “anómalas” que afecten los recursos pesqueros y las actividades asociadas a la pesca (Abram *et al.*, 2019, Kipp *et al.*, 2019, Johnson *et al.*, 2018). Esto es especialmente útil para las comunidades que se dedican a la acuicultura, ya que los recursos que cultivan poseen rangos óptimos para su mantención y para obtener una producción eficiente.

Las comunidades costeras en Chile, están conformadas por hombre y mujeres dedicados a la pesca y acuicultura, buceo, recolección de mariscos, algas y moluscos, quienes poseen una

estrecha y continua relación con esta zona y un conocimiento específico asociado a cada actividad, que en muchos casos incluye conocimiento heredado de generaciones previas. Esta experiencia y conocimiento local/tradicional sobre el funcionamiento del ecosistema costero, les permiten reconocer los ciclos naturales y los eventos inusuales o cambios respecto al estado normal de un cierto territorio y sus ecosistemas. En este sentido, se hace necesario fortalecer estas observaciones mediante herramientas que les permitan registrar y sistematizar la información para apoyar la toma de decisiones en sus actividades productivas. Mediante la co-producción de conocimiento en colaboración con investigadores e instituciones públicas, se podrán elaborar participativamente las medidas de adaptación a los cambios globales. Si las comunidades pueden comprender y monitorear las variables ambientales de las que depende su actividad económica, podrán también aportar al desarrollo de la investigación científica al jugar un importante rol en la identificación de los efectos del cambio climático en la zona costera. Es por esto que sus observaciones individuales y colectivas pueden proporcionar información complementaria a los monitoreos oficiales y les permite realizar su propio seguimiento de la variabilidad costera, incrementando su resiliencia ante futuros cambios en el ambiente.

2.6 Concepto de monitoreo utilizado

Un monitoreo se puede definir como un proceso caracterizado por la observación, la toma de datos de manera frecuente y el análisis de la información, para medir cambios en el tiempo generados por procesos, acciones determinadas o para conocer la dinámica de un ecosistema (Linares *et al.*, 2017). Desde siempre el ser humano ha realizado observaciones de su entorno, para apoyar sus actividades sociales y económicas, sin embargo, desde el desarrollo de la tecnología, posee herramientas claves para apoyar estas observaciones, permitiendo hacer registros precisos que nos indican cómo cambia el ambiente en el tiempo y entre distintos lugares. Es así como se pueden generar monitoreos y seguimientos de variables ambientales mediante distintas aproximaciones metodológicas, que van desde la simple observación visual, hasta el registro con instrumentos electrónicos. De esta forma, aunque existen diversas formas de hacer el monitoreo, lo importante es que sea periódico y constante.

El monitoreo ambiental se ha utilizado generalmente para controlar o supervisar una situación que afecta el medio ambiente, o bien la observación o seguimiento en el tiempo, de una variable o parámetro que permita detectar eventuales anomalías. Es por esto que se utilizan frecuentemente para recoger información relacionada con la contaminación o con actividades antropogénicas que pueden afectar los ecosistemas (National Research Council, 1990).

Como se ha señalado en el presente manual, el cambio climático y la acidificación del océano pueden modificar el normal funcionamiento del ecosistema costero, por lo que se debe contar con suficientes observaciones que permitan identificar los cambios e idealmente predecir sus consecuencias para tomar las medidas de manejo adecuadas para cada territorio. Es por esto que surge la iniciativa de implementar **monitoreos ambientales participativos** en algunas caletas de Chile, lo cual permitirá que las comunidades locales puedan realizar y generar el seguimiento de algunas variables oceanográficas relacionadas con el cambio climático. La meta principal es generar un **Sistema de monitoreo participativo** que sea accesible y disponible para todos los y las usuarios(as), especialmente hombres y mujeres de la pesca y acuicultura. Este tipo de monitoreos participativos se utilizan frecuentemente en los programas de conservación de la biodiversidad, ya que permiten involucrar a la comunidad para lograr implementar medidas de conservación de las poblaciones silvestres (Linares *et al.*, 2017; Johnson *et al.*, 2018).

El monitoreo participativo es un instrumento de participación social, que puede ser impulsado por actores locales o externos, permitiendo conocer mejor la situación actual del ecosistema costero, identificar cambios en el tiempo y generar estrategias de adaptación locales. Este tipo de monitoreo podría, además, fomentar la organización, colaboración y concientización de las comunidades y posee la ventaja de proporcionar un espacio para compartir conocimientos locales y reflexionar sobre los resultados que se obtienen (Linares *et al.*, 2017). El monitoreo no solo genera respuestas a preguntas sobre la variabilidad ambiental y el efecto del cambio climático, sino que crea una cultura de preguntar, de cuestionar y de reflexionar. En términos generales, el beneficio principal del monitoreo es la generación de conocimiento del estado del ecosistema costero por parte de la comunidad relacionada con la pesca y la acuicultura.

El Sistema de monitoreo deberá incluir un Plan o estrategia que aborde algunos pasos que son necesarios para asegurar su funcionamiento y continuidad, así como la obtención de datos que puedan ser comparables entre ellos.

3. Monitoreo ambiental como estrategia de adaptación al cambio climático

3.1 Tipos de monitoreos

Para diseñar un sistema de monitoreo de variables ambientales costeras, se utilizan distintas estrategias metodológicas que pueden complementarse y que poseen beneficios y desventajas. Entre ellas es posible diferenciar entre los monitoreos manuales y autónomos, o sea, aquellos que dependen o no dependen directamente de la presencia de una persona (Figura 13).

FIGURA 13
Ejemplo de diferentes tipos de monitoreo costero: manual y autónomo



Para visibilizar variaciones ambientales relacionadas con el cambio climático y la acidificación del océano, es necesario contar con registros de largo plazo, o sea de más de 10 años para una cierta zona costera, ya que con esto se determina si hay un cambio del clima y no una variación natural del ecosistema. Para la obtención de este tipo de registros de largo alcance, es ideal contar con instrumentos que obtengan los datos automáticamente, sin depender de personas. A esto se le denomina **"Monitoreo autónomo"** y actualmente existen cada vez más instrumentos desarrollados para ello. Los beneficios de este tipo de monitoreo es que no

depende de personas, por lo que se puede programar para tomar registros de forma continua (ej. cada 1 min, cada 1 hora o dos veces al día), pero entre las desventajas se puede mencionar que es complejo instalar muchos equipos en distintos puntos debido al alto costo, por lo que no se puede abarcar un espacio muy amplio. Además, los instrumentos generalmente requieren una mayor capacidad técnica para su manejo y mantención. Además de instrumentos autónomos que se instalan en algún punto de la costa (ej. estaciones meteorológicas y boyas), se incluye en este tipo de monitoreos los registros de variables oceanográficas y meteorológicas obtenidos mediante imágenes satelitales, y que pueden estar disponibles para el uso público en diversas plataformas web.

Por otra parte, está la opción de realizar **“Monitoreos manuales”** que consisten en el seguimiento de variables ambientales mediante muestreos y observaciones realizadas por personas y que permiten obtener un dato en un momento y en distintos lugares a los que se pueda acceder, por lo que permite hacer un seguimiento más espacial. La desventaja de este tipo de monitoreo es que depende de la disponibilidad de las personas, sus capacidades técnicas, contar con equipamiento logístico para acceder al punto de muestreo, etc. La ventaja es que permite obtener registros instantáneos de las variables, frente a eventos anómalos (Ej. aguas turbias, mortalidades, varazones, etc).

Por otra parte, se puede dividir los monitoreos dependiendo del tipo de variables que se quieran obtener, ya que para las variables físico-químicas se utilizan principalmente instrumentos electrónicos, mientras que para el monitoreo biológico como por ejemplo la determinación de la clorofila del agua o la biodiversidad de una zona costera, se deben incluir muestreos manuales mediante el uso de herramientas especiales de muestreo, tales como redes para microalgas, botellas Niskin para obtener agua, microscopios y lupas para analizar las muestras. Este tipo de monitoreo requiere además una mayor expertise para el análisis de las muestras, por lo que es más complejo de realizar con la participación de las comunidades locales. Lo que puede incluirse en el sistema de monitoreo local, es la obtención del peso y la talla de los recursos pesqueros, así como observaciones (visuales) que complementan los registros fisicoquímicos.

3.2 Relación de datos ambientales y parámetros biológicos relevantes para la pesca y acuicultura

La variabilidad natural de un ecosistema y su persistencia en el tiempo, es determinante para la adaptación de ciertas especies, que son capaces de sobrevivir y permanecer en este ambiente. De esta forma, se produce una estrecha relación entre las variables ambientales locales y la biología de las especies que allí se encuentran. Por ejemplo, se ha demostrado que la temperatura es relevante para el crecimiento y el desarrollo larval de mitílidos como

el chorito (*Mytilus chilensis*) que se cultiva en el sur de Chile. La ocurrencia de choritos se asocia a rangos de temperatura entre **6 y 16°C** por lo que, si se produce un aumento de esta variable producto del cambio climático, esta especie puede verse afectada. A esto hay que sumar el hecho de que los organismos se encuentran influenciados por varias variables a la vez, por lo que la relación con el ambiente es compleja y no se puede relacionar sólo con una variable. En el caso del chorito, su crecimiento también depende de la suficiente cantidad de alimento presente en la columna de agua, lo que se puede medir indirectamente mediante la concentración de clorofila (fitoplancton). Se ha observado que el desove de esta especie sería gatillado por condiciones óptimas de temperatura y de alimento, lo que se produce en primavera y verano (Oyarzún *et al.*, 2011; Lagos, Uriarte y Yany, 2012). Es por esto que no se puede establecer una relación directa entre una única variable y la especie, ya que las respuestas biológicas son producto de la interacción entre diferentes variables.

Considerando esta interdependencia entre las variables ambientales y los recursos pesqueros, resulta fundamental conocer los rangos “naturales” a los que se encuentran adaptadas dichas especies, para anticiparnos a los efectos que podría causar una variación en estas condiciones, producto del cambio climático, la acidificación del océano y otros problemas antropogénicos (ej. contaminación). Otro factor relevante a considerar al relacionar la variabilidad ambiental y la biología de los recursos pesqueros, es el ciclo de vida de la especie, ya que cada etapa de su desarrollo puede ser afectada de distinta forma por el ambiente.

A continuación, en el Cuadro 2, se presenta información asociada a la tolerancia o rangos óptimos de variables ambientales que influyen en la aptitud de hábitat de algunos recursos de importancia económica en las distintas macrozonas de la Costa Chilena, estimados por diversos estudios.

CUADRO 2

Rangos óptimos de temperatura, clorofila y salinidad para el desarrollo de especies comerciales en la costa de Chile

Zona de Chile	Recurso	Temperatura (°C)	Clorofila (mg/L)	Salinidad (psu)	Referencia
Norte Chile	Pez espada	13,3 – 23,4			Silva <i>et al.</i> (2015)
	Anchoveta	19,3 - 21,8 16,1- 22,1	1,2 - 3,1 0,5- 3,5		Silva <i>et al.</i> (2003) Silva <i>et al.</i> (2016)
	Sardina	19,7 - 22,8	0,7 - 1,8		
	Erizo	16 - 17			Conocimiento local de pescadores/ras artesanales
	Jurel	19 - 20,9 9 - 28	0,4 - 0,7		Silva <i>et al.</i> (2003)
Norte y Centro	Anchoveta	14-20	0,5-10		Silva, Leiva y Lastra (2019)
	Ostión	14 – 18 >15°C (<i>Mayor crecimiento post larvario</i>)			Ramajo <i>et al.</i> (2019) Lagos <i>et al.</i> (2016) Avendaño y Cantillanez 2008
Zona Sur	Mejillón	13 -18 (<i>mayor eficiencia de crecimiento</i>)		>25 (<i>mayor crecimiento potencial</i>)	Guenuman (2014) Loncon-Paredes (2014)
	Algas pardas	7-19	3-20	30-35	Silva <i>et al.</i> (2020)
	Anchoveta	11,1-15,7	1-6,5		Silva <i>et al.</i> (2016)
	Sardina común	8,6-17,5			Silva <i>et al.</i> (2015)
	Jibia	12-20	0,7-4,2		Silva <i>et al.</i> (2020)

4. Información y análisis para el diseño participativo de un monitoreo ambiental

Un sistema de monitoreo local participativo está formado por una serie de elementos y pasos, necesarios para su funcionamiento, diferenciándose de un monitoreo científico o institucional, por la incorporación activa de la comunidad durante todas sus etapas, tanto en su diseño como en su ejecución (Figura 14).

FIGURA 14

Taller práctico de uso de equipos en Caleta Rio Seco, región de Tarapacá



©Luisa Saavedra

Para generar e implementar un sistema de monitoreo participativo en una zona costera, es fundamental que exista la **“necesidad de realizarlo”**, desde la comunidad local, como desde las instituciones gubernamentales y comunidad científica. Para esto, es necesario tener claro el propósito y comprender la relevancia del monitoreo costero para las comunidades y las instituciones, ya que aporta datos que contribuyen a la comprensión de los cambios que se están produciendo en la costa, apoyando la toma de decisiones administrativas en el manejo de recursos y la actividad pesquera y acuícola (Barange *et al.*, 2018)

Este tipo de monitoreo debe obtener información relacionada con el cambio climático y que a su vez apoye las actividades de pesca y acuicultura, ajustándose a las necesidades y realidades locales, siendo para esto necesaria la incorporación de los conocimientos locales en su diseño, así como ser validado por actores locales que se beneficiarán de la información generada.

Para asegurar la participación de la comunidad local en el diseño e implementación del sistema de monitoreo, es muy importante contar con el “interés” y motivación de la comunidad local, o sea que **surja desde ellos la necesidad** de contar con esta información. Para ello es idóneo realizar un proceso previo de **transferencia de conocimiento** y mostrar la utilidad de contar con este sistema de monitoreo para resolver problemas actuales y futuros.

Dependiendo del nivel de participación que exista, el monitoreo puede ser de tipo “Contributivo” que corresponde al monitoreo diseñado por científicos y en los que la comunidad contribuye con datos, “Colaborativo” en el que los científicos diseñan y la comunidad contribuye con datos pero también pueden ayudar a refinar el diseño del proyecto, analizar datos, y/o difundir resultados, ó “Co-creado” en el cual los científicos y miembros de la comunidad trabajan juntos en el diseño e implementación del monitoreo (este tipo es el que tiene mayor nivel de participación) (Linares *et al.* 2017).

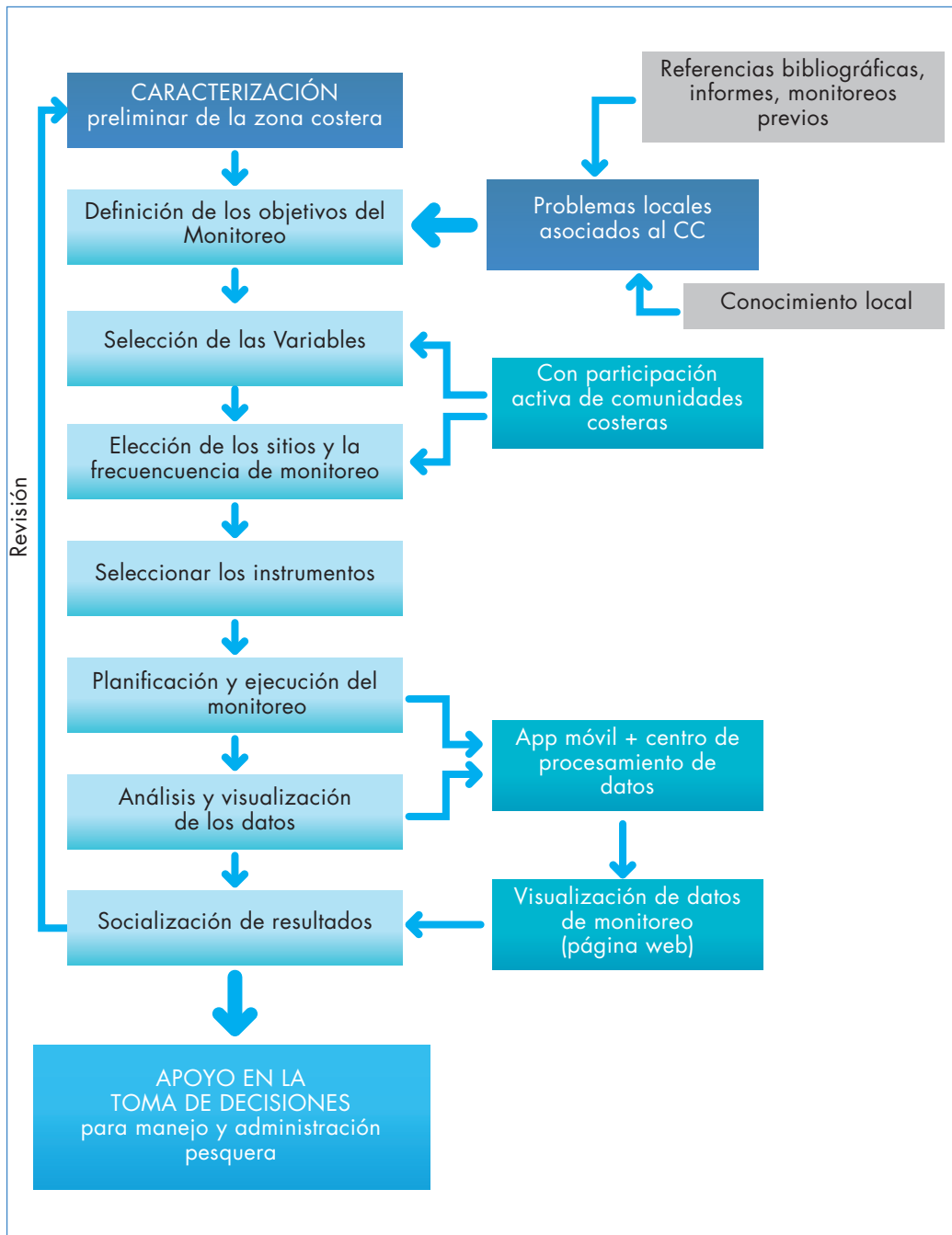
En el caso del Sistema de monitoreo ambiental costero, se recomienda utilizar la aproximación “**Colaborativa**” ya que esto integra a la comunidad en el diseño y en la obtención de los datos, pero la fase de análisis e interpretación de los resultados debiera ser realizada por científicos. El diseño participativo del monitoreo debiera realizarse al menos en las siguientes **etapas**:

1. Levantamiento preliminar de fuentes primarias de la zona costera e información de fuentes secundarias que incluyen entrevistas con actores de la comunidad local
2. Diseño del Sistema de Monitoreo ambiental local y validación en talleres con organizaciones locales, expertos y representantes de instituciones públicas/privadas

El diseño de un monitoreo local participativo debe considerar algunos elementos fundamentales de todo sistema de monitoreo (Figura 15):

1. Caracterización preliminar de la zona costera.
2. Definir los objetivos del monitoreo.
3. Definir las variables ambientales.
4. Elegir los sitios de monitoreo.
5. Establecer la frecuencia del monitoreo.
6. Definir los tipos de instrumentos utilizados en el monitoreo.
7. Planificar el monitoreo.
8. Desarrollar una metodología para la toma de muestras, análisis y visualización de los datos.
9. Sociabilizar y aplicar la información.

FIGURA 15
Elementos de un sistema de monitoreo participativo



4.1 Selección de variables ambientales

La selección de las variables ambientales (físicas, químicas y/o biológicas) depende de los objetivos que se pretenden abordar mediante el monitoreo, y que en este caso debieran ser aquellas relacionadas con el cambio climático y que son relevantes para la Pesca y Acuicultura.

El efecto del cambio climático sobre el océano y la zona costera se relaciona principalmente con las variables: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, intensidad del viento, frecuencia de marejadas, nivel del mar, clorofila, etc. Así también resulta relevante la variable pH, debido al efecto de acidificación del océano producto del aumento del CO₂ atmosférico. Como ya se ha señalado, la prioridad de cada una de estas variables para la pesca y acuicultura dependerá de la ubicación geográfica, de los recursos que se extraen, de la presencia de acuicultura en la zona, del tipo de pesquería que se realiza, así como de las capacidades existentes para realizar el monitoreo.

Para determinar qué variables son las que se van a monitorear, es necesario realizar un levantamiento preliminar de información de la zona costera, la que puede provenir de bibliografía, informes de estudios anteriores, datos de otros monitoreos realizados en la zona, etc. Además, es importante incorporar el conocimiento local de la zona costera en este análisis preliminar, mediante entrevistas individuales y/o grupales con actores locales (Figura 16). Con esta información se genera una matriz que visualiza los principales efectos o amenazas del cambio climático sobre la zona costera y las actividades productivas, así como las variables asociadas (ejemplo Cuadro 3).

FIGURA 16

Taller de diseño participativo del monitoreo



CUADRO 3

Ejemplo de Matriz de identificación de problemas asociados al cambio climático y propuesta de variables para el monitoreo local, para (1) una caleta del norte de Chile (pescadores/as) y (2) para una caleta del sur de Chile (acuicultores/ras de mitílidos)

Problemas asociados al CC	Fisicoquímica	Biológica	Socioeconómica	Variable asociada	Indicador de impacto
1. Aumento de la T° del agua	Las aguas fluctuaban entre 22 y 23°C, ahora se registran 27°C	El pulpo llega con temperaturas >18°C. Mayor presencia de Medusas	Migración de especies	T° del agua	Desaparición de la palometa
2. Temperaturas extremas	Estratificación, niveles de oxígeno menores	Efectos en la tasa de crecimiento de choritos de cultivo. Blooms de microalgas. Riesgos de enfermedad	La productividad de la acuicultura de choritos disminuye	T° del agua	Caída de choritos de las cuelgas, muerte de semillas

Cabe destacar que las variables ambientales costeras incluyen aquellas relacionadas con el clima, o meteorológicas como son la velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, humedad ambiental, pluviometría, etc.

Una vez realizado este levantamiento preliminar, se establece la factibilidad de realizar el monitoreo de cada una de las variables y finalmente se define una lista de variables que serán monitoreadas en una determinada zona costera.

Ejemplo:

- Variables oceanográficas: Temperatura del agua, Oxígeno disuelto, Salinidad, turbidez
- Variables Meteorológicas: velocidad y dirección del viento
- Observaciones locales: ej. varazones, coloración anormal, presencia de medusas o especies extrañas, etc.

En esta selección de las variables, es fundamental considerar la actividad productiva asociada al monitoreo, ya que ellas serán distintas para la pesca en mar abierto, para la pesca costera, o para la recolección de orilla, así como para la actividad acuícola. Generalmente en la acuicultura se requiere hacer un seguimiento de variables relevantes para el crecimiento, desarrollo y sobrevivencia de los organismos y que se verán afectadas por el cambio climático (ej. temperatura y oxígeno) (Figura 17). Mientras que para la pesca pelágica será relevante monitorear la temperatura superficial del mar y la clorofila, pero en un área extensa del océano, ya que estas variables afectan la distribución de las especies.

FIGURA 17

Monitoreo participativo con pescadores de Caleta El Manzano, comuna de Hualaihué, región de Los Lagos



©Fernanda Oyarzún

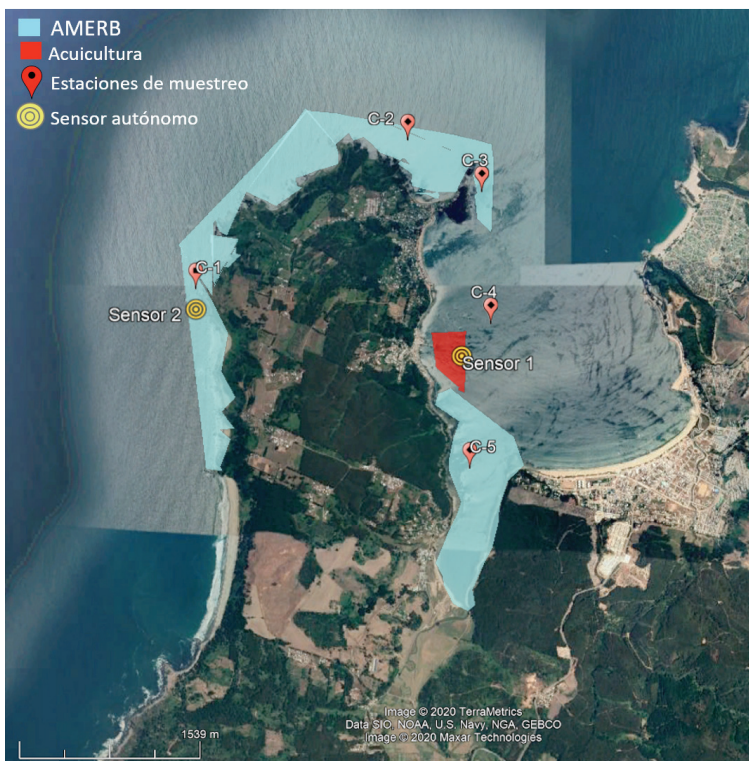
4.2 Selección del sitio de monitoreo

Luego de establecer las variables, es necesario definir el lugar que será monitoreado, para lo cual primero se debe considerar el área general que se pretende monitorear, por ejemplo, si es un monitoreo asociado a una caleta pesquera, se debe consultar cuales son las principales zonas de pesca (sitios de calado) o bien enfocar el monitoreo en un AMERB (Área de manejo de recursos bentónicos), sitios de recolección de orilla o centros de cultivo de pequeña escala. También puede escogerse esta área de acuerdo a la distribución de recursos pesqueros que se quiera monitorear o en zonas en las que se hayan observado alteraciones en las características del agua o algún proceso biológico que preocupa a la comunidad, como las varazones o la desaparición de algún recurso. La definición de la ubicación espacial de las estaciones o lugares

de muestreo, dependerá además, de la información preliminar sobre las características del área, las que incluyen la geografía, batimetría, procesos físicos que generen diferencias en el área que pretende abarcar el sistema de monitoreo (ej. ríos, corrientes, zona de surgencia, etc). Para esto es fundamental combinar el conocimiento científico que existe sobre una determinada zona costera con el conocimiento local de hombres y mujeres dedicados a la pesca y acuicultura que conocen bien la geografía y batimetría de la costa. La definición de los puntos de muestreo también dependerá del tipo de monitoreo que se escoja y de la dificultad de acceso. Por ejemplo, si se define un punto muy distante de la caleta, será más complejo implementar un monitoreo manual, por lo que allí se podrá instalar sensores autónomos que idealmente puedan transmitir los datos en tiempo real (como boyas o sensores con telemetría).

Los puntos de muestreo manual debieran ubicarse idealmente en una zona que tenga relevancia para la actividad productiva, por ejemplo, en un AMERB o zona de cultivo y que sea visitada con cierta frecuencia por las y los pescadores y pescadoras (Figura 18) Una vez seleccionado el lugar, es necesario determinar sus coordenadas geográficas, para lo cual se puede utilizar un GPS que permita registrar esta información en terreno (Cuadro 4).

FIGURA 18
Ejemplo de ubicación de las estaciones de monitoreo ambiental
(Bahía Coliumo, región del Biobío)



CUADRO 4

Ejemplo de ubicación georeferenciada de las estaciones de monitoreo costero

Nombre de Estación	Punto de muestreo	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
C1	AMERB del sindicato de pescadores/ras	36°32'0.20"S	72°58'47.50"O
C5	Centro de cultivo	36°31'24.09"S	72°58'4.54"O

4.3. Establecimiento de la frecuencia del monitoreo

Un sistema de monitoreo debe tener siempre en consideración el espacio y el tiempo, ya que las variables ambientales cambian en estas dos dimensiones. Por lo tanto, luego de establecer los sitios de muestreo es necesario definir la frecuencia de ellos. Para esto se considera la información preliminar que se obtenga de la zona costera, ya que hay regiones de Chile en las que se produce una mayor variación ambiental en el tiempo, con cambios entre días o diarios (ejemplo, norte de Chile), mientras que en otras zonas los cambios son marcadamente estacionales (ejemplo, sur de Chile). Es relevante fijar con anterioridad la frecuencia o periodicidad del muestreo, para obtener suficiente cantidad de datos que permitan establecer los rangos entre los que fluctúa cada una de las variables.

El Sistema de monitoreo debe definir estaciones fijas, que serán monitoreadas con una frecuencia o periodicidad que permita observar los cambios en el tiempo, por lo tanto, la selección de esta periodicidad deberá considerar la ubicación de los puntos de muestreo, ya que, si existe demasiada dificultad para acceder a estos lugares, será más complejo planificar frecuencias muy altas de muestreo, por lo que en este caso se podría instalar sensores autónomos. El cronograma de muestreo debe considerar además los recursos humanos, financieros y las posibilidades logísticas (ej. condiciones del tiempo, cierre de puertos, etc).

Cabe destacar que el monitoreo debe ser realizado aproximadamente a la misma hora del día, en la medida de lo posible, ya que las características de la columna de agua varían en el transcurso del día. Además, se debe considerar la misma marea para estos muestreos costeros (ej siempre durante pleamar). Idealmente calendarizar las salidas con fechas específicas y en horarios similares (Ejemplo: una salida cada 15 días a las 10:00h, durante pleamar).

Además de este cronograma de monitoreo costero, se pueden realizar *muestras extraordinarios* frente a situaciones eventuales, tales como presencia de coloraciones inusuales del agua, mortalidad de recursos o especies, entre otros. Lo importante es que este monitoreo sea adecuadamente registrado en la bitácora, señalando estas observaciones locales.

4.4 Tipos de Instrumentos utilizados en el monitoreo ambiental costero

En relación a la forma en la que se llevará a cabo el monitoreo, dependiendo de las variables seleccionadas y el tipo de monitoreo (manual y/o autónomo), existen una amplia diversidad de instrumentos, de mayor o menor complejidad.

4.4.1 Monitoreo autónomo

Actualmente existen múltiples opciones de instrumentos autónomos, que permiten medir diversas variables, desde el nivel del mar y corrientes, hasta análisis de microalgas y calidad del agua. Estos instrumentos permiten realizar mediciones en un sitio específico, pero durante prolongados períodos de tiempo. Algunos ejemplos de este tipo de instrumentos son:



Boyas oceanográficas, que incluyen diversos sensores como por ejemplo: correntómetros, sensores de conductividad (salinidad), temperatura, oxígeno, pH, clorofila, etc.



Estaciones meteorológicas, que pueden ser sencillas o modernas, pero en general incluyen anemómetros, veletas, sensores de humedad y temperatura para obtener datos de viento, precipitación y las condiciones atmosféricas.



Sensores autónomos independientes, que pueden registrar solo una variable o varias. Por ejemplo, un sensor de temperatura que puede registrar automáticamente cada cierto tiempo esta variable.



CTD, equipo diseñado para medir y almacenar datos de conductividad, temperatura y presión en la columna de agua, tiene la capacidad de incorporar sensores externos (pH, oxígeno, fluorescencia, etc). Estos equipos pueden utilizarse de forma manual o bien ser instalados en una boya para tomar registros continuos.

Lo ideal es contar con un sistema de transmisión automática de los datos que registran estos instrumentos, para lo cual se puede implementar un **“sistema de telemetría”** que permite observar los datos en tiempo real.

4.4.2 Monitoreo manual

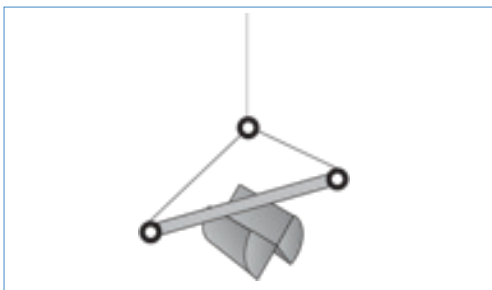
Este tipo de monitoreo se caracteriza por que debe ser realizado por una o más personas, utilizando para ello diferentes herramientas, instrumentos o bien la observación visual. Este monitoreo permite abarcar varios puntos de muestreo y es útil para realizar mediciones ante eventos que alteran el sistema costero. Su desventaja es que no permite obtener mediciones de alta frecuencia y porque pueden generarse diferencias en los datos, debidos a la influencia humana (diferentes estrategias de muestreo) por lo que es idóneo que el monitoreo manual de una cierta zona costera, sea realizado idealmente por la/las misma/s personas. Entre los instrumentos para el monitoreo manual se destacan los siguientes:



Multiparámetro: este instrumento permite obtener registros manuales de diversas variables, que dependen de los sensores que contenga el equipo. Los más simples incluyen temperatura y conductividad, pero puede poseer sensores de pH, oxígeno, turbidez, presión, clorofila, entre otros.



Botellas Niskin para la obtención de muestras de agua en diferentes profundidades. Estas muestras de agua se podrán utilizar para realizar análisis de diferentes variables tales como: la concentración de clorofila, nutrientes, análisis químico, análisis del fitoplancton, etc.



Redes para estudio de plancton.

Artes de pesca para muestreo de recursos pesqueros.

Instrumentos de muestreo de sedimentos como dragas y rastras.

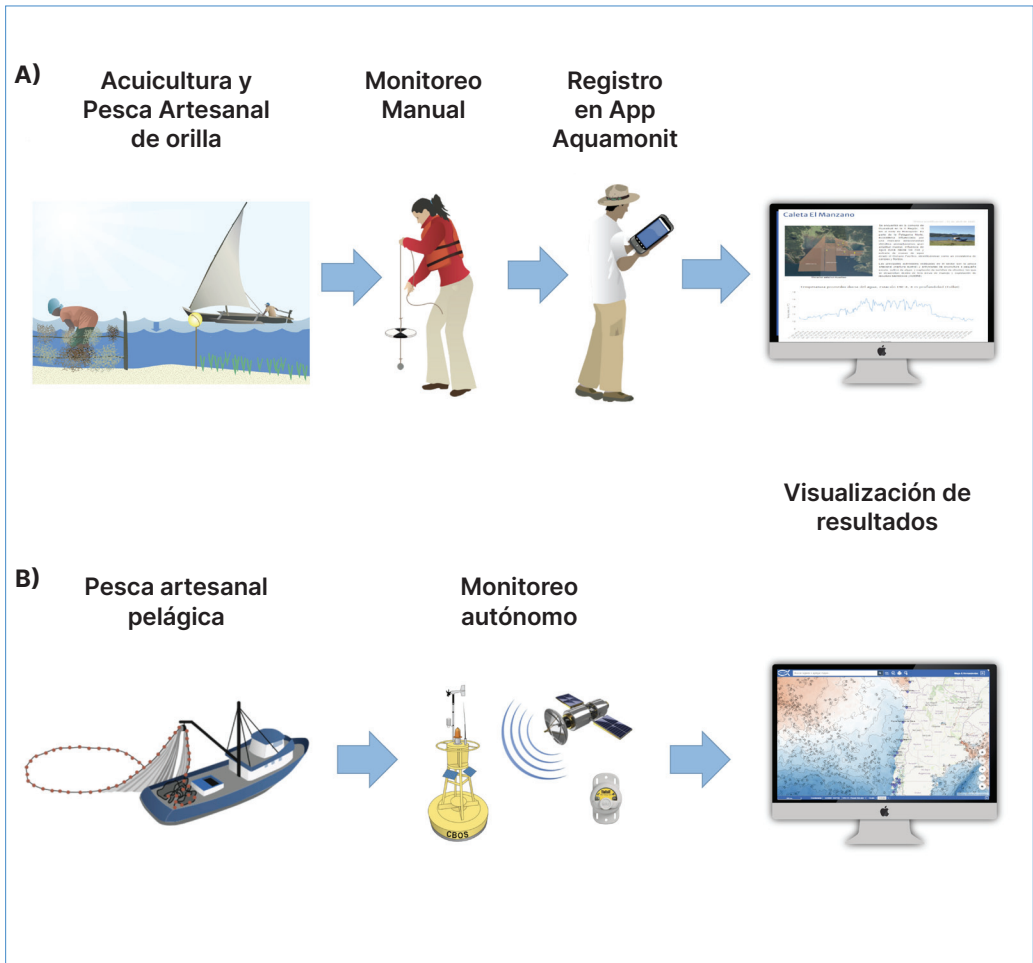


Observaciones en terreno mediante **buceo**.

La selección de los instrumentos depende del **tipo de monitoreo** que se escoja e idealmente se podrían utilizar una combinación de ellos, dependiendo de las variables escogidas y del grupo productivo que requiera el monitoreo (Figura 19) . Un ejemplo de ello es que para la acuicultura es más apropiado y factible realizar monitoreos de variables ambientales en forma manual ya que los recursos se encuentran en un área espacial específica y el manejo del

cultivo permite realizar monitoreos con cierta frecuencia, así como asociar los resultados a algún parámetro biológico del recurso (Figura 19A). Por otra parte, las actividades de **pesca artesanal pelágica**, abarcan áreas marinas más amplias, por lo que requieren un monitoreo que abarque una mayor área de la costa (Figura 19B). Un monitoreo más apropiado a esta actividad sería la obtención autónoma de datos meteorológicos o imágenes satelitales de temperatura superficial y clorofila obtenidas por un centro de análisis de este tipo de imágenes. Sin embargo, se podrían llevar a cabo monitoreos biológicos (talla, peso de los recursos), identificación de especies de fauna acompañante y observaciones de eventos específicos.

FIGURA 19
Ejemplos de monitoreos ambientales apropiados para diferentes actividades productivas:
(A) pesca de orilla y acuicultura y (B) Pesca pelágica



4.5 Encargados del monitoreo

Un monitoreo participativo de tipo “colaborativo”, debiera ser realizado por personas de la misma comunidad del sector pesquero, acuicultor u otro que conozcan bien la zona y que puedan ser capacitados para ello. Es idóneo que estas personas posean interés en participar en estas actividades con objeto de que permanezcan en el tiempo y que además puedan compartir sus conocimientos y aprendizajes con el resto de la comunidad. Al comienzo de la implementación del monitoreo es necesario generar un presupuesto que permita **financiar el trabajo** de estos monitores locales y con el transcurso del tiempo podría incorporarse dentro de las actividades cotidianas que realizan. Esto dependerá principalmente de la utilidad que perciban del monitoreo, o sea su importancia para comprender las fluctuaciones ambientales y la aplicación en medidas de manejo y administración de los recursos y/o de las actividades de pesca y acuicultura en general.

Además, se debe contar con **apoyo técnico científico** que colabore con el diseño e implementación del sistema de monitoreo local, los que deben poseer experiencia y conocimiento del ecosistema local y de las características de la comunidad con la que trabajarán.

4.6 Planificación del monitoreo

En los monitoreos costeros, se debe considerar además las profundidades de la toma de muestras, ya que las variables ambientales cambian a lo largo de la columna de agua. En zonas en las que existe una mayor profundidad es idóneo realizar muestreos a diferentes profundidades, esto se conoce como **“Perfil”**. Lo importante es que las profundidades que se seleccionen siempre sean las mismas, por ejemplo: 1, 5 y 10 m. Esta selección también dependerá del tipo de instrumento que sea utilizado para obtener los datos y de la capacidad de acceder a mayores profundidades. Los CTDs poseen la tecnología para realizar “Perfiles” continuos, o sea registrar datos desde la superficie hasta el fondo, mientras que un multiparámetro manual dependerá del largo del cable o bien de contar con botellas Niskin para obtener muestras de agua de mayores profundidades.

Considerando todos los factores previamente descritos, se genera un diseño final del Sistema de monitoreo que incluye la **planificación del muestreo** (Cuadro 5), en la cual se definen:

1. La ubicación de la estación o estaciones de muestreo manual.
2. La ubicación de estación o estaciones para la instalación de sensores autónomos

3. La periodicidad del muestreo manual (ej. una vez al día; una vez a la semana; una vez al mes; etc).
4. El horario o momento del día para el muestreo (es ideal que sean horarios iguales).
5. El tipo de marea durante la cual se realiza el muestreo (para muestreos cercanos a la costa o en la orilla).
6. La profundidad o profundidades del muestreo.
7. Materiales necesarios para el muestreo: Instrumentos, bitácoras, GPS, etc

CUADRO 5

Ejemplo de planificación del sistema de monitoreo ambiental costero

Monitoreo	Variables	Metodología	Ene	Feb	Mar	Abr	Mar	Etc.
Oceanográfico manual Estaciones: C-1, C-2, C-3	Temperatura, Salinidad, Oxígeno, Turbidez	Muestreo cada 15 días con Multiparámetro en pleamar, a 3 profundidades (1, 5 y 10 m) Disco Secchi para determinar la turbidez	x	x	x	x	x	x
Oceanográfico autónomo Estación C-5	Temperatura	Sensor Hobo Tidbit que registra datos cada 1 h, instalado a 8 m de profundidad Bajar datos cada 2 meses	x		x		x	
Meteorológico autónomo Estación ubicada en el muelle de la caleta	Temperatura atmosférica, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica	Datos horarios registrados por la Dirección meteorológica de Chile (https://climatologia.meteochile.gob.cl/)	x	x	x	x	x	x
Meteorológico manual	Temperatura atmosférica, velocidad y dirección del viento	Anemómetro manual para registros diarios	x	x	x	x	x	x

5. Metodología de toma de muestras, análisis, visualización y aplicación de la información

5.1 Obtención de datos mediante monitoreo manual

Para realizar la obtención de datos en un programa de monitoreo se debe seguir una metodología que permita obtener datos confiables (Figura 20). De esta forma se recomienda seguir los siguientes pasos para la preparación de la toma de muestras:

1. Realizar las salidas para la obtención de datos de acuerdo al cronograma incluido en la planificación
2. Observar el pronóstico del tiempo y las mareas.
3. Reunir los materiales necesarios (Caja con instrumentos: ej. multiparámetro, bitácora, lápiz grafito, disco secchi, toalla nova, frasco de agua dulce).
4. Conseguir embarcación en caso de ser necesario.
5. Confirmar la asistencia de los/as encargados/as del monitoreo.

FIGURA 20
Etapas básicas de un Monitoreo ambiental



Fuente: Integration & Application Network, 2020. <https://ian.umces.edu/imagelibrary/register.php>

Una vez en el sitio de toma de muestras se deben seguir las instrucciones de la ficha práctica de uso de los equipos a utilizar. Realizar al menos tres mediciones de cada parámetro, en cada profundidad, con el objetivo de evitar errores de muestreo. Realizar los muestreos de todas las estaciones el mismo día, y fijarse en las condiciones meteorológicas y oceánicas (alta o baja marea, intensidad del viento, etc).

Al momento de realizar el registro de los datos, es importante considerar los siguientes puntos:

- Llevar una bitácora de registro de datos y observaciones (Cuadro 6).
- Registrar en la bitácora, la fecha, hora y ubicación exacta (GPS multiparámetro) y profundidad.
- Registrar las condiciones meteorológicas y oceánicas (alta o baja marea).
- Registrar observaciones externas al muestreo si es que hubiera (Ejemplo: varazón de organismos, color diferente del agua de mar, etc).

CUADRO 6

Ejemplo de bitácora de registro de datos.

Fecha de muestreo:

Encargado de muestreo:

Estación	Hora	Latitud (S)	Longitud (O)	Prof (m)	Temp. (°C)	Sal. (psu)	Oxígeno (ml/L)	Turbidez (m)	Observación
IC-3	10.00	20°10'5	70°8'4.0	2	16,1	33	5,9	1	Agua con coloración rojiza
IC-3	10.10	20°10'5	70°8'4.0	5	15	34,6	5,0		
I-1	10.30	20°08'6	70°4'3.0	2	17,0	34,9	6,1	4	Presencia de lobos marinos
I-1	10.40	20°08'6"	70°4'3.0	5	23,5	34,8	6,0		

5.2 Análisis de los datos

Esta es una de las etapas más complejas del monitoreo, ya que requiere contar con experiencia en procesamiento de datos, por lo que en esta etapa es importante contar con apoyo técnico-científico. A continuación se explica de forma simple en qué consiste el análisis, pero lo ideal es utilizar una aplicación especialmente diseñada para el registro de la información y que se detalla más adelante.

Los datos registrados en la bitácora serán traspasados a una tabla, con la cual se pueden obtener indicadores importantes que resumirán los datos registrados en la bitácora. Primero se debe promediar los tres datos obtenidos para cada estación y profundidad (Cuadro 7 y 8).

Para visualizar la tendencia de los datos registrados en la bitácora, se pueden confeccionar gráficos utilizando para ello un programa computacional (ej. Excel).

CUADRO 7

Ejemplo de análisis de datos de temperatura de una estación para una fecha y profundidad. Se promedian los tres registros tomados (réplicas)

Fecha	Hora	Estación	Profundidad (m)	Temperatura (°C)
15-07-2019	10.00	IC-3	5	16,0
				16,3
				15,9
Promedio				16,07

$$\text{Promedio} = \frac{\text{suma de datos}}{\text{Número de datos}} = \frac{16,0 + 16,3 + 15,9}{3} = 16,07$$

CUADRO 8

Ejemplo de tabla con promedios de temperatura para la misma estación y profundidad, pero en distintas fechas

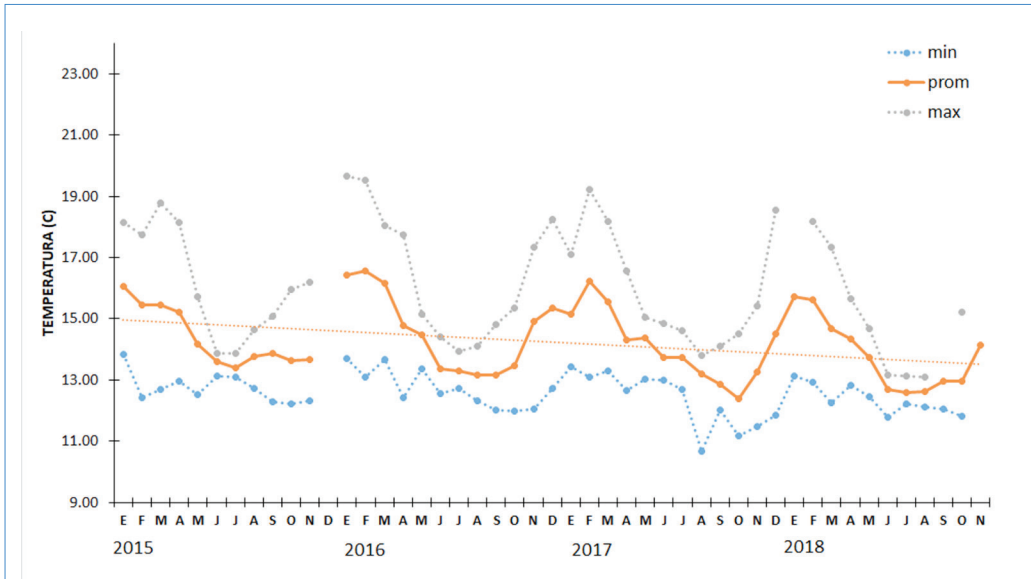
Fecha	Mes	Hora	Estación	Temperatura (°C)
15-07-2019	Julio	10.00	IC-3	16,1
15-09-2019	Septiembre	10.00	IC-3	20,5
10-11-2019	Noviembre	10.00	IC-3	19,3
05-01-2019	Enero	10.00	IC-3	17,0

Es ideal **obtener más de un dato por mes**, ya que existe una variación diaria de los parámetros y por lo tanto el dato de un solo día no es representativo para todo el mes. Por lo tanto, mientras mayor sea la frecuencia de muestreo, se podrá comprender mejor la variabilidad del ecosistema.

5.3 Visualización de los datos

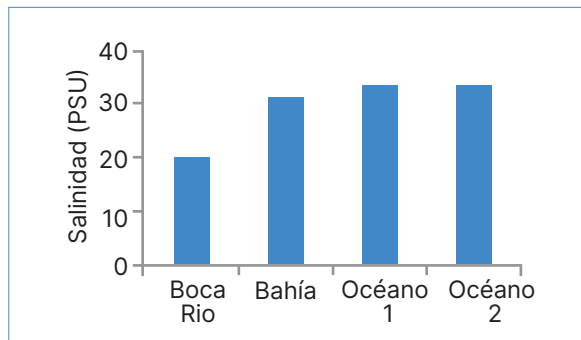
Los datos registrados pueden visualizarse en forma gráfica para su mejor comprensión y aplicación (Figura 21). El esfuerzo de mantener por largos períodos de tiempo nuestro monitoreo ambiental permitirá obtener una serie de tiempo más larga, observar cómo cambian los parámetros medidos (temperatura, salinidad, oxígeno, turbidez, etc.), para finalmente tener como resultado un análisis más completo de cómo cambia nuestro ambiente y los recursos que habitan en él.

FIGURA 21
Ejemplo de visualización gráfica de una serie de tiempo de temperatura del mar en una estación de la Bahía de Tongoy a 10 m de profundidad



Fuente: CEAZA, 2020. http://www.ceazamet.cl/index.php?pag=mod_estacion&e_cod=BTG

FIGURA 22
Ejemplo de gráfico de barras para diferentes estaciones, para un mismo periodo de muestreo



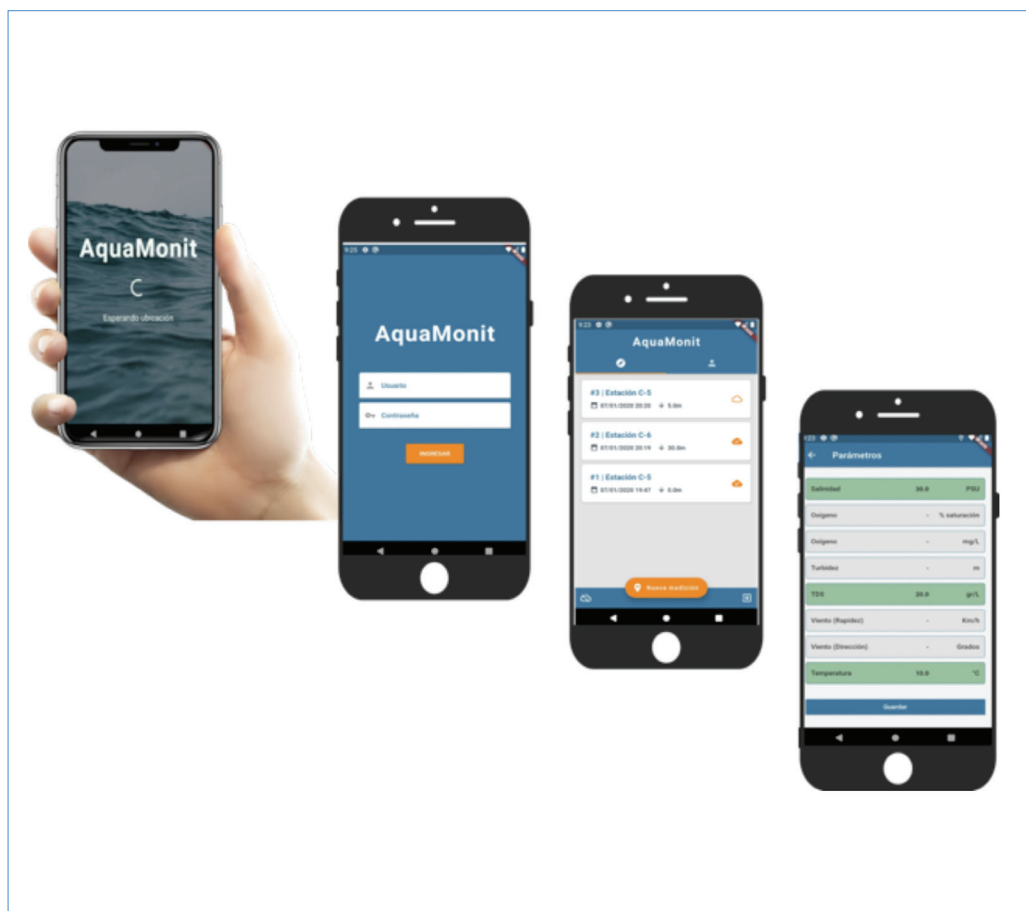
Si el objetivo es comparar diferentes sitios o diferentes profundidades, es posible utilizar gráficos de barras para comparar los diferentes valores de las variables (Figura 22). Lo importante es tener clara la variación temporal, ya que esta comparación se debería realizar para cada uno de los periodos de muestreo.

5.4 Aplicación móvil para el registro de los datos (AquaMonit)

Para facilitar el registro de los datos obtenidos desde el monitoreo manual (con un multiparámetro, disco secchi, observaciones visuales u otros), se creó una aplicación especialmente diseñada para este propósito y que puede ser instalada en cualquier equipo móvil (con sistema operativo Android). De esta forma no es necesario utilizar la bitácora de papel y se evita tener que traspasar los datos con el programa computacional. La ventaja de esta App (Figura 23) es que los registros son transferidos automáticamente por internet hacia un centro de análisis y procesamiento de datos, para ser posteriormente presentados de forma gráfica en un sitio web diseñado para ello. Las instrucciones de uso de esta aplicación se pueden encontrar en el **Anexo 3**.

FIGURA 23

Aplicación móvil Aquamonit desarrollada para el monitoreo costero participativo



5.5 Sociabilización y aplicación de la información

Una forma práctica de aplicar y socializar los datos e información obtenida es a través de sistemas de información en línea capaces de integrar datos relacionados a la actividad pesquera y de acuicultura con la información ambiental obtenida desde el programa de monitoreo ambiental. En la Figura 24 se presenta un ejemplo de esta visualización de información.

FIGURA 24

Sitio web de la Visualización de datos de monitoreo básico local de Caleta Coliumo, que forma parte de la Red de Monitoreo de Cambio Climático del IFOP



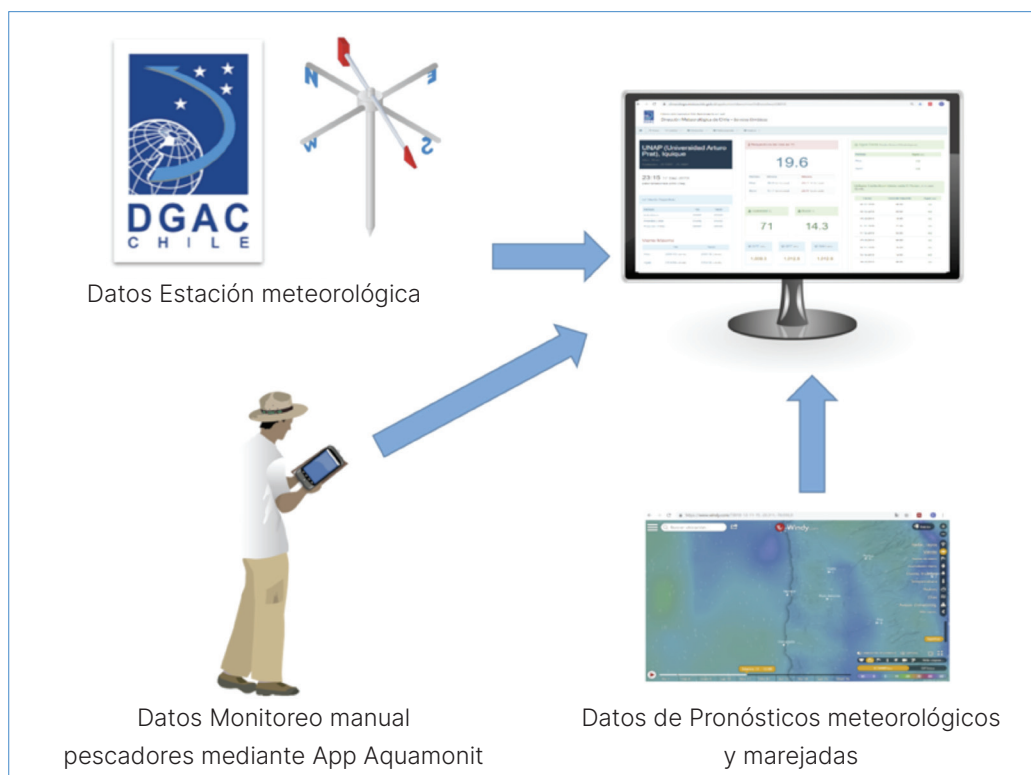
Fuente: IFOP, 2020.

<https://www.ifop.cl/red-de-monitoreo-cambio-climatico/visualizacion-datos-monitoreo-basico-local/>

Para lograr que este Sistema de monitoreo proporcione información que pueda ser utilizada por la comunidad costera, es ideal generar una **plataforma virtual** que integre diferentes fuentes de información, o sea, las que provienen de monitoreos autónomos (estaciones meteorológicas, boyas) y muestreos manuales (Figura 25).

FIGURA 25

Esquema de la propuesta del Sistema de visualización de datos para la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala, que integre registros manuales y autónomos



Con la información obtenida a partir de los monitoreos locales (manuales y autónomos), así como la que proviene de diversas fuentes (Cuadro 9), las comunidades costeras contarán con datos de las fluctuaciones de corto plazo requeridas para apoyar a hombres y mujeres de la pesca y acuicultura en sus actividades diarias y para observar la lenta evolución de los impactos del cambio climático (FAO, 2017). Por ejemplo, en la pesca artesanal se pueden utilizar los datos de las estaciones meteorológicas y las imágenes satelitales de temperatura

superficial del mar para **planificar las faenas de pesca**, disminuyendo el gasto energético y económico asociado a esta actividad.

CUADRO 9

Sitios web con información pública proveniente de sistemas de monitoreo meteorológicos y oceanográficos, relevante para la pesca y acuicultura chilena

Sistemas de monitoreo meteorológicos y oceanográficos	Dirección web
Sistema de alerta de marejadas (Universidad de Valparaíso)	https://marejadas.uv.cl/index.php
Boyas oceanográficas en línea del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA)	http://www.shoa.cl/php/boyas?idioma=es
Red de estaciones de monitoreo de la Región de Coquimbo	http://www.ceazamet.cl/
Centro de Datos Oceanográficos y Meteorológicos CDOM	http://www.cdom.cl/index.php
Estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aeronáutica civil (DGAC) y dirección meteorológica de Chile	https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/index/menuTematicoEmas
Sistema GIS de Cambio Climático del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)	http://giscc.ifop.cl/
Sistema de Información Interoperable para seguimiento del Cambio Climático (IFOP), Visualización de datos de monitoreo básico local	https://www.ifop.cl/red-de-monitoreo-cambio-climatico/visualizacion-datos-monitoreo-basico-local/
Pronóstico meteorológico	https://www.windy.com
Pronóstico general marítimo (Servicio meteorológico de la armada)	https://meteoarmada.directemar.cl/site/pronosticos/pronostico_general_maritimo.html

La información de marejadas es sumamente relevante, ya que en muchas caletas de Chile están afectando los embarques de pescadores y pescadoras, por lo que este tipo de datos podría apoyar la solicitud de medidas de apoyo económico u otras intervenciones de parte de las instituciones públicas, para periodos con alta frecuencia de marejadas.

Los y las **pescadores y pescadoras de orilla** (buzos y mariscadores, recolectoras, algueras) pueden utilizar esta información para comprender eventos anómalos observados en la costa tales como mortalidades y varazones de recursos, floraciones algales intensas, masas de agua extrañas, etc. (Recuadro 1). Estas comunidades podrían realizar observaciones (sistematizadas) de este tipo de eventos y a la larga se pueden relacionar con las variables ambientales y de esta forma incorporar el enfoque precautorio en esta actividad pesquera. Si bien existen actualmente Planes de seguimiento de las AMERB que poseen las organizaciones de pescadores artesanales, estos solo generan información del estado/situación de los recursos y no existe un seguimiento ambiental. Solo en el caso de estar dentro del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB) se cuenta con un seguimiento de variables ambientales, pero esta información no es pública.

En el caso de la **acuicultura de pequeña escala**, que pretende ser potenciada en conjunto con la pesquería de pequeña escala, a nivel local e internacional como medida de erradicación del hambre, la seguridad alimentaria, la pobreza y el uso sustentable de los recursos pesqueros (Bondad-Reantaso *et al.*, 2013; FAO, 2017), resulta fundamental la incorporación del monitoreo ambiental para apoyar las medidas del manejo del cultivo. Mientras más conocimiento se tenga acerca del ambiente en el cual se encuentran los recursos, más preparados se puede estar para detectar variaciones ambientales anómalas que podrían afectar al recurso. Además, este monitoreo puede apoyar las medidas de manejo del cultivo, determinando cuales son las condiciones ambientales óptimas de crecimiento, desove y captación de semillas (en el caso de choritos). Las personas dedicadas a la acuicultura poseen actualmente una noción de esto adquirida mediante la experiencia empírica, pero uniendo esto con el apoyo tecnológico, se pueden generar estrategias ante eventuales cambios ambientales (Recuadro 2). Por ejemplo, si se sabe que el chorito crece adecuadamente a 4 m debido a las condiciones óptimas de salinidad, concentración de carbonato y estado de saturación del carbonato de calcio (Jahnsen-Guzmán *et al.*, 2020), se podría modificar la profundidad de las cuelgas ante cambios en el ambiente detectados por el sistema de monitoreo.

Teniendo en cuenta que el objetivo del monitoreo es aumentar el conocimiento acerca del ecosistema costero, es necesario contar con apoyo científico-técnico para la **interpretación de los resultados** obtenidos, así como realizar **evaluaciones periódicas** de la utilidad del monitoreo y su aplicabilidad en las actividades productivas de la comunidad local. Para esto se pueden generar talleres o conversatorios de presentación y análisis de los resultados, en las cuales se invite a monitores locales, científicos e instituciones públicas. Estas evaluaciones permiten además realizar ajustes y mejoras al sistema de monitoreo.

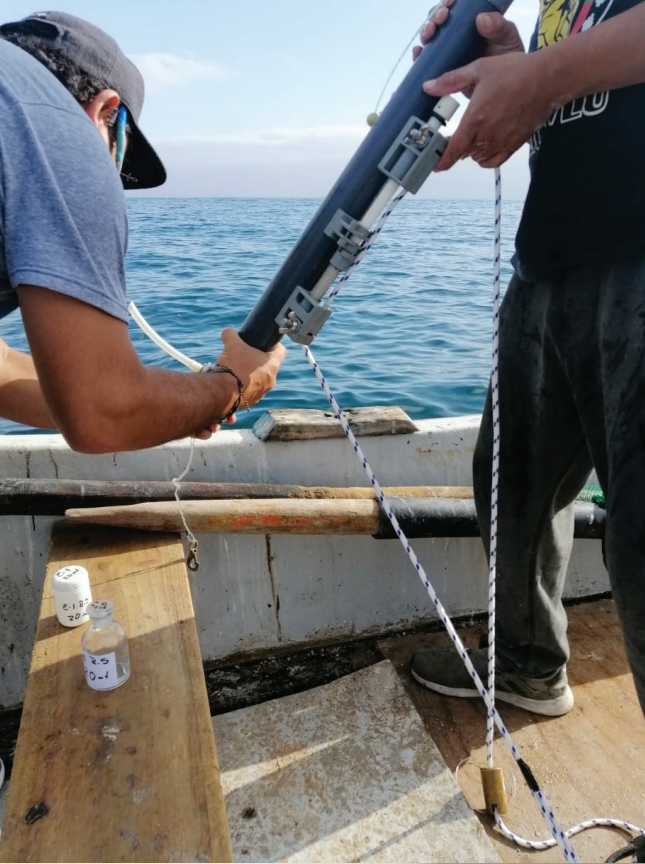
RECUADRO 1

Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la pesca artesanal

En la Caleta de Río Seco en el norte de Chile se extrae el recurso Erizo (*Loxechinus albus*) desde distintas Áreas de manejo (AMERB). Los pescadores dedicados a la extracción de este recurso están preocupados porque en los últimos dos años se han producido problemas de mortalidad, que han impactado su economía y la de la comunidad local. De acuerdo a sus observaciones, esta mortalidad estaría asociada a una masa de agua (“marea roja”) que se acerca a la costa desde el sur y que permanece en la Ensenada donde se encuentra el AMERB, disminuyendo el oxígeno, e impactando al recurso antes de que lo puedan extraer. A pesar de que los pescadores tienen claro que existe una relación entre el evento de florecimiento algal y la mortalidad del erizo, no poseen evidencias concretas (científicas) que demuestren esta relación y que les permita generar medidas de manejo del recurso ante la formación de este tipo de fenómenos, que son cada vez más frecuentes. Existe, además, una relación entre la ocurrencia de estos florecimientos y el aumento de la temperatura, por lo que resulta clave poseer mediciones de esta variable para sustentar las observaciones empíricas y apoyar las medidas administrativas del recurso.

Ante este problema, los pescadores decidieron comenzar a implementar un monitoreo ambiental participativo que les permita obtener sus propios datos de variables físico-químicas y que puedan ser relacionadas con las observaciones asociadas al recurso, como para poder anticiparse a los problemas, como un manejo con enfoque precautorio de su actividad productiva. Su objetivo es poder incorporar innovaciones tecnológicas en la pesca artesanal, que puedan apoyarlos en la comprensión del ecosistema en el cual se encuentran los recursos de los cuales dependen y que se encuentran en riesgo por el cambio climático. Para llevar adelante este monitoreo, cuentan con el apoyo de centros de investigación regionales y el programa de capacitación en monitoreo de FAO.

Estos datos pueden apoyar las medidas administrativas que deben adaptarse a los cambios que se vienen y que ya están generando efectos en los recursos. Un ejemplo de esto sería la situación de que se presente una marea roja un mes antes de que se levante la veda del erizo y si los pescadores demuestran que esto producirá mortalidad, se podría adelantar el permiso de extracción y de esta forma se evitan las pérdidas económicas. Este es un ejemplo de adaptación a los efectos del cambio climático, utilizando para ello el monitoreo ambiental local y participativo.



©FAO/Marcio Pavéz

Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la pesca artesanal

RECUADRO 2

Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la acuicultura de pequeña escala

Caleta El Manzano ubicada en la comuna de Hualaihué en el sur de Chile es una importante zona de captación y producción de semillas de choritos, ya que cuenta con un gran banco natural de este recurso. Esta captación de semillas es realizada por pescadores artesanales que poseen AMERBs y que además están comenzando a implementar otros cultivos (algas y engorda de choritos) que les permitan diversificar su actividad productiva. Actualmente existe bastante preocupación por los efectos que pudiera generar el cambio climático sobre los cultivos y captación de semillas, ya que la comunidad local ha sido testigo de algunos efectos como el aumento de eventos de aluviones y crecidas de ríos, así como mayores temperaturas atmosféricas en verano y una variabilidad de la estación del año en que se produce el óptimo ambiental para la captación de las semillas.

Ante esta situación, se implementaron dos tipos de monitoreo en esta caleta, un monitoreo autónomo que consiste en una Plataforma oceanográfica con sensores de última generación, que realizan mediciones de alta frecuencia de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila, turbidez y pH. Esta plataforma es parte de un sistema de observación oceanográfico del Núcleo Milenio MUSELS y comenzó a realizar mediciones desde agosto de 2018. Por otra parte, se implementó una capacitación en monitoreo ambiental participativo (programa FAO) que incluía la obtención manual de variables ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno, turbidez) en una estación de cultivo experimental de choritos y en la zona del banco natural, con objeto de conocer los rangos de variación de estas variables en ambas zonas. Mediante estas actividades se logró acercar a algunas personas de la comunidad, al monitoreo de la zona costera y de esta forma incrementar su conocimiento de las características del ecosistema, así como de la utilidad de contar con monitoreos asociados especialmente a estas zonas de cultivo. En la actualidad, se continúan realizando algunas mediciones manuales que van acompañadas de registros biológicos del cultivo de chorito (talla, peso, estado de condición) y que son llevadas a cabo por un pescador (acuicultor) artesanal local. Con la continuidad de estas mediciones se podrán obtener suficientes datos para relacionar las variables ambientales con los indicadores biológicos, así como detectar cambios o eventos anormales en la columna de agua.



©Luisa Saavedra

Experiencia de monitoreo costero participativo asociado a la acuicultura de pequeña escala

6. Instrumentos para el monitoreo ambiental

6.1 Multiparámetro

Equipo que permite medir puntualmente distintos parámetros ambientales dentro de diferentes rangos (Cuadro 10) en un cuerpo de agua, que puede ser transportado fácilmente logrando realizar observaciones en diferentes sitios (variabilidad espacial) y a diferentes profundidades, dependiendo de la longitud de la sonda (Figura 26).

CUADRO 10

Detalle de parámetros y rangos que permite registrar el Multiparámetro Aquaplus

Parámetro	Rango	Resolución	Unidad
Temperatura (TEMP)	-5 - 50	0,1	°C
Oxígeno disuelto (DO)	0 - 50	0,01	mg/L
Oxígeno disuelto (DO)	0 - 500	0,1	%sat
Salinidad (SAL)	0 - 70	0,01	PSU
Sólidos disueltos totales (TDS)	0 - 100,000	0 - 9999	g/ L

FIGURA 26
Componentes del Multiparámetro Aquaplus



6.1.1 Forma de uso

- Prender presionando la tecla roja. NO la mantenga apretada. Cuando se prende por primera vez hay que seleccionar el Lenguaje (Inglés) y fijar la hora
- Para seleccionar el lenguaje, mueva el cursor usando el botón de flecha hacia abajo. Para aceptar la opción presione la tecla OK.
- Luego se debe ajustar la fecha y hora, utilizando las flechas para mover el cursor y para ajustar los valores. Presionar la tecla OK cuando finalice el ajuste.
- Se puede regresar a estas pantallas después utilizando la tecla MENÚ.

6.1.2 Mediciones

- Introducir el sensor en el agua, agitar un poco para eliminar las burbujas de aire atrapadas en el sensor de oxígeno.
- Prender el instrumento.
- Los registros se mostrarán en la pantalla al igual que el estado del GPS. (Figura 27)

- Con las teclas izquierda/derecha se puede seleccionar más datos.
- Cualquier valor que esté fuera del rango será mostrado con guiones.

FIGURA 27

Ejemplo de la información que entrega un multiparámetro en su pantalla, y su uso en una embarcación y en la orilla del mar



6.1.3 Cuidados

- El instrumento es solo a prueba de agua cuando está conectado al sensor. Sin la conexión puede entrar agua en el punto de unión, lo que puede dañar el equipo.
- Requiere 5 baterías AA. Pueden ser alcalinas o recargables, pero NUNCA se deben mezclar los tipos de baterías. Si no se utilizará el instrumento durante un tiempo, se recomienda remover las baterías.
- El instrumento indica cuando se requiere cambiar las baterías.
- Siempre asegurarse que el instrumento esté apagado antes de conectar o desconectar el sensor.

6.1.4 Calibración

Antes de utilizar, la saturación de Oxígeno disuelto (DO) debe ser probada en aire húmedo y recalibrada si es necesario. Para una lectura óptima, calibrar el DO 100% saturación cercana a la temperatura de la muestra.

La sección de DO del electrodo debe ser calibrada a saturación cero al menos una vez al mes. El sensor de EC (conductividad) debe ser calibrado una vez al mes para mejores resultados, pero se aceptan frecuencias de calibración menores si el sensor se guarda limpio (Figura 28).

El procedimiento para la calibración del Oxígeno disuelto y la conductividad se detalla en el **Anexo 1**.

FIGURA 28
Multiparámetro Aquaplus con soluciones de calibración



6.2 Disco Secchi

Es un instrumento de medición de la penetración de la luz y por ello de la turbidez en cuerpos de agua como ríos, lagos y mares

Características.

- Disco que mide 20 a 30 cm de diámetro.
- Está dividido en cuartos blancos y negros alternados.
- Cuerda graduada cada 50 cm.



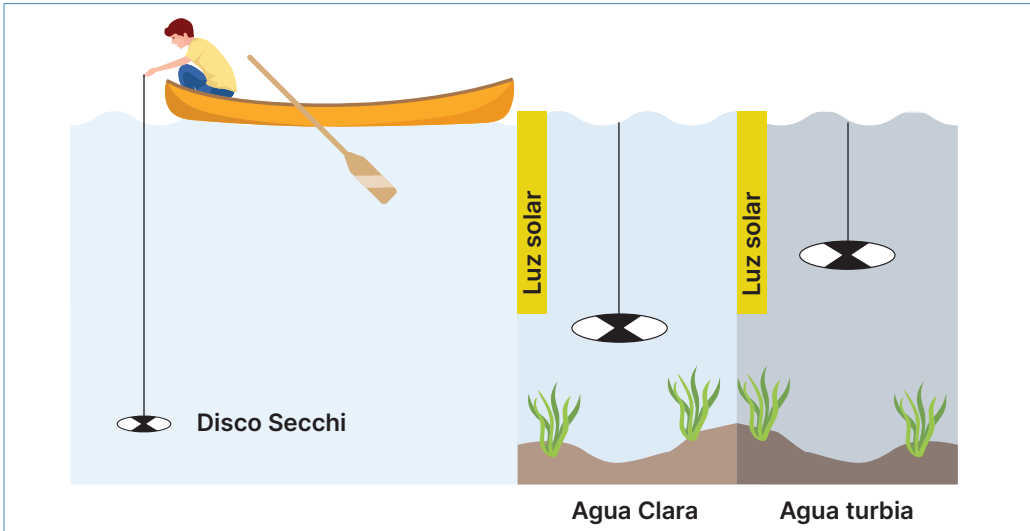
©Luisa Saavedra

Disco secchi.

6.2.1 Forma de uso

1. Realizar la medición siempre desde la superficie del agua. (Figura 29)
2. A sotavento y en el lado de sombra de la embarcación se introduce el disco Secchi atado a una cuerda graduada
3. Se anota la profundidad que el disco alcanza hasta que se pierde de vista.
4. Los pasos 2 y 3 se repiten al menos 3 veces y se anota el promedio de las mediciones.

FIGURA 29
Esquema de uso de disco Secchi y representación de las diferencias entre aguas turbias y claras



6.3 Sensor de temperatura autónomo

Sensor que mide la temperatura del agua en forma continua, y con la frecuencia que se requiera. Uno de los sensores más sencillo de utilizar es el HOBO Tidbit, ya que permite descargar los datos mediante bluetooth con el celular (Figura 30 y 31).

FIGURA 30
Sensor de temperatura autónomo

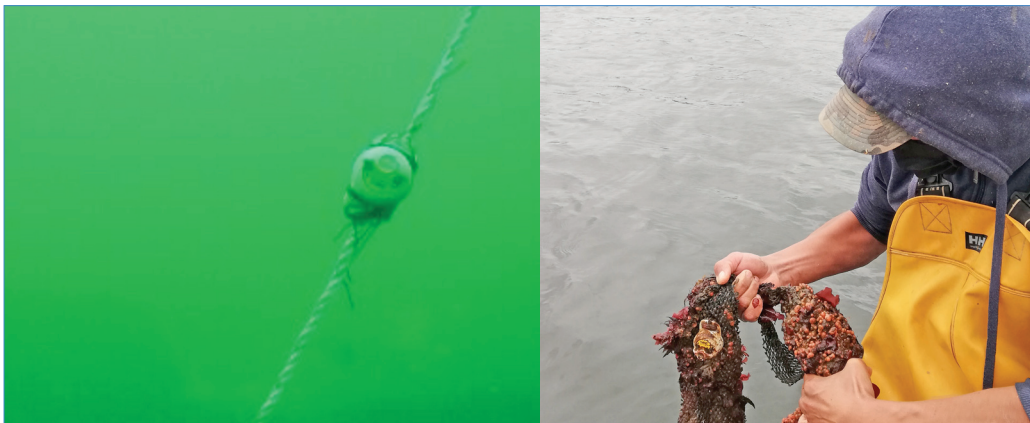
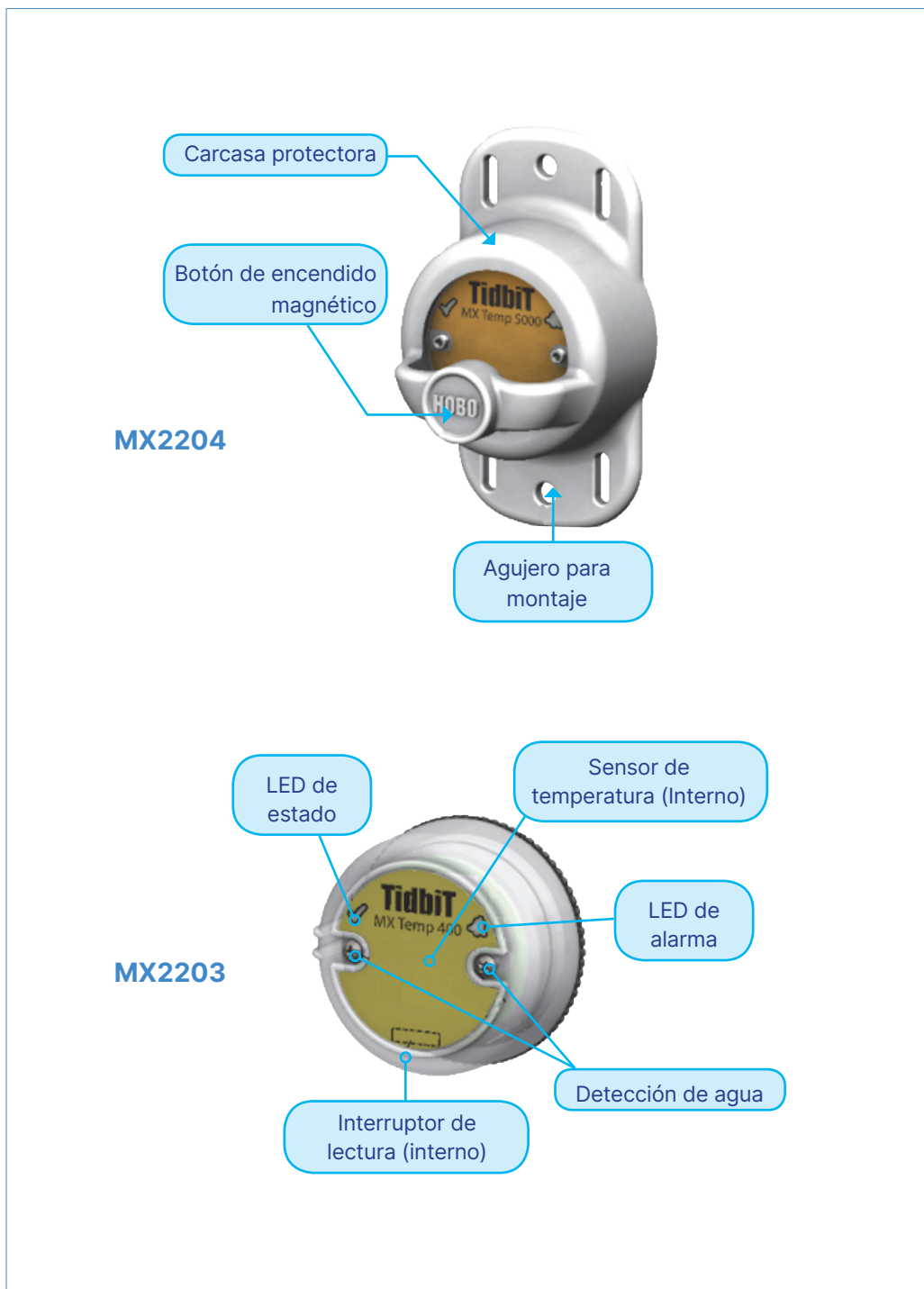


FIGURA 31

Sensor autónomo de temperatura Tidbit de Hobo, modelo MX2204 (cubierta) y MX2203 (sensor)



1. Descargar **HOBOMobile** en el celular o Tablet utilizando AppStore o Google Play.
2. Abrir **HOBOMobile**. Prender el Bluetooth en el celular.
3. Para el primer uso: Apretar firmemente el botón de encendido magnético para encenderlo. Ambos LEDs van a parpadear una vez cuando se encienda. Aparecerá el icono de HOBOMobile en la aplicación (al final de la pantalla), se escoge para conectar el equipo. Una vez conectado, escoja la opción de configuración del sensor.

Notar que la opción por defecto en la configuración del sensor es "Bluetooth siempre prendido" (Always On). Esta opción gasta mayor energía, por lo que se puede cambiar a: "Bluetooth siempre apagado" (Always Off) o "**Bluetooth detectado fuera del agua**" (Off Water Detect). Se recomienda esta última opción, ya que el sensor se conecta a bluetooth solo cuando está fuera del agua.

Una vez que quede configurado con esta opción (detectado fuera del agua), *ya no es necesario realizar el paso 3* de esta instrucción, ya que el icono aparecerá automáticamente en la aplicación cuando se extraiga el sensor del agua.

Una vez que el sensor está conectado, se puede seleccionar una de las siguientes acciones:

- **Configure** (configurar)
- **Readout** (descargar los datos)
- **Full Status details** (estado)
- **Start Logging** (Iniciar el registro)
- **Stop Logging** (Parar el registro)
- **Page Logger LED**: presionar y mantener esta opción para iluminar la alarma y estado de los LEDs por 5 segundos.
- **Logger Password** (Clave del sensor): se puede crear una clave para que no se pueda conectar otro celular. Para resetear la clave, se selecciona la opción "Set Logger Passkey" y Reset to Factory Default.
- **Update Firmware**: cuando existe una actualización de la aplicación, esta opción aparece en la lista. Se debe seleccionar y seguir las instrucciones en la pantalla. Es importante chequear el nivel de la batería antes de realizar esta actualización. Debe ser >30%. Además, se debe asegurar que el sensor permanezca conectado a la aplicación durante todo el proceso de actualización.
- **Force Offload**: esto aparece si se encontró un error al cargar los ajustes de configuración. Seleccionar esta opción para descargar todos los datos antes de reconfigurarlo.

En la opción CONFIGURE se debe escoger el Intervalo de registro (Tap Logging).

Presionar el botón Start en la aplicación después de salvar todos los cambios en la configuración.

Instalar el sensor en el lugar escogido para monitorear la temperatura.

Bajar los datos: Remover el sensor del agua. Abrir la aplicación HOBOMobile. Conectar al icono del sensor que aparece en la aplicación. Apretar el botón Readout en la aplicación. Los datos se almacenan en el celular. Apretar la opción Data Files y luego la vista del minigraph para ver el gráfico de los datos y/o compartirlos.

Para la descarga de los datos de este sensor seguir los pasos detallados en el **Anexo 2**

6.3.2 Consideraciones

- Rango de distancia entre el teléfono y el sensor para el apropiado funcionamiento: <30.5 m.
- Evitar que existan obstáculos entre el sensor y el celular.
- Si el sensor aparece en la lista de Bluetooth pero no se puede conectar a él, cierre la aplicación HOBOMobile y apaga-enciende el celular.

6.4 Estación meteorológica

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar diversas variables meteorológicas:

- Dirección y velocidad del viento.
- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Precipitación.
- Presión atmosférica.

Esta información y datos sirven tanto para hacer predicciones como para la toma de decisiones para la navegación y trabajo en terreno.

Con los datos de velocidad del viento (en nudos o km/h) se puede utilizar la Escala de fuerza de vientos Beaufort (Cuadro 11) para relacionar la fuerza del viento con los efectos que produce en el mar, y de esta forma saber si es apropiado embarcarse o realizar actividades en la costa.

CUADRO 11

Escala de fuerza de vientos Beaufort

Grado	Denominación	Velocidad (km/h)	Velocidad (nudos)	Especificaciones
0	Calma	0 - 1	< 1	Mar llana como un espejo
1	Ventolina	1 - 5	1-3	Mar rizada. Pequeña ondulación
2	Flojito (brisa muy débil)	6 - 11	4-6	Pequeñas olas cortas. Mar rizada
3	Flojo (brisa débil)	12 - 19	7-10	Las olas empiezan a romperse. Rizada
4	Bonancible (brisa moderada)	20 - 28	11-16	Olas bajas algo largas. Marejadilla
5	Fresquito (brisa fresca)	29 - 38	17-21	Olas largas. Marejada
Peligro para embarcaciones menores				
6	Fresco (brisa fuerte)	39 - 49	22-27	Grandes olas que rompen. Crestas blancas. Mar gruesa
7	Frescachón (viento fuerte)	50 - 61	28-33	Espuma longitudinal por el viento. Mar muy gruesa
8	Temporal (viento duro)	62 - 74	34-40	Olas altas que rompen. Espuma en bandas. Mar arboleada
9	Temporal fuerte (viento muy duro)	75 - 88	41-47	Olas muy gruesas. El mar ruge. Mala visibilidad por rociones y espuma
10	Temporal duro (temporal)	89- 102	48-55	Olas muy gruesas. Superficie del mar blanco. El mar ruge. Espuma en el aire.
11	Temporal muy duro (borrasca)	103 - 117	56-63	Olas muy grandes. Mar blanca. Navegación imposible.
12	Temporal huracanado (huracán)	> 118	>64	Aire lleno de espuma y de rociones. Visibilidad casi nula.

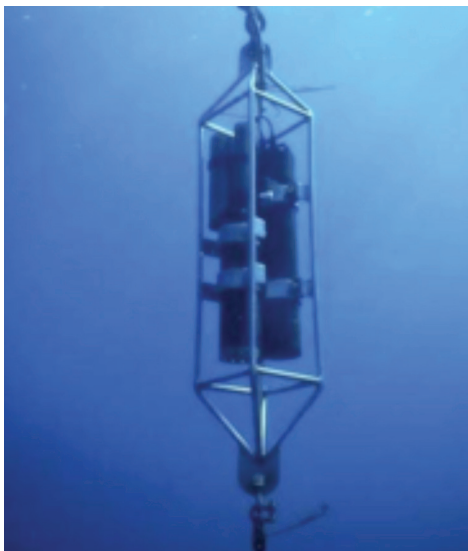
6.5 Plataforma oceanográfica

Una plataforma oceanográfica integra diferentes sensores para el registro de variables ambientales, logrando registrar varios parámetros en forma simultánea y a una alta frecuencia temporal (ejemplo registro de datos cada 1 hora) (Figura 32). De esta forma, las plataformas oceanográficas permiten realizar una muy buena observación de la escala temporal, pero cubriendo una baja escala espacial. Ejemplos de plataformas son la Plataforma de CEAZA frente a Tongoy, Boya POSAR (Centro CR2) cercana a Coliumo, y la plataforma MUSELS en Caleta el Manzano.

Uso de la información

Los datos e información generada por las plataformas oceanográficas permiten observar los cambios en el tiempo de los parámetros registrados. De acuerdo a la frecuencia de los registros y medición datos es posible observar cambios a alta frecuencia, como por ejemplo cambios diurno-nocturnos, cambios mareales, semanales, inter-mensuales, mensuales, etc. Además, si el registro y medición de datos posee una mayor extensión en el tiempo (por ejemplo años) es posible observar y explicar procesos de baja frecuencia y de amplia cobertura en el tiempo, como por ejemplo cambios interanuales, decadales, etc

FIGURA 32
Plataforma Oceanográfica Costera para el monitoreo autónomo



©Centro CEAZA



©Luisa Saavedra

Nota: Izquierda, Sensores instalados en plataforma oceanográfica de Bahía Tongoy.

Derecha Plataforma oceanográfica instalada en Caleta El Manzano (Nucleo Milenio MUSELS).



©Luisa Saavedra

Monitoreo participativo con pescadores de Caleta Coliumo.

7. Administración y gestión para un sistema de monitoreo ambiental participativo

7.1 Componentes y funcionalidad

Para asegurar el funcionamiento del Sistema de monitoreo, es necesaria la articulación y colaboración entre el mundo científico, las instituciones públicas y las organizaciones de hombres y mujeres de la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala. Como primer requisito para que un Sistema de monitoreo sea participativo, funcione adecuadamente y sea sostenible en el tiempo, es importante que la necesidad de implementarlo se origine **“desde las propias comunidades locales”**. Para esto, se debe generar una transferencia de conocimiento, que demuestre y refuerce la utilidad y aplicabilidad del monitoreo para apoyar la administración y manejo de los recursos, así como desarrollar capacidades de pronóstico y respuesta ante nuevos eventos que, en el contexto del cambio climático, puedan perjudicar la actividad pesquera. Para esto se pueden generar **programas de capacitación** en monitoreo ambiental orientados a hombres y mujeres de la pesca y acuicultura, con objeto de potenciar el interés de las comunidades costeras para implementar este tipo de sistemas en sus localidades.

Antes de comenzar el proceso de implementación del Sistema de Monitoreo local, es relevante realizar un análisis detallado de la composición de la comunidad costera y seleccionar aquellas organizaciones que estén interesadas en participar y comprometerse directamente en el monitoreo. Lo idóneo es que todas las organizaciones interesadas se reúnan y escojan a personas encargadas del Sistema de Monitoreo ambiental, ya que deben existir responsables que velen por la implementación y sostenibilidad del monitoreo. Este grupo de personas (grupo encargado del monitoreo local) se encargará de las gestiones y la coordinación necesarias para llevar a cabo las distintas etapas del Sistema de monitoreo.(Figura 33)

A pesar de que el sector pesquero artesanal ha sido tradicionalmente masculino (las mujeres representan solo un 24% del Registro Pesquero Artesanal), es cada vez más importante el aporte de las mujeres en actividades complementarias como el turismo y la acuicultura, que surgen como alternativas sustentables para sobrellevar la crisis económica y climática (Álvarez et al.2017). En este contexto, resulta fundamental que el grupo que se hará cargo del Sistema de Monitoreo, incluya a mujeres asociadas a las actividades productivas de la caleta. Esta medida permite incorporar las experiencias y conocimientos tradicionales de las mujeres en el diseño e implementación del monitoreo, reduciendo a su vez la brecha de género y fortaleciendo el papel de las mujeres en el proceso de adaptación al cambio climático.

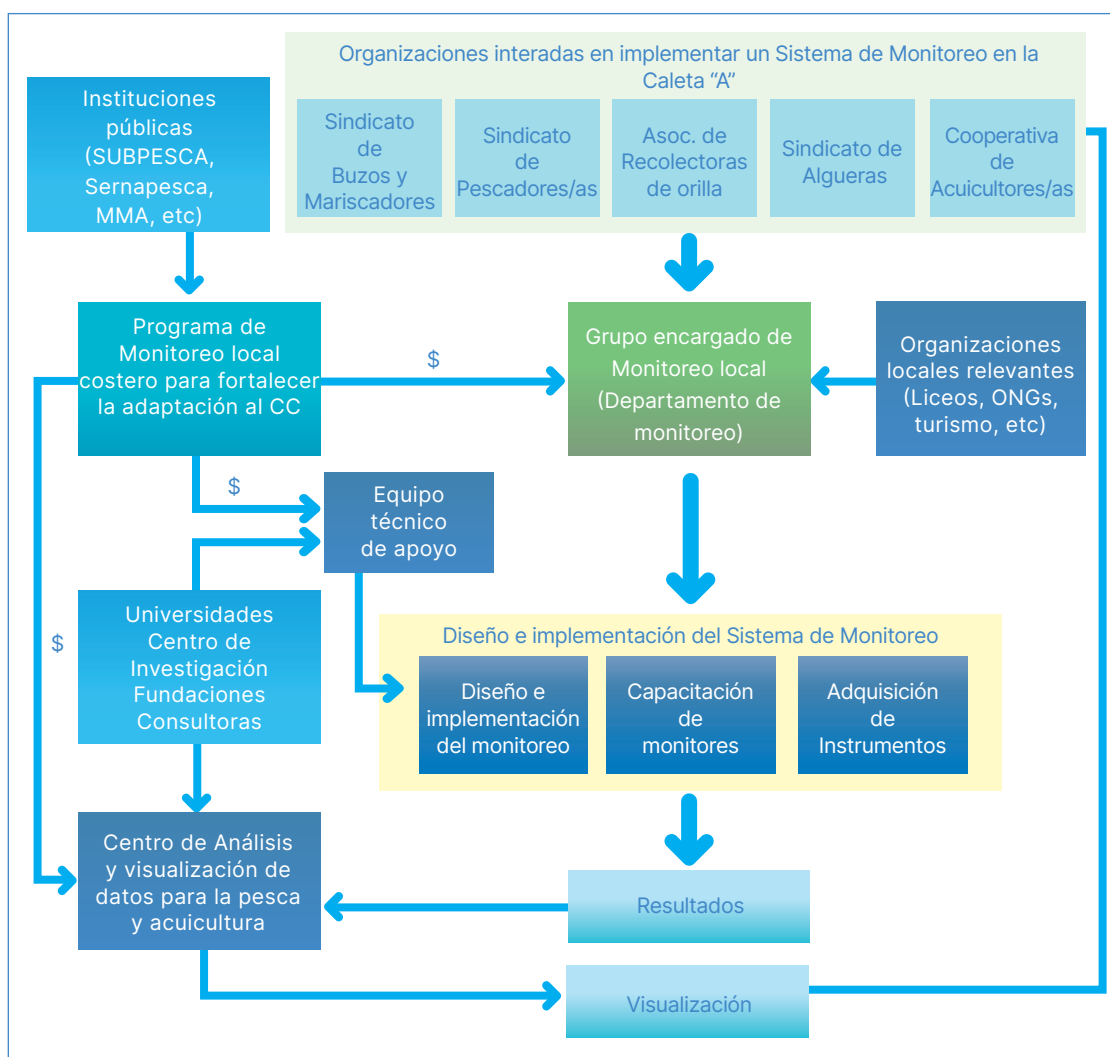
El proceso de diseño e implementación del Sistema de monitoreo deberá ser apoyado y acompañado por un equipo técnico, al menos durante la etapa inicial (mínimo 1 año). Este equipo

se coordinará con el Grupo encargado del monitoreo de cada comunidad, generando las acciones necesarias para diseñar el monitoreo más apropiado a las necesidades y la realidad local. Este equipo técnico también se encargará de **capacitar** a las y los miembros de la comunidad que participen directamente de los monitoreos (pueden ser parte del grupo encargado u otras personas).

Para llevar a cabo el monitoreo y que pueda tener continuidad en el tiempo, es necesario contar con una estructura organizacional y con una fuente de financiamiento. En la Figura 33 se presenta un ejemplo de estructura para el funcionamiento y seguimiento del Sistema de Monitoreo.

FIGURA 33

Propuesta de Estructura organizacional para la implementación y sostenibilidad de un Programa de monitoreo local costero para fortalecer la adaptación al cambio climático



Esta propuesta se basa en la experiencia obtenida a partir del Programa de monitoreo local llevado a cabo en cuatro caletas piloto de Chile. A través de ellas fue posible evidenciar la necesidad de contar con una entidad pública encargada de implementar un Programa de monitoreo a nivel nacional que cuente con financiamiento y posea una estructura apropiada para coordinar y gestionar los sistemas de monitoreo locales. Esta entidad, podría denominarse *“Servicio nacional de Monitoreo local costero”* y debiera estar alojada idealmente dentro de una institución pública o privada (ej. SUBPESCA, IFOP), pero depender a su vez del Grupo de trabajo interinstitucional (SUBPESCA, Sernapesca, MMA, etc) y contar con un presupuesto estable para la implementación de estos sistemas en diferentes caletas de Chile y para generar programas de capacitación en monitoreo para hombres y mujeres de la pesca y acuicultura. El financiamiento del programa de monitoreo de las caletas a nivel nacional podría incluirse en el *“Programa de investigación para la regulación de la pesca y acuicultura”* que establece los estudios que deben ser gestionados por el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura, ya que este programa incluye el monitoreo y análisis de condiciones oceanográficas, ambientales y sanitarias apropiadas para el ejercicio sustentable de la acuicultura (Res. Ex.Nº3782-2019).

Debido a que la implementación del Sistema de monitoreo requiere contar con capacidades técnicas y apoyo por parte de equipos externos (consultoras, universidades, etc) al menos durante la primera etapa, es posible generar un *“Programa de capacitación en Monitoreo costero participativo”* para que pueda ser realizado por hombres y mujeres de la pesca y acuicultura que se interesen. Esto podría ser incluido en los programas de capacitación de INDESPA, con lo que se fortalece la *“profesionalización del pescador artesanal”*, lo que es cada vez más relevante para lograr la sostenibilidad de la actividad pesquera y acuícola.

Como uno de los requerimientos más importantes para cualquier monitoreo es el análisis y la interpretación de los datos, para observar las fluctuaciones de las variables, es indispensable contar con un *Centro de Análisis y Visualización de datos*. A esta unidad se transfieren los datos registrados mediante la App AquaMonit para luego procesarlos, interpretarlos y graficarlos para que queden disponibles en una plataforma web pública, a la que accedan fácilmente las personas de la comunidad costera. Este centro de análisis podría ser parte del Servicio nacional de monitoreo local.

Cabe destacar que los datos provenientes del monitoreo local participativo, serían un complemento a un Sistema de monitoreo científico e institucional (ej. Sistema Integrado de Observación del Océano Chileno (SIOOC)), serán de menor calidad y precisión, pero tendrán como principal finalidad contar con información proveniente directamente de las caletas de Chile que permitan visualizar tendencias de las variables, así como registros durante eventos anómalos que se produzcan en la costa.

7.2 Financiamiento del sistema de monitoreo local

La implementación de un Sistema de monitoreo local en las caletas pesqueras de Chile, requiere además de una estructura institucional apropiada, contar con fuentes de financiamiento (Cuadro 12) públicas/ privadas que permitan sostener en el tiempo este sistema, ya que la sostenibilidad es fundamental para que sea de utilidad para las comunidades e instituciones. Este financiamiento será requerido especialmente durante la primera etapa de capacitación en monitoreo ambiental, ya que luego de esta etapa, los y las monitores(as) comprenderán que la información obtenida les sirve para tomar decisiones importantes para la pesca y acuicultura y por lo tanto, la incorporarán como parte de sus actividades productivas. Es por esto que en la etapa de capacitación se considera un incentivo a las personas encargadas del monitoreo, ya que deberán usar parte de su tiempo e infraestructura, en aprender a realizar el monitoreo.

CUADRO 12

Presupuesto anual general para la implementación y mantención de un sistema de monitoreo ambiental local básico (para una caleta, primer año de implementación). Basado en costos del año 2020 en CLP

Descripción	Detalle	Costo aproximado (USD)
Instrumentos de monitoreo costero Manual Autónomo	Multiparámetro Aquaplug	2 100
	Soluciones de calibración	270
	Disco Secchi	110
	Sensor Tidbit Hobo	210
Equipo de Muestreo y embarcación	Hh de 2 personas y arriendo de embarcación. Considerando una frecuencia de muestreo cada 15 días	210 * 24 4 950
Apoyo técnico	Contratación de asesor externo para capacitar y acompañar el monitoreo durante la primera etapa	82 000
Servicio de análisis y visualización de datos (IFOP)	Mantención anual de profesional encargado del análisis y procesamiento de los datos provenientes del monitoreo local. Se encarga de mantener la página web de visualización de datos locales	5 500
COSTO TOTAL		21 340

Referencias

- Abram, N., Gattuso, J.P., Prakash, A., Cheng, L., Chidichimo, M.P., Crate, S., Enomoto, H., Garschagen, M., Gruber, N. & Harper, S.** et al. 2019. *Farming and Context of the Report*, in: H.-O. Pörtner, D.C.R., V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J.P., B. Rama, N.M.W., eds.. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, pp. 73- 129. (También disponible en <https://www.ipcc.ch/srocc/>).
- Aguayo, R., León-Muñoz, J., Vargas-Baecheler, Montecinos, A., Garreaud, R., Urbina, M., Soto, D. & Iriarte, J. I.** 2019. *The glass half-empty: climate change drives lower freshwater input in the coastal system of the Chilean Northern Patagonia*. Climatic Change (2019) 155: 417. (También disponible en <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02495-6>).
- Álvarez, M. Stuardo, G., Collao, D. y Gajardo, C.** 2017. *La visualización femenina en la pesca artesanal: transformaciones culturales en el sur de Chile*. Polis 46.
- Avendaño, M. y Cantillán, M.** 2008. *Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo*, in: Lovatelli, A., Farías, A. eds., *Estado Actual del Cultivo y Manejo de Moluscos Bivalvos y su Proyección Futura: Factores que Afectan su Sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de La FAO. 20-24 de Agosto de 2007. Puerto Montt, Chile, pp. 249-266.
- Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F., eds.** 2018. *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO. 628 pp. (También disponible en www.fao.org/3/i9705en/i9705en.pdf).
- Bindoff, N.L., Cheung, W.W.L, Kairo, J.G., Arístegui, J., Guinder, V.A., Hallberg, V., Hilmi, N., Jiao, N. Karim, M.S., Levin, L., O'Donoghue, S., Purca Cuicapusa, S.R., Rinkevich, B., Suga, T., Tagliabue, A. & Williamson, P.** 2019. *Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities*. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. (También disponible en <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-5/>).
- Bondad-Reantaso, M.G. & Subasinghe, R.P., eds.** 2013. *Enhancing the contribution of small-scale aquaculture to food security, poverty alleviation and socio-economic development*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 31. Rome. FAO. 255 pp. (También disponible en <http://www.fao.org/3/i3118e/i3118e.pdf>).

- Cabré, A., Marinov, I., Bernardello, R. & Bianchi, D.** 2015. *Oxygen minimum zones in the tropical Pacific across CMIP5 models: mean state differences and climate change trends*. Biogeosciences, 12 (18). 5429-5454. (También disponible en <https://doi.org/10.5194/bg-12-5429-2015>).
- Cai, W., Santoso A., Wang G., Yeh S-W., An S., Cobb K-M., Collins M., Guilyardi E., Jin F-F., Kug J-S. et al.** 2015. *ENSO and greenhouse warming*. Nature Clim Change 5, 849-859. (También disponible en <https://doi.org/10.1038/nclimate2743>).
- Cai, W., Wang G., Dewitte B., Wu L., Santoso A., Takahashi K., Yang Y., Carréric A., & McPhaden M.J.** 2018. *Increased variability of eastern Pacific El Niño under greenhouse warming*. Nature 564, 201-206. (También disponible en <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0776-9>).
- Campos, R.** 2016. *Análisis de Marejadas Históricas y recientes en las costas de Chile*. Memoria de Título de Ingeniería Civil Oceánica de la Universidad de Valparaíso.
- Falvey, M. & Garreaud, R.** 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. (También disponible en <https://doi.org/10.1029/2008JD010519>).
- Farías, L., Acuña, E., Aguirre, C., Álvarez, S., Barbieri, M. A., Delgado, V., Dewitte, B., Espinoza, O., Pinilla, E., Fernández, C. et al.** 2019. *Propuestas para la actualización del Plan de Adaptación en Pesca y Acuicultura*. Mesa Océanos-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 88 páginas.
- FAO.** 2016. *Desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental para mejorar la prevención y capacidad de adaptación al cambio climático de las comunidades pesqueras y acuícolas: caso de estudio estero real Nicaragua*. FAO Circular de Pesca y Acuicultura No. 1112. Roma. (También disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5509s.pdf>).
- FAO.** 2017. *Developing an Environmental Monitoring System to Strengthen Fisheries and Aquaculture Resilience and Improve Early Warning in the Lower Mekong Basin*. Bangkok, Thailand, 25-27 March 2015, by Virapat, C., Wilkinson, S. and Soto, D. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 45. Rome, Italy. (También disponible en www.fao.org/3/a-i6641e.pdf).
- FAO.** 2019. *Proyecto Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático*. Folleto. Santiago. 7 págs. (También disponible en www.fao.org/3/ca5785es/CA5785ES.pdf).

- Garreaud R, Alvarez-Garretón C, Barichivich J, Boisier, J.P., Christie D., Galleguillos, M., LeQuesne C., McPhee, J. & Zambrano B.** 2017. *The 2010–2015 mega drought in Central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation*. *Hydrology and Earth System Sciences* 21:6307. (También disponible en <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>).
- Garreaud, R. D. & Falvey, M.** 2009. *The coastal winds off western subtropical South America in future climate scenarios*. *International Journal of Climatology*, 29, 543–554.
- Guenuman, M. C.** 2014. *Efectos del Cambio en la Temperatura del Agua de Mar Sobre el Balance Energético en Adultos de *Mytilus chilensis*, *Mytilus galloprovincialis* y sus híbridos, bajo condiciones de Laboratorio*. Tesis UACH. (También disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/fcg927e/doc/fcg927e.pdf>).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).** 2019. *Summary for Policymakers*. In: H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer eds. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. (También disponible en <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers/>).
- Iriarte, J.L.** 2018. *Natural and Human Influences on Marine Processes in Patagonian Subantarctic Coastal Waters*. *Frontiers in Marine Science* 5, 360. (También disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00360/full>).
- Johnson, J., Welch, D., Hooper, E., Edney, G., Waterhouse, J. & Kaltavara, J.** 2018. *Community Marine Monitoring Toolkit : A locally-developed toolkit to inform community-based management of marine resources in Vanuatu*. *SPC Fisheries Newsletter*, 5, 2–6.
- Kipp, A., Cunsolo, A., Gillis, D., Sawatzky, A. & Harper, S.L.** 2019. *The need for community-led, integrated and innovative monitoring programmes when responding to the health impacts of climate change*. *International Journal of Circumpolar Health* 78. (También disponible en <https://doi.org/10.1080/22423982.2018.1517581>).
- Lagos, L., Uriarte, I. y Yany, G.** 2012. *Evaluación del potencial reproductivo del chorito (*Mytilus chilensis*) de dos poblaciones naturales sometidas a diferentes temperaturas de acondicionamiento*. *Latin american journal of aquatic research* 40, 389–397.
- Lagos, N.A., S. Benítez, C. Duarte, M. A. Lardies, B. R. Broitman, C. Tapia, P. Tapia, S. Widdicombe & Vargas, C. A.** 2016. *Effects of temperature and ocean acidification on shell characteristics of *Argopecten purpuratus*: implications for scallop aquaculture in an upwelling- influenced area*. *Aquaculture Environment Interactions*. 8: 357–370.

- León-Muñoz, J., M. A. Urbina, R. Garreaud, & Iriarte, J. L.** 2018. *Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (summer 2016)*. Scientific reports,8 (1), 1330. (También disponible en www.nature.com/articles/s41598-018-19461-4).
- Linares, J.C., Campo, G., Martínez, T.A., Ramírez, W., Cárdenas, K., Soto, C., Martínez, S., Jaramillo, U. y Ayazo, R.** 2017. *Implementar Estrategias de Rehabilitación de Humedales de la Región de la Mojana buscando recomponer el Suministro de Servicios Ecosistémicos, Aumentando así el Bienestar de sus Habitantes, a través de la Adaptación de las Dinámicas Naturales de una Plani*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (También disponible en <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>).
- Loncon-Paredes, D.** 2014. *Efecto combinado del CO2 y salinidad sobre la fisiología energética en juveniles de Mytilus chilensis*. Tesis de grado, Universidad Austral del Chile.
- MINECON.** 2015. *Plan De Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura*, Ministerio de Economía Fomento y Turismo, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio del Medio Ambiente.** 2019a. *Vulnerabilidad y Riesgo en Caletas Pesqueras*, en "Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile", Documento preparado por: Winckler, P., Contreras-López, M., Vicuña, S., Larraguibel, C., Mora, J., Esparza, C., Salcedo, J., Gelcich, S., Fariña, J. M., Martínez, C., Agredano, R., Melo, O., Bambach, N., Morales, D., Marinkovic, C., Pica, A., Volumen 7, Santiago, Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente,** 2019b. *Exposición de zonas costeras*, en "Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile", Documento preparado por: Winckler, P.; Contreras-López, M.; Vicuña, S.; Larraguibel, C.; Mora, J.; Esparza, C.; Salcedo, J.; Gelcich, S.; Fariña, J. M.; Martínez, C.; Agredano, R.; Melo, O.; Bambach, N.; Morales, D., Marinkovic, C.; Pica, A., Volumen 2 , Santiago, Chile.
- National Research Council.** 1990. *Managing Troubled Waters: The Role of Marine Environmental Monitoring*. Washington, DC: The National Academies Press. (También disponible en <https://doi.org/10.17226/1439>).
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).** 2020. *Climate at a Glance: Global Time Series*, National Centers for Environmental information, retrieved on August 31, 2020. (También disponible en <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>).
- Oliver, E. C. J., Donat, M.G., Burrows, M.T., Moore, P.J., Smale, D.A., Alexander, L.V., Benthuisen, J.A., Feng, M., Gupta, A.S. & Hobday, A.J. et al.** 2018. *Longer and more frequent marine heatwaves over the past century*. Nature Communications 9, 1324, 1–12. (También disponible en <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03732-9>).

- Oyarzún, P.A., Toro, J.E., Jaramillo, R., Guiñez, R., Briones, C. y Astorga, M.** 2011. *Ciclo gonadal del chorito *Mytilus chilensis* (Bivalvia: Mytilidae) en dos localidades del sur de Chile*. Latin american journal of aquatic research 39, 512–525.
- Ramajo, L., Fernández, C., Núñez, Y., Caballero, P., Lardies, M.A. y Poupin, M.J.** 2019. *Physiological responses of juvenile Chilean scallops (*Argopecten purpuratus*) to isolated and combined environmental drivers of coastal upwelling*. ICES Journal of Marine Science 76 (6) 1836-1849 (También disponible en <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz080>).
- Schneider, W., D. Donoso, J. Garcés-Vargas, & R. Escribano.** 2017. *Water-column cooling and sea surface salinity increase in the upwelling region off central Chile driven by a pole-ward displacement of the South Pacific High*. Progress in Oceanography 151, 38–48.
- Silva, C., E. Yáñez, M.A. Barbieri y Nieto, K.** 2003 *Asociaciones entre la pesquería de pequeños pelágicos, la clorofila a y la temperatura superficial del mar en la zona norte de Chile*. In: Actividad Pesquera y de acuicultura en Chile. E. Yáñez (Ed.), Escuela Ciencias del Mar, PUCV, 157-162.
- Silva, C., E. Yáñez, M.A. Barbieri, C. Bernal & Aranís, A.** 2015. *Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario*. Progress in Oceanography. 134: 343–355.
(También disponible en <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.03.004>).
- Silva C., I. Andrade, E. Yáñez, S. Hormazábal, M.A. Barbieri, A. Aranís & Böhm, G.** 2016. *Predicting habitat suitability and geographic distribution of anchovy (*Engraulis ringens*) due to climate change in the coastal areas off Chile*. Progress in Oceanography 146: 159-174.
(También disponible en <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.06.006>).
- Silva, C., F. Leiva, & Lastra, J.** 2019. *Predicting the current and future suitable habitat distributions of the anchovy (*Engraulis ringens*) using the Maxent model in the coastal areas off central- northern Chile*. Fisheries Oceanography 28, 2. 171-182.
(También disponible en <https://doi.org/10.1111/fog.12400>).
- Silva, C., Veas, C., Contreras, P., Aguilera, J., Correa, J., Veas, F. y Miranda, F.** 2020. Proyecto FAO N°12-2018 *Diseño de mapas temáticos y dinámicos que incorporen los efectos del Cambio Climático en la pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala*.
(También disponible en <https://atlasdelcambioclimatico.cl/>).
- Yáñez, E., Norambuena, R., Lagos, N., Silva, C., Letelier, J. Muck, K.P, San Martín, G., Benítez, S., Broitman, B., Contreras et al.** 2017. *Impacts of Climate Change on Marine fisheries and Aquaculture in Chile*. in: Bruce F.P., Pérez-Ramírez, M. eds. Climate change impacts on Fisheries and Aquaculture: a global analysis, Volume I, First edition. 239-332.
(También disponible en <https://doi.org/10.1002/9781119154051.ch10>).



©Luisa Saavedra

Monitoreo participativo con recolectoras de orella de la caleta El Manzano

Anexo 1

Procedimiento de calibración del multiparámetro Aquaplus

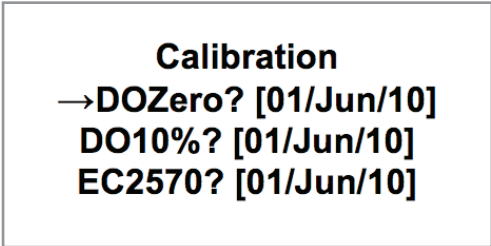
1. Calibración del oxígeno disuelto

El electrodo de oxígeno disuelto (DO) debiera ser calibrado al punto Zero de saturación por lo menos una vez al mes. Antes de utilizarlo, se debería revisar el punto de 100% de saturación en aire húmedo y recalibrar si es necesario. Para más precisión, calibrar el 100% saturación lo más cerca posible de la temperatura de la muestra.

Si se va a calibrar el punto Cero y 100% al mismo tiempo, **SIEMPRE** calibrar primero el punto Cero, y después el 100%. Para calibrar el DO seguir los siguientes pasos:

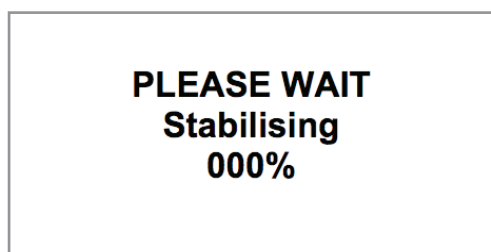
1.1. Calibrar el punto Cero de DO

- Remover la tapa de una botella de solución Aquaread DO Cero, lavar la sonda en agua destilada, secar muy bien y luego sumergir la sonda por completo. Golpee suavemente la sonda para eliminar cualquier burbuja de aire que pueda estar adherida al sensor.
- Prenda el AquaPlus Meter y espere hasta que la lectura de DO esté completamente estable. Mientras más tiempo puedas dejar la sonda para que alcance el equilibrio térmico, mejor.
- Asegure que la temperatura de la solución esté entre 5°C y 40°C
- Presiona la tecla MENU y seleccione Calibración. Aparecerá la siguiente pantalla:

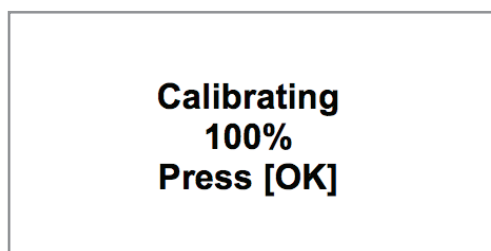


Calibration
→**DOZero? [01/Jun/10]**
DO10%? [01/Jun/10]
EC2570? [01/Jun/10]

e) Selecciones DO Cero, la pantalla cambiará a:



f) Si la calibración es exitosa, el contador alcanzará 100% y se mostrará la siguiente pantalla:



g) Presione la tecla OK y luego ESC repetidamente para volver al modo de operación normal

Si ocurre un problema durante la calibración, se mostrará un mensaje de error. Revisar la sección 11 del manual para manejar los mensajes de error. Si el error 09 persiste cuando calibre el DO, entonces se debe reemplazar la tapa DO

Remover la sonda de la botella de calibración, lave bien con agua fresca, sacuda el exceso de agua y seque con una tela suave o papel absorbente. Después de calibrar el punto Cero, SIEMPRE re-calibrar el punto 100%

1.2 Chequear y calibrar el punto de saturación 100% en aire húmedo

- Lavar la sonda con agua dulce, agitar para asegurar que no queden gotas adheridas a la tapa del DO.
- Envuelva el extremo de la sonda con un paño limpio o trozo de papel de seda humedecido con agua limpia. Asegúrese que todos los orificios finales están cerrados

- c) Espere hasta que se estabilice completamente la medición de temperatura. Esto es muy importante. Mientras más tiempo puedas dejar la sonda para que alcance el equilibrio térmico, mejor
- d) Chequear la lectura de DO. Si la lectura es: $100\% \pm 1\%$ no es necesario recalibrar.
- e) Si es necesario recalibrar, consulte nuevamente la pantalla que aparece en Menu> Calibration y seleccione DO 100%
- f) Espere mientras el Aquaplug Meter lleva a cabo la calibración
- g) Cuando se muestre en la pantalla "Calibrating 100%", presione OK y luego ESC repetidamente hasta volver al modo de lectura

Si ocurre un problema durante la calibración, se mostrará un mensaje de error. Revisar la sección 11 del manual para manejar los mensajes de error. Si el error 09 persiste cuando calibre el DO, entonces se debe reemplazar la tapa DO (DO Cap)

Para reemplazar la tapa DO revise el manual sección 12.6.

2. Calibración de conductividad

La calibración de de conductividad (EC) siempre se lleva a cabo en un solo punto. Se puede seleccionar tres puntos de calibración

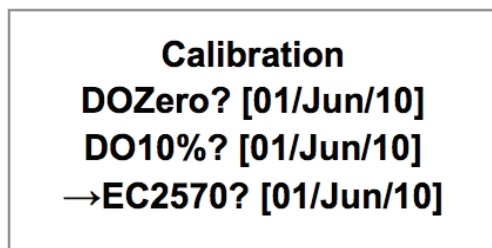
Si se utiliza la solución Aquaread RapidCal el punto de calibración es 2570 $\mu\text{S}/\text{cm}$

La cubierta de la sonda debe ser instalada durante la calibración

Para mejores resultados, calibrar semanalmente a temperatura cercana a 25°C. La sonda va a compensar las variaciones de temperatura en el estándar de calibración durante la calibración

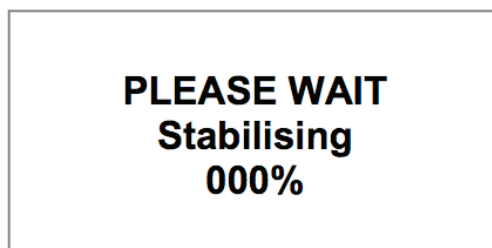
- a) Lave la sonda con agua destilada y seque muy bien, luego sumerja la sonda en la botella de calibración (RapidCal). Asegúrese que el nivel de líquido siempre sobrepase los agujeros superiores de la cubierta.
- b) Golpee suavemente la sonda para remover las burbujas de aire adheridas al sensor
- c) Prenda el AquaPlus Meter y espere hasta que la lectura de temperatura y EC esté completamente estable. Mientras más tiempo puedas dejar la sonda para que alcance el equilibrio térmico, mejor.
- d) Asegure que la temperatura de la solución esté entre 5°C y 40°C

e) Presiona la tecla MENÚ y seleccione Calibración. Aparecerá la siguiente pantalla:



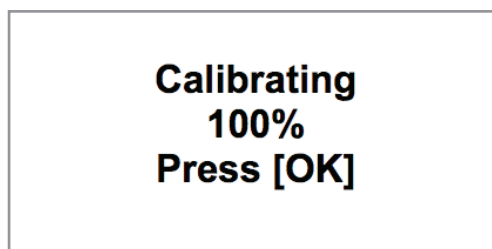
Calibration
DOZero? [01/Jun/10]
DO10%? [01/Jun/10]
→EC2570? [01/Jun/10]

- f) Mueva la flecha hacia abajo hasta seleccionar EC2570.
g) Presione OK para comenzar la calibración.



PLEASE WAIT
Stabilising
000%

h) Cuando la "Calibración 100%" aparezca presione OK.



Calibrating
100%
Press [OK]

Si la sonda detecta que el estándar de calibración seleccionado y el estándar usado no son iguales, aparecerá el Error 09.

3. Limpieza de contactos EC

De forma regular, remover la cubierta de la sonda y limpiar los cuatro contactos EC de metal situado al lado del electrodo DO/EC (EC Sensor Wires), usando una tela suave o cepillo de dientes con un detergente no abrasivo. Nunca utilizar solventes basados en alcohol para limpiar este electrodo.

4. Limpieza del Sensor

- Desatornillar cuidadosamente la cubierta del sensor, con lo cual quedan expuestos los sensores de EC y DO. Sin la cubierta el sensor es sumamente delicado. Manipular con mucho **CUIDADO!**
- Limpiar el electrodo y la cubierta con agua de la llave o bien en un recipiente con agua.
- Secar el electrodo usando tela suave. Sacar el agua desde la capa cobertora y volver a atornillar.
- NUNCA limpiar el sensor con ningún solvente.



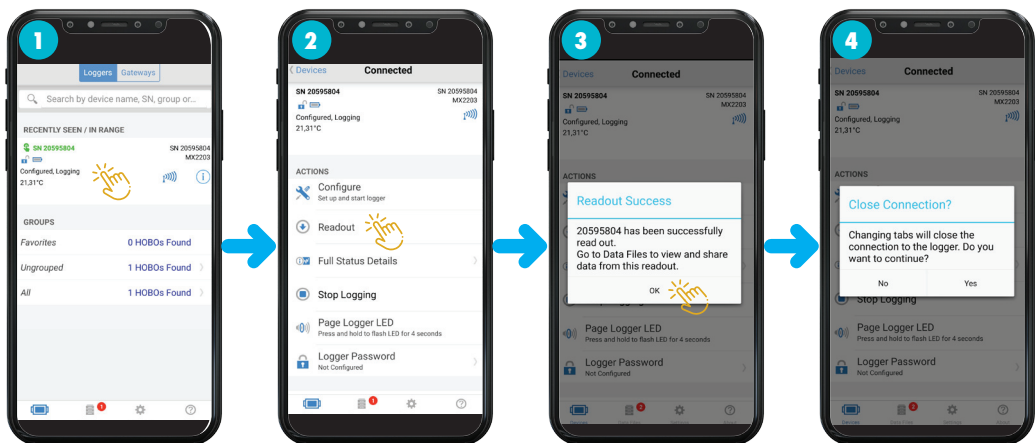


Anexo 2

Detalle de uso de la aplicación hobo mobile del sensor autónomo de temperatura

1. Descarga de datos

La descarga de datos se realiza usando la aplicación **HOBO mobile** que debe estar instalada en el móvil.



Al prender el bluetooth se verá el sensor

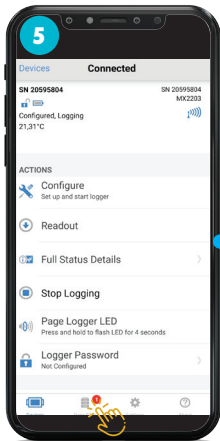
DESCARGAR DATOS

¿Cerrar conexión?

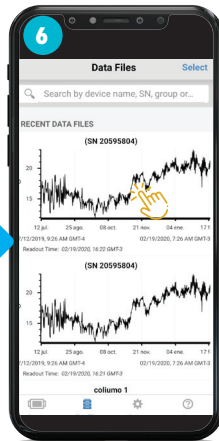
Cambiando pestañas cerrará la conexión con el sensor.
¿Desea continuar?

Lectura exitosa

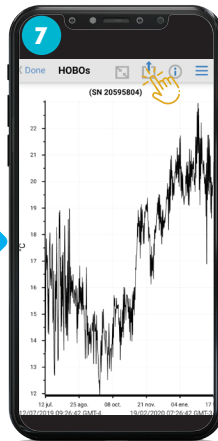
El sensor ha sido exitosamente leído.
Vaya a "Date Files" para ver y compartir los datos



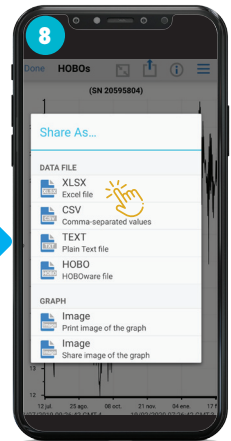
Seleccionar Data Files para ver y compartir los datos



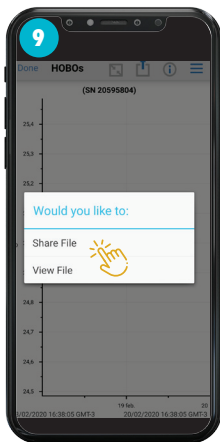
Seleccionar la gráfica más reciente (la primera que aparece)



Para descargar los datos pulsar el ícono indicado

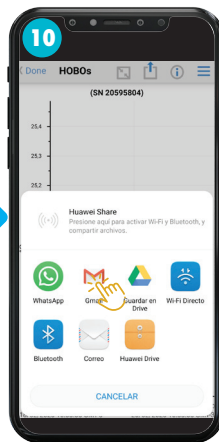


Seleccionar el formato del archivo

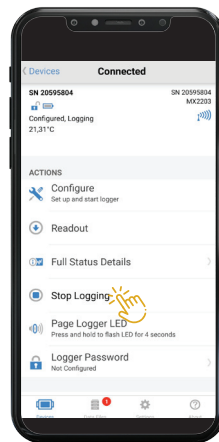


¿Que desea hacer?

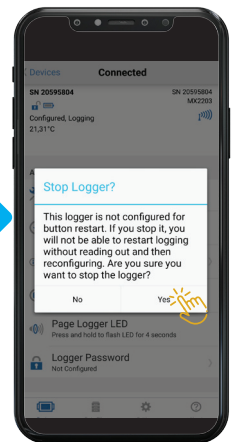
- Compartir archivos
- (recomendado) Ver archivos



Enviar el archivo por correo



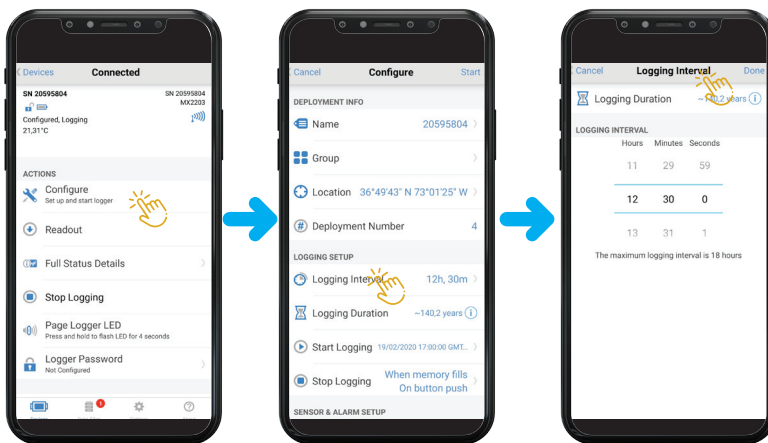
Parar la lectura



¿Parar el sensor?
 Este sensor no está configurado para prenderse nuevamente con el botón. Si lo para, no podrá volver a encenderlo sin antes descargar los datos y reconfigurarlo. ¿Está seguro que quiere parar el sensor?

2. Detener el sensor

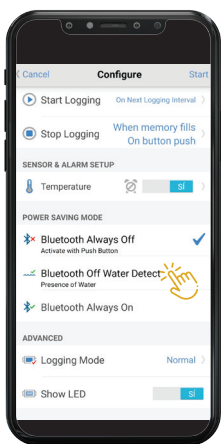
3. Configuración del intervalo de registro



Para programar el **intervalo de lectura del sensor**, se debe seleccionar: Logging Interval

El intervalo de lectura puede ser máximo 18 horas. Después de seleccionar la alternativa, apretar el icono "Done"

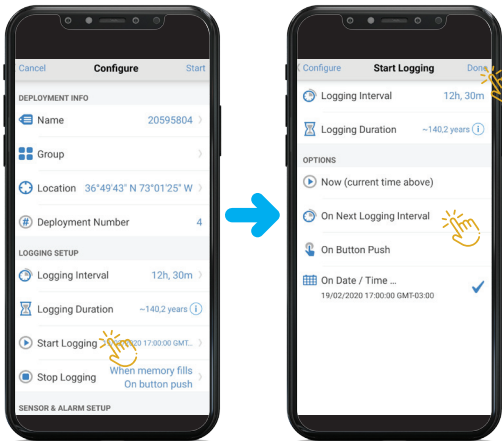
4. Configurar Bluetooth



Volver al menú de configuración y seleccionar las opciones de bluetooth:

- Bluetooth siempre apagado (se activa con el botón del sensor)
- Bluetooth detectado al sacar del agua
- Bluetooth siempre apagado

5. Configurar el inicio de la lectura



Opciones:

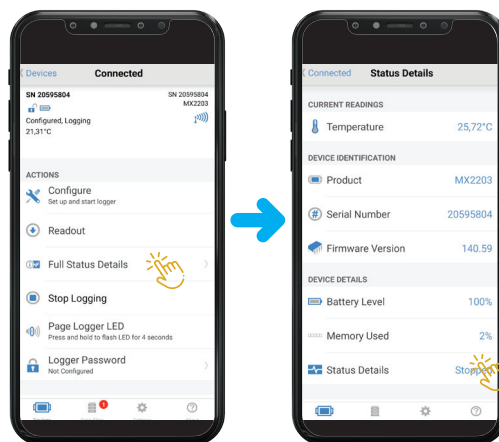
- Ahora
- En el siguiente intervalo de lectura
- Presionando el botón
- En una fecha/Tiempo

Después de seleccionar la alternativa, apretar el icono “Done”

En el menú de configuración seleccionar “Start Logging” (INICIAR LA LECTURA)

6. Estado del sensor

Ir al menú principal y seleccionar “Full status details” (Condiciones generales del sensor)



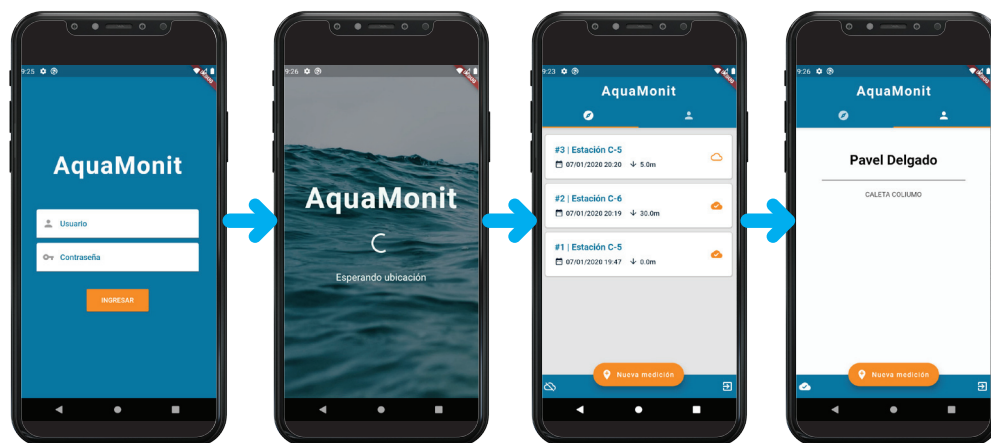
Se muestra:
Lectura actual de temperatura
identificación del producto

- Niveles de batería (Battery level)
- Memoria usada (Memory used)
- Estado del sensor (status details)

En esta última opción se puede verificar si el sensor se encuentra encendido o apagado

Anexo 3

Detalle de uso de la aplicación AquaMonit para el registro de datos ambientales costeros



PASO 1

Se crearán perfiles para los monitores de cada caleta. El usuario será el rut de la persona. Habrá un administrador de la app en cada caleta. Este paso de registro se deberá realizar solo una vez.

PASO 2

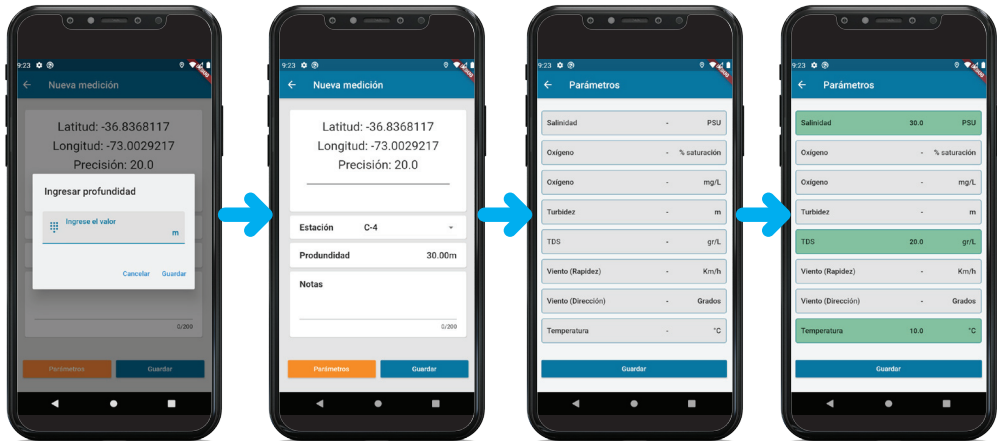
Una vez realizado el registro del usuario por primera vez, luego cada vez que ingrese a la app se presentará esta pantalla hasta que el GPS del dispositivo sea activado.

PASO 3

En esta pantalla se presenta cada uno de los registros realizados por el usuario. La nube naranja vacía indica que el registro no han subido al servidor (por falta de conexión a internet). La nube llena indica que los datos están sincronizados en el servidor.

PASO 4

Al seleccionar la opción de perfil de usuario, podrá revisar si sus datos son correctos.



PASO 5

Al seleccionar “Nueva medición” el usuario deberá ingresar la profundidad a la cual se hará el registro. La ubicación se registra automáticamente utilizando el GPS del móvil, y habrá un indicador tipo semáforo para informar la cercanía de la embarcación a la coordenada de la estación seleccionada.

PASO 6

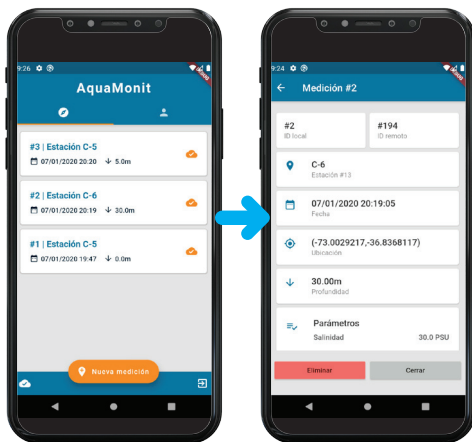
Luego de seleccionar la estación e ingresar la profundidad del registro, se pueden agregar notas u observaciones asociadas a ese registro en particular.

PASO 7

Luego se deben ingresar los detalles de la medición para cada una de las variables asociadas al registro.

PASO 8

Ejemplo de selección de tres parámetros. Después de seleccionarlos, se debe presionar “Guardar”.



PASO 9

Al presionar la opción de guardar, se regresa a la pantalla inicial y se puede realizar una siguiente medición.

PASO 10

Existe la opción de seleccionar un registro para revisar sus detalles eventualmente, eliminar del almacenamiento local si amerita. Sin embargo, este registro no se eliminará del servidor si es que ya fue sincronizado, en cuyo caso se preservará en el servidor pero quedará marcada su eliminación local por el usuario.



©Luisa Saavebra

Lanchas en Caleta Tongoy

Como medida de adaptación al cambio climático, que está afectando actualmente las costas de Chile y el mundo, es importante generar capacidades de mujeres y hombres asociados a la pesca y acuicultura, para llevar a cabo monitoreos ambientales participativos que contribuyan a aumentar el conocimiento de las comunidades sobre la variabilidad del ecosistema costero, y facilitando la detección de futuros eventos relacionados con el cambio climático. Esta publicación presenta información básica del sistema costero chileno, sus servicios ecosistémicos y los efectos del cambio climático sobre ellos, así como un manual práctico para el diseño e implementación de un monitoreo costero participativo, caracterizado por la interacción entre científicos, comunidades asociadas a la pesca y acuicultura e instituciones públicas encargadas de la gestión y manejo de la zona costera, y sus recursos. El manual recoge las lecciones aprendidas de la experiencia piloto realizada en cuatro caletas de Chile: Riquelme (Tarapacá), Tongoy (Coquimbo), Coliumo (Biobío) y El Manzano (Los Lagos). En estas, se diseñó participativamente un monitoreo asociado al cambio climático, a partir del cual se proponen algunas recomendaciones asociadas a la metodología y estrategias de sostenibilidad para la implementación de estos monitoreos en otras caletas del país.

ISBN 978-92-5-134035-6



9 789251 340356

CB3579ES/1/06.21