

AVANCES
DEL PERÚ EN LA
**ADAPTACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO
DEL SECTOR PESQUERO
Y DEL ECOSISTEMA
MARINO-COSTERO**

**AVANCES
DEL PERÚ EN LA
ADAPTACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO
DEL SECTOR PESQUERO
Y DEL ECOSISTEMA
MARINO-COSTERO**

EDITORES:

Rosa Zavala, Dimitri Gutiérrez, Rosa Morales, Alfred Grünwaldt,
Nena Gonzales, Jorge Tam, Cristina Rodríguez, Santiago Bucaram.

**2019
Lima, PERÚ**

Avances del Perú en la Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero

Ministerio de la Producción
Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura
Rosa Zavala
Nena Gonzales

Instituto del Mar del Perú
Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y de Cambio Climático
Dimitri Gutiérrez
Jorge Tam

Ministerio del Ambiente
Dirección General de Cambio Climático y Desertificación
Rosa Morales
Cristina Rodríguez

Banco Interamericano de Desarrollo
Departamento de Sostenibilidad y Cambio Climático
Alfred Grünwaldt
Santiago Bucaram

Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Avances del Perú en la adaptación al cambio climático del sector pesquero y del ecosistema marino-costero / Rosa Zavala, Dimitri Gutiérrez, Rosa Morales, Alfred Grünwaldt, Nena Gonzales, Jorge Tam, Cristina Rodríguez, Santiago Bucaram.

p. cm. — (Monografía del BID ; 679)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Fisheries-Climatic factors-Peru. 2. Climatic changes-Peru. 3. Sustainable development-Peru. I. Zavala, Rosa. II. Gutierrez, Dimitri. III. Morales, Rosa. IV. Grünwaldt, Alfred. V. Gonzales, Nena. VI. Tam, Jorge. VII. Rodríguez, Cristina. VIII. Bucaram, Santiago. IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. X. Serie. IDB-MG-679

Códigos JEL: Q50, Q54, Q55

Palabras clave: cambio climático, pesca, comercio pesquero, sostenibilidad.

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Primera edición - mayo 2019

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N° 2019-00000

Se terminó de imprimir en mayo de 2019 en:
IMAGEN CORPORATIVA GRAFIMAR S.A.C
Jr. Luis Gálvez Chipoco N° 333 Dpto. 5 Lima - Lima - Lima

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	10		
PRÓLOGO	12		
AGRADECIMIENTOS	14		
RESUMEN	16		
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	18		
INTRODUCCIÓN	20		
1. HACIA UN PROCESO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR PESQUERO	22		
1.1 Marco internacional, nacional y de coordinación institucional para implementar la adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura	23		
1.2 Marco de acción integrado para la adaptación al cambio climático en el sector pesquero	30		
1.3 La necesidad de un enfoque integral de largo plazo para operacionalizar la adaptación al cambio climático	34		
2. FORTALECIMIENTO DEL CONOCIMIENTO ACTUAL SOBRE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PESQUERÍA PERUANA	38		
2.1 Marco conceptual	38		
2.2 Aplicación de herramientas de punta para el modelado y el monitoreo a largo plazo	41		
2.2.1 Recursos computacionales y herramientas de modelado numérico	43		
2.2.2 Adquisición de equipos para la recolección de datos de alta resolución en la zona costera	44		
2.3 Escenarios regionales de cambio climático sobre el sistema de afloramiento del Perú	48		
2.3.1 Modelación climática durante el periodo 1958-2008	48		
2.3.2 Efectos del cambio climático en el viento costero favorable al afloramiento	50		
2.3.3 Manifestaciones del cambio climático en las condiciones físicas oceánicas del sistema de afloramiento del Perú	52		
2.3.4 Manifestaciones del cambio climático en las condiciones biogeoquímicas del sistema de afloramiento del Perú	54		
2.4 Escenarios del impacto del cambio climático sobre la población de la anchoveta peruana	55		
2.5 Evaluación del riesgo ecológico de los impactos del cambio climático sobre la anchoveta peruana y otras especies seleccionadas de la pesca y sobre las actividades acuícolas	62		
2.6 Vulnerabilidad socioeconómica actual y futura al cambio climático de la pesquería de la anchoveta peruana	66		
2.7 Estudio piloto de vulnerabilidad ecológica y socioeconómica al cambio climático en la zona marino-costera de Huaura	69		
3. INCLUSIÓN TRANSVERSAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MANEJO DE ZONAS MARINO-COSTERAS	72		
3.1 Marco conceptual	72		
3.2 Propuesta para una política y programa nacional de manejo integrado de zonas marino-costeras	74		
3.3 Propuesta de planes locales para el manejo integrado de zonas marino-costeras en las zonas piloto de Huacho e Ilo	78		
3.4 Propuesta de planes de acción para la adaptación del sector pesquero artesanal al cambio climático en las zonas piloto de Huacho e Ilo	81		
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN LOCALES EN LOS MÉTODOS Y PRÁCTICAS DE LA PESCA ARTESANAL	84		
4.1 Marco conceptual	86		
4.2 Formación de capacidades sobre buenas prácticas y emprendimiento en las comunidades de pescadores artesanales en zonas piloto	88		
4.3 Implementación de buenas prácticas en la captura y la preservación a bordo de embarcaciones artesanales	90		
4.4 Mejoramiento de la selectividad de artes de pesca para reducir impactos no deseados en la sostenibilidad del recurso	95		
5. LECCIONES APRENDIDAS	106		
6. BIBLIOGRAFÍA	112		

PRESENTACIÓN

Rocío Ingrid Barrios Alvarado
Ministra de la Producción

En el Perú, los ecosistemas marino-costeros y la pesca son potencialmente vulnerables al cambio climático, razón por la cual desarrollamos políticas y estrategias de adaptación. En el marco del Acuerdo de París, el sector pesquero y acuícola cuenta con 18 medidas de adaptación al cambio climático, aprobadas en el marco de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), las cuales se implementarán con proyección a los años 2021, 2025 y 2030.

Asimismo, el Plan Estratégico Sectorial Multianual 2017-2021 (PESEM) señala como tendencia el incremento de los riesgos por efecto de desastres naturales y antropogénicos, así como del cambio climático. En ese contexto se valora el aporte de la cooperación internacional para desarrollar proyectos y facilitar el acceso a nuevas tecnologías, a fin de generar capacidades a nivel nacional, regional y local sobre medidas de adaptación al cambio climático del sector pesca y acuicultura.

El Estado peruano y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) suscribieron en el año

2014 dos convenios para el otorgamiento de cooperación técnica no reembolsable para el Proyecto "Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino Costero del Perú", cuyo objetivo general fue apoyar al gobierno del Perú en la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades costeras frente a los impactos potenciales del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros y los recursos pesqueros.

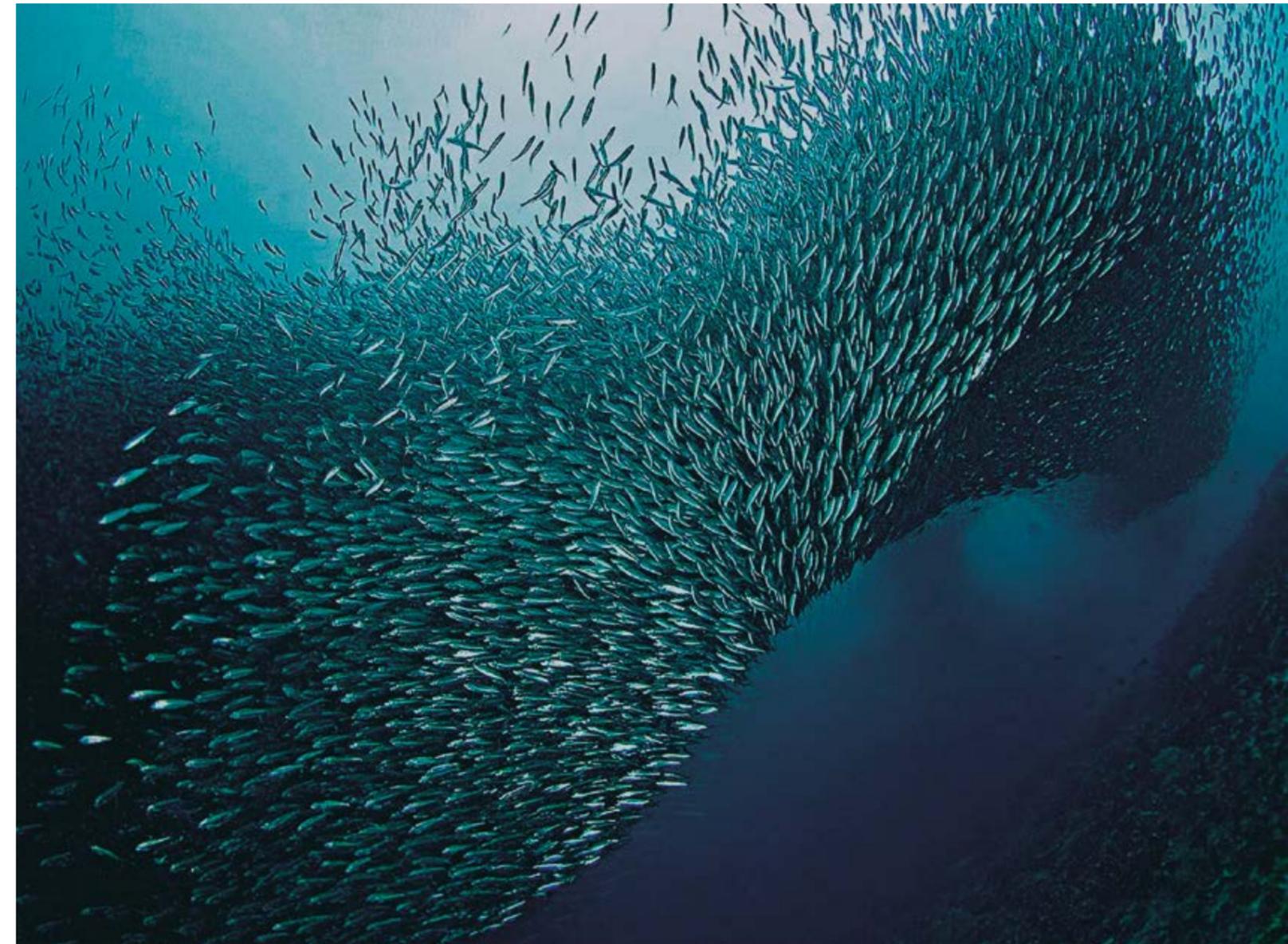
Para alcanzar este objetivo se desarrollaron un conjunto de actividades que se orientaron al fortalecimiento de capacidades, tanto a nivel institucional, de tipo científico o de gobernanza, como en el ámbito local, a través del trabajo con comunidades de pescadores artesanales en las zonas piloto de Huacho y Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua).

Esta ocasión agradezco al BID por su valioso soporte en la implementación de este Proyecto; al Ministerio del Ambiente por el apoyo constante en todo el proceso y al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) quien lidera la Secretaría Técnica. A la vez, destacar la participación de los actores

locales, quienes han tomado conciencia de la necesidad de seguir trabajando junto al Estado para lograr que el sector pesquero y acuícola sea más resiliente frente al cambio climático, a fin de reducir los riesgos y aprovechar las oportunidades que se presentan en este nuevo

escenario.

Reafirmo el compromiso de seguir generando sinergias con la finalidad de desarrollar e implementar medidas de adaptación en nuestro sector.



PRÓLOGO

Alfred Grünwaldt
Especialista senior en
Cambio Climático (BID)

Dr. Dimitri Gutiérrez
Presidente de la Secretaría
Técnica del Proyecto
(IMARPE)

Ante los efectos crecientes del cambio climático, la comunidad internacional ha adoptado dos acuerdos estratégicos. El primero es la inclusión del cambio climático como tema de las metas de desarrollo sostenible, reconociendo que este no es solo un problema ambiental, sino también una condición que obliga a definir nuestro modo de desarrollo y la priorización de nuestras inversiones para el crecimiento económico. El segundo es la suscripción del Acuerdo de París (2016), adoptado por más de 190 países alrededor del mundo y cuyo fin es fijar una meta clara en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que nos permita limitar el aumento de la temperatura global promedio por debajo de los dos grados centígrados con respecto a la era preindustrial.

Asimismo, el Acuerdo de París establece la necesidad de levantar financiamiento climático¹ adicional enfocado a transferencia tecnológica, finanzas, capacidad adaptativa, entre otros. No obstante, aunque existe consenso desde hace ya varios años sobre la importancia de crear capacidad adaptativa para poder manejar efectivamente de manera anticipada los impactos potenciales del cambio

climático, aún hay vacíos grandes respecto de cómo implementar la adaptación con acciones concretas y significativas para cada sector. Diversas experiencias internacionales y opiniones de expertos indican que: (i) se debe considerar la adaptación como un proceso contribuyente al desarrollo sostenible; (ii) para que la adaptación sea efectiva, se debe diseñar acciones para que la capacidad de respuesta creada genere una transformación, y (iii) el monitoreo del progreso en la implementación de la adaptación requiere de un marco que lo caracterice y que permita su evaluación.

Es así como el BID, desde su posición de liderazgo en la región respecto al tema, decide, en el 2007, la creación de un fondo de cambio climático (SECCI), y en el 2010, la elaboración de una estrategia de cambio climático para la región, de la cual la adaptación al cambio climático es uno de los pilares centrales. Como parte de esta estrategia de largo plazo, se ha venido apoyando a varios países de la región a materializar algunas inversiones en adaptación de acuerdo con sus comunicaciones nacionales y las prioridades establecidas en sus NDC. Dentro de este marco, el BID inicia en el 2011, en

conjunto con el IMARPE, PRODUCE y el MINAM, la estructuración de un programa de adaptación de largo plazo que pudiera dar respuesta inicial a cómo el sector pesquero debería encarar una transformación para responder mejor ante los impactos esperados del cambio climático sobre los ecosistemas marinos. El esquema de acción consiste en un enfoque integral con financiamiento de diversas fuentes, cuya primera etapa es el Proyecto descrito en el presente documento y se deriva de los recursos BID-SECCI y de la contrapartida local. La ejecución de fondos internacionales (caso del Fondo de Adaptación) también comprende el programa en una segunda etapa, que está iniciándose.

La ejecución de la primera etapa del programa

generó, por un lado, sinergias con otras acciones, y por otro, conocimiento tanto a nivel operativo como académico, contribuyendo así a fortalecer la capacidad de diferentes actores gubernamentales en la implementación de medidas de adaptación en el sector pesquero y particularmente en la actividad pesquera artesanal, que son potencialmente vulnerables al cambio climático. Si bien es cierto que las acciones descritas en este documento no son las únicas a implementarse como parte de una estrategia estructurada de adaptación en el sector, sí representan un primer paso en el esfuerzo multisectorial de identificar aquellos agentes de transformación sectorial orientados a escalar las experiencias exitosas durante los años siguientes al cierre de este Proyecto, ya directamente por el sector pesquero mismo.



Foto PRODUCE.

¹ Financiamiento local, nacional o transnacional de fuentes públicas, privadas o alternativas que apoya acciones de mitigación o adaptación para afrontar el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Despacho Viceministerial
de Pesca y Acuicultura

Dirección General
de Asuntos Ambientales
Pesqueros y Acuícolas

El equipo del Proyecto agradece a todas las personas que han contribuido con el desarrollo del mismo a lo largo de estos años de implementación, a las autoridades nacionales y regionales, así como a los actores locales sin cuya participación el Ministerio de la Producción y los otros actores no hubiesen podido lograr los objetivos del Proyecto.

En esa línea, agradecemos por su apoyo a los Ministros de la Producción y a los viceministros a cargo del Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura durante el periodo de ejecución del Proyecto (2013-2018); a la ingeniera Luz Pisúa Gonzales, miembro del Comité Directivo del Proyecto y que actualmente se desempeña como directora de la Dirección de Habilitaciones y Certificaciones Pesqueras y Acuícolas en SANIPES; al Sr. Carlos Castilla Mallico, jefe de la Unidad Ejecutora 003, y a la abogada Lesly Aliaga Saldaña, administradora de la Unidad Ejecutora 003, por el trabajo de implementación del Proyecto.

De igual forma, nos gustaría destacar y reconocer el trabajo de los profesionales del BID que hicieron posible este Proyecto y que

contribuyeron con su conocimiento y experiencia en el diseño del programa de adaptación, en especial la primera fase representada en el Proyecto descrito en este documento. Del equipo BID, nos gustaría resaltar la importante contribución y visión de Walter Vergara como jefe de la División de Cambio Climático en el periodo 2011-2014; el gran apoyo por parte de la jefa actual de la División, Dra. Amal-Lee Amin; el soporte de los representantes de la oficina del Banco en Lima, Fidel Jaramillo (gestión 2010-2015) y Viviana Caro (2015-presente), y el apoyo técnico de Inés Ferreira, Alejandro Deeb, Jaime Fernández-Baca, Michele Lemay y otros especialistas del Banco, quienes trabajaron arduamente en la aprobación del Proyecto. De igual forma, el equipo agradece al Departamento de Sostenibilidad y Cambio Climático del BID, liderado por Juan Pablo Bonilla, por su apoyo durante la implementación de la operación para buscar soluciones innovadoras en respuesta a los impactos del cambio climático sobre el sector pesquero. Estamos seguros de que la información generada y las lecciones aprendidas durante el Proyecto permitirán inspirar a otros hacia la implementación de nuevas y mayor número de acciones que respondan a los



Foto "A Comer Pescado".

desafíos que plantea un clima más caliente e impredecible sobre la productividad de nuestros océanos.

Asimismo, agradecemos a todas las direcciones generales del Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura y órganos adscritos a PRODUCE por sus aportes al Proyecto; así como a los colaboradores de la DCCBPA por su apoyo en la revisión de los productos y participación en los talleres tanto en Lima como en las zonas piloto correspondientes al componente 2. Agradecemos especialmente el apoyo de la Presidencia del Consejo Directivo, la Dirección Ejecutiva Científica y la Secretaría General del IMARPE, así como el de muchos científicos de la institución, que contribuyeron con el diseño, supervisión y acompañamiento técnicos del plan operativo del Proyecto y con la revisión de sus productos. Entre ellos destacamos a Miguel

Ñiquen, Erich Díaz, Víctor Yepez, Ramiro Castillo y Luis Vásquez. También extendemos nuestro agradecimiento al Instituto Francés para el Desarrollo (IRD) por prestar el apoyo para las capacitaciones de varios investigadores que participaron en el Proyecto, así como al Dr. Cyril Dutheil, científico de la unidad de investigación LOCEAN de dicha institución. Mención aparte merece la contribución de varios expertos contratados por el Proyecto, como Borja Reguero, Jorge Ramos Castillejos y Ricardo Oliveros, quienes colaboraron activamente en los estudios de vulnerabilidad, análisis de riesgo ecológico asociado al cambio climático y modelamiento bioclimático de la anchoveta peruana respectivamente. Finalmente, agradecemos al Fís. Richard Soto y al Ing. Hans Jara, quien se desempeñó como asistente de la Secretaría Técnica del Proyecto.

RESUMEN

Diversas proyecciones del cambio climático tienden a coincidir en que los cambios físicos y químicos en el océano, tales como el aumento de temperatura y las variaciones en la concentración de dióxido de carbono, producto de una mayor acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, tendrán consecuencias directas sobre la productividad y la distribución espacial de los recursos pesqueros a nivel global. Esto, a su vez, tendrá implicancias directas sobre los medios de vida de las comunidades pesqueras y la salud de los ecosistemas marino-costeros, constituyendo un desafío para las políticas públicas relacionadas con la reducción de la pobreza, la seguridad alimentaria y la promoción de las actividades de pesca y acuicultura.

Este documento presenta los resultados y las lecciones aprendidas más importantes de la implementación del Proyecto "Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero del Perú", estableciendo lineamientos que guíen futuros proyectos de adaptación a los impactos esperados del cambio climático sobre las pesquerías y sus diversos actores en el país. Tareas relevantes, dado que el sector pesquero está ubicado entre las cuatro actividades

económicas que generan mayor cantidad de divisas para el Perú (aproximadamente un 6.5 % del total al 2017).

El objetivo general del Proyecto fue apoyar al Gobierno del Perú (GdP) en la reducción de vulnerabilidad de las comunidades costeras a los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros y los recursos pesqueros. Para alcanzar este objetivo, se desarrollará un conjunto de acciones orientadas a la adaptación tanto en el plano nacional, mediante la generación de conocimiento y el fortalecimiento institucional, como en el plano local, a través del trabajo con comunidades de pescadores artesanales en las localidades de Huacho, Chancay e Ilo. El Proyecto se estructuró en tres componentes: 1) *Fortalecimiento del conocimiento científico actual sobre los impactos del cambio climático en la pesquería peruana*; 2) *Inclusión transversal del cambio climático en los planes de manejo de zonas costeras*, y 3) *Diseño e implementación de pequeñas acciones de adaptación en dos comunidades de pescadores artesanales*.

El contenido de este documento se ha dividido en cinco capítulos que describen en detalle el marco estratégico del Proyecto (capítulo 1), así

como las actividades y resultados de cada uno de los componentes del mismo (capítulos 2 a 4), y una sección de lecciones aprendidas que resume los principales hallazgos del Proyecto y presenta una serie de recomendaciones para futuras acciones (capítulo 5).

El primer capítulo presenta los avances institucionales recientes en el tema de cambio climático a nivel nacional y su conexión con los compromisos del país para la implementación del Acuerdo de París, haciendo énfasis en la necesidad de institucionalizar la temática del cambio climático en el sector pesca y acuicultura.

El segundo capítulo comprende los resultados de los estudios del impacto regional del cambio climático sobre el ecosistema marino y la vulnerabilidad de los recursos vivos, en los que se utilizaron herramientas de última generación para modelación numérica y de evaluación del riesgo ecológico. Se presenta, en particular, información relacionada con la vulnerabilidad de la pesquería del recurso anchoveta y de los actores vinculados a esta actividad, describiendo el contexto ecológico y socioeconómico de las zonas costeras piloto.

El tercer capítulo está referido a los resultados de los estudios para la inclusión de criterios relacionados con la adaptación al cambio climático en los planes de manejo integrado de zonas marino-costeras. De forma específica, el Proyecto contribuyó en: i) el desarrollo de una propuesta de política nacional de manejo integrado de zonas marino-costeras MIZMC; ii) la formulación de una propuesta de programa nacional de MIZMC, y, en iii) la elaboración de planes locales para el MIZMC en las áreas piloto de Ilo y Huacho.

En el cuarto capítulo, se exponen los resultados del diseño e implementación de acciones locales de adaptación referidas a los métodos

y prácticas de la pesca artesanal, considerando el mejoramiento de la selectividad de artes de pesca para reducir impactos no deseados en la sostenibilidad del recurso, la formación de capacidades para la implementación de buenas prácticas en la captura y la preservación a bordo de las embarcaciones artesanales, así como el emprendimiento de actividades complementarias a la pesca, principalmente.

Finalmente, en el último capítulo, se presentan recomendaciones para futuros programas y proyectos que busquen contribuir a un proceso adaptativo a largo plazo en el sector, basado en un trabajo multisectorial y multitemporal a escalas, tanto nacional, regional y local.

Se resalta la importancia de la colaboración entre los diferentes sectores e instituciones con el fin de aumentar la resiliencia al cambio climático del sector pesquero. Es por eso que las acciones implementadas por el Proyecto a través de sus diferentes componentes están sostenidas por una visión integrada en la que cada componente contribuye al proceso adaptativo, proponiendo iniciativas para: (i) mejorar el conocimiento de las manifestaciones ambientales e impactos del cambio climático en los recursos pesqueros, principalmente la anchoveta, y la incorporación de dicho conocimiento en el planeamiento estratégico del sector; (ii) dar participación a los pescadores artesanales en la innovación de las artes de pesca y su aplicación para una pesca más sostenible, y (iii) generar capacidades y propuestas de instrumentos de gestión como insumos para la implementación de lineamientos y/o regulaciones para el ordenamiento marino-costero en el contexto del cambio climático. En conjunto, se espera que estas acciones contribuyan a aumentar la resiliencia del sistema productivo (comunidades de pescadores artesanales, pesquerías y ecosistema) dentro de un proceso adaptativo al mediano y largo plazo, en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible².

² **Objetivos de desarrollo sostenible (ODS):** Son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en el 2012.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo	ENSO	El Niño-Oscilación del Sur
CENPAR	Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo	FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
CEPLAN	Centro Nacional de Planeamiento Estratégico	GdP	Gobierno del Perú
CHD	Consumo humano directo	GEI	Gases de efecto invernadero
CITE	Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica	GTCC	Grupo Técnico de Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	IMARPE	Instituto del Mar del Perú
COP20	Vigésima Conferencia Internacional sobre Cambio Climático	IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
DGAAMPA	Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas - PRODUCE	MINAM	Ministerio del Ambiente
DGCCD	Dirección General de Cambio Climático y Desertificación - MINAM	MIZMC	Manejo integrado de las zonas marino-costeras
DGIOCC	Dirección General de Investigación de Oceanografía y de Cambio Climático - IMARPE	NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) en mitigación y adaptación al cambio climático
DCCBPA	Dirección de Cambio Climático y Biodiversidad Pesquera y Acuícola - PRODUCE	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
DGOTA	Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental - MINAM	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
EDA	Evaluación de Desempeño Ambiental	OSPAS	Organizaciones Sociales de Pescadores Artesanales
ENAHO	Encuesta Nacional de Hogares	PEA	Población económicamente activa
ENFEN	Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)	PBI	Producto bruto interno
		PRODUCE	Ministerio de la Producción
		PROFONANPE	Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú
		SAP	Sistema de Afloramiento del Perú
		SNP	Sociedad Nacional de Pesquería
		VAB	Valor agregado bruto
		ZMC	Zona marino-costera

INTRODUCCIÓN

A partir de la suscripción del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en el año 1993, se han llevado a cabo distintos procesos que han buscado proveer un marco institucional y legal para la gestión integral del cambio climático en el país. Asimismo, en julio del 2016, el Perú ratificó el Acuerdo de París en línea con la CMNUCC. Actualmente, el sector cuenta con 18 medidas de adaptación al cambio climático aprobadas en el ámbito de la programación tentativa de las NDC en el área temática de pesca y acuicultura. Además, en abril del 2018, se aprobó la Ley Marco sobre Cambio Climático - Ley N° 30754, la misma que tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país, aprovechar las oportunidades del crecimiento bajo en carbono y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado ante la CMNUCC, con enfoque intergeneracional.

Los desafíos que presenta la agenda nacional del cambio climático hacen indispensable contar con instituciones públicas y privadas informadas, que tengan capacidad de planificar e implementar acciones para afrontar esta problemática, con el objetivo de sentar las bases para un desarrollo sostenible, inclusivo, bajo en carbono y resiliente al clima.

La Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático señala a la pesca como uno

de los sectores más vulnerables (MINAM, 2016), lo cual es especialmente relevante por su rol en la seguridad alimentaria, empleo y generación de divisas para el país. En ese sentido, el Proyecto "Adaptación al Cambio Climático en el Sector Pesquero y Ecosistema Marino-Costero del Perú", financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) durante el periodo 2014-2018, con un presupuesto de US\$ 3 125 000, tuvo como objetivo general apoyar al GdP en la reducción de vulnerabilidad

de las comunidades costeras a los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros y los recursos pesqueros. Para la ejecución del Proyecto se establecieron coordinaciones institucionales que permitieron la suscripción de un convenio de cooperación interinstitucional entre el PRODUCE, el MINAM y el IMARPE.



1

HACIA UN PROCESO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR PESQUERO

Alfred Grünwaldt • Rosa Zavala • Nena Gonzales • Oscar Lazo • Cristina Rodríguez • Rogger Morales • Dimitri Gutiérrez • Jorge Tam

En los últimos años, el sector pesca y acuicultura ha trabajado activamente para diseñar instrumentos de gestión, políticas y generación de información e innovación que contribuyan a la adaptación al cambio climático. En el desarrollo del presente capítulo, se describen en detalle algunos de los instrumentos de gestión y de las políticas, los cuales se articulan, además, a la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Perú y a la programación tentativa de las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura. En lo referente a la generación de información, destaca la promoción y desarrollo de la investigación sobre escenarios del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático a través del IMARPE, la cual ha favorecido la capacitación de recursos humanos especializados y la producción de información científica revisada y calificada por sus pares correspondientes (Gutiérrez et al., 2016; Espinoza et al., 2017, 2018; Chamorro et al., 2017; Quispe et al., 2017). Por otra

parte, el diseño y puesta en marcha del Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), a través de un fondo concursable que facilita la asignación de recursos a propuesta de proyectos de institutos, universidades y/o la empresa privada, así como la promoción de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico a través de los CITE pesqueros y acuícolas, que son elementos contribuyentes a dotar de mayor valor agregado a los productos pesqueros y acuícolas y a diversificar la oferta productiva, en línea con el enfoque adaptativo del sector en el contexto del cambio climático.

Este marco también propició el diseño e implementación del Proyecto IMARPE-PRODUCE-MINAM "Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero del Perú", financiado por el BID (2014-2018). Además, el Proyecto PROFONANPE-PRODUCE-IMARPE "Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en el Ecosistema Marino-

Costero del Perú y sus Pesquerías", financiado por el Fondo de Adaptación, inició en el 2018 y concluirá en el 2021.³ Ambos proyectos se complementan entre sí y constituyen elementos de un programa de adaptación al cambio climático liderado por el PRODUCE.

La información generada por el Proyecto financiado por el BID, fue insumo para el diseño y planeamiento de las medidas de adaptación establecidas en las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura.

1.1

MARCO INTERNACIONAL, NACIONAL Y DE COORDINACIÓN INSTITUCIONAL PARA IMPLEMENTAR LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁREA TEMÁTICA DE PESCA Y ACUICULTURA

Marco internacional

En un contexto de cambio climático, sumado a los escenarios globales poblacionales y socioeconómicos, los compromisos internacionales como el Acuerdo de París y los ODS, así como las recomendaciones de la OCDE, sirven al Perú como un marco en el cual se debería generar políticas públicas. De este modo, el CEPLAN plantea una propuesta para el desarrollo sostenible del Perú que oriente la actualización del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional al 2030.

³ Este proyecto incorpora intervenciones en acuicultura, bio-conversión de residuos sólidos y ecoturismo, en las áreas piloto de Máncora - Cabo Blanco y Végeta - Punta Sainas; asimismo, aspectos de modelamiento y monitoreo en zonas costeras.

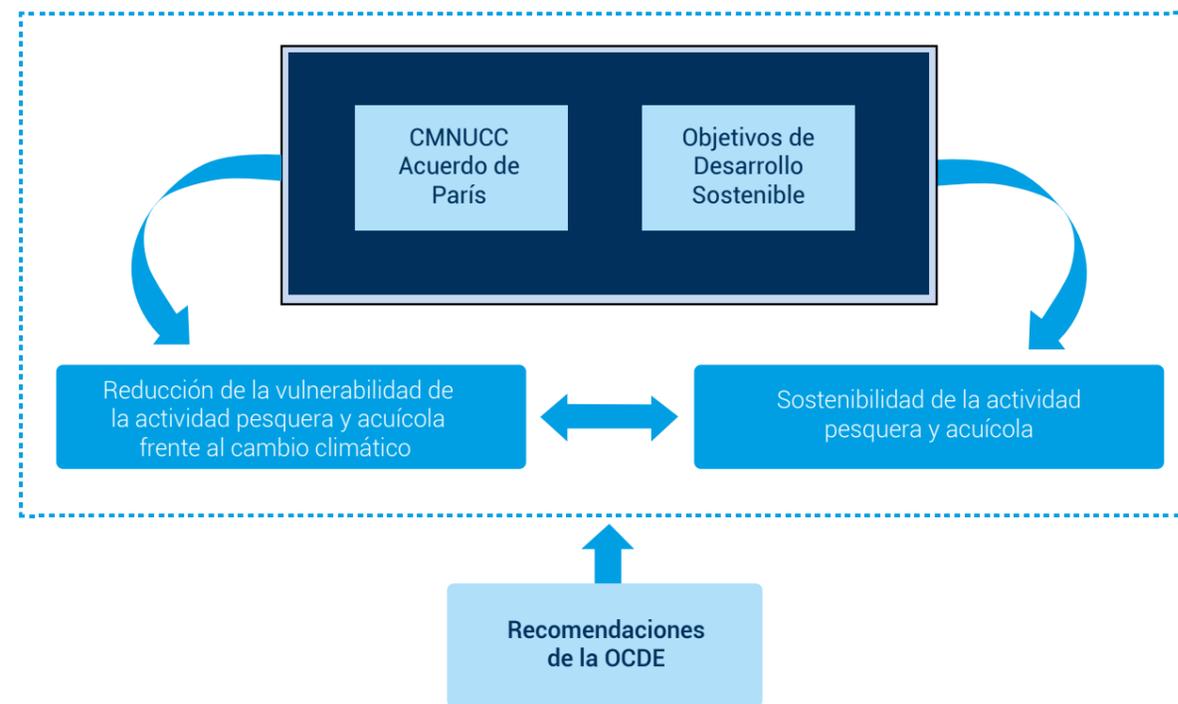
Entre los compromisos internacionales vinculantes y relacionados a la sostenibilidad de la actividad pesquera y acuícola destacan la CMNUCC y el Acuerdo de París, así como los ODS (figura 1), asimismo, de carácter no vinculante, son relevantes las recomendaciones de la EDA de la OCDE.

La implementación de las medidas promovidas por el Proyecto ha contribuido al ODS 13, referido a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, y al ODS 14, referido a conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.

Asimismo, a partir del Acuerdo de París, dado en el marco de la CMNUCC, que tiene por objetivo “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza”, se cuenta con las NDC para el área temática de pesca y acuicultura, cuyo proceso ha sido liderado por el Ministerio de la Producción. Además, las medidas implementadas durante la ejecución del Proyecto apoyan al objetivo principal de dichas contribuciones, las cuales se centran en la reducción de vulnerabilidad de la actividad pesquera y acuícola frente al cambio climático.

FIGURA 1

Compromisos internacionales relacionado a la pesca y acuicultura



Fuente: Programación tentativa de las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura. Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura, Ministerio de la Producción, 2018.

Por otro lado, es importante mencionar que en la agenda política del Perú se encuentra el Programa País de la OCDE, que incluye la EDA, y que incorpora recomendaciones para mejorar las políticas públicas en el área temática de pesca y acuicultura, a la que el Proyecto se ha alineado de acuerdo a la recomendación 56, referida a avanzar hacia una política integrada sobre los recursos hidrobiológicos basada en el enfoque ecosistémico; a la recomendación 57, que consiste en aprovechar el conocimiento científico disponible y reforzar el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) para proporcionar sustento científico adecuado que permita la toma de decisiones, independiente e imparcial; y a la recomendación 59.2, orientada a fomentar acuerdos de pesca con las comunidades locales y los actores que realizan la actividad pesquera artesanal.

Finalmente, las medidas de adaptación al cambio climático implementadas por el Proyecto deben servir como un importante insumo para la mejora continua de la gestión de las pesquerías y la acuicultura en el Perú, permitiéndole al sector fortalecer sus políticas, acciones y gestión de manera alineada a los compromisos internacionales descritos.

Marco nacional y sectorial

La implementación del Proyecto se encuentra alineada al marco nacional y sectorial para la adaptación al cambio climático, con énfasis en la actividad pesquera y acuícola, destacándose los siguientes instrumentos normativos:

- » El Decreto Supremo N° 011-2015-MINAM, de fecha 23 de setiembre del 2015, aprobó la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC), principal instrumento de gestión que orienta el accionar del Estado en materia de cambio climático a largo plazo y que contribuye a la implementación de las NDC.
- » El Decreto Supremo N° 058-2016-RE, de fecha 21 de julio del 2016, ratificó el Acuerdo de París, afirmando el compromiso asumido por

el Perú, el cual se encuentra plasmado en las NDC referidas para el área temática de pesca y acuicultura.

- » Con la Resolución Suprema N° 005-2016-MINAM del 20 de julio del 2016, se conformó el Grupo de Trabajo Multisectorial (GTM), de naturaleza temporal (dieciocho meses), con el encargo de generar información técnica para orientar la implementación de las NDC a nivel nacional presentadas ante la CMNUCC. El GTM involucra el trabajo coordinado de 13 ministerios (incluyendo el Ministerio de la Producción) y el CEPLAN.
- » Adicionalmente, mediante la Resolución Suprema N° 007-2018-MINAM del 25 de julio del 2018, se prorrogó la vigencia del GTM por un periodo de tres meses adicionales, con el objetivo de culminar y aprobar la programación tentativa (hoja de ruta), que incluirá las medidas y metas en adaptación al cambio climático por cada área temática priorizada, incluyendo pesca y acuicultura.
- » El 17 de abril del 2018 se aprueba la Ley Marco sobre Cambio Climático – Ley N° 30754, la misma que en el artículo 7 de su capítulo II señala, respecto a las competencias y funciones en el marco institucional, que entre las responsabilidades de los sectores se encuentran las referidas a diseñar, implementar, monitorear y reportar las NDC, así como incorporar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en los PESEM, PEI, POI, programas presupuestales y otros instrumentos de gestión. Actualmente, se cuenta con una propuesta de reglamento de la Ley que fue elaborada de manera participativa, y que está entrando al proceso de consulta previa a pueblos indígenas u originarios.
- » Se cuenta con el informe final del Grupo de Trabajo Multisectorial de las NDC, que incluye el conjunto de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. En lo referente a adaptación al cambio climático, incorpora las 18 medidas de adaptación

aprobadas por el Ministerio de la Producción en el área temática de pesca y acuicultura.

A nivel sectorial

- » Mediante Resolución Ministerial N° 277-2013-PRODUCE y su modificación por Resolución Ministerial N° 366-2017-PRODUCE, se reconfirmó el GTCC con el objetivo de liderar el proceso participativo de formulación de las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura.
- » El Decreto Supremo N° 002-2017-PRODUCE aprobó el nuevo Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del PRODUCE, vigente a partir del 2 de febrero del 2017. Se incluye en este la creación de la DGAAMPA, integrada por las direcciones de línea de Cambio Climático y Biodiversidad Pesquera y Acuícola (DCCBPA) y de Gestión Ambiental (DIGAM). Entre las funciones de la DCCBPA, destaca la de formular, proponer y promover la implementación de programas, proyectos y acciones orientadas a la adaptación al cambio climático y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, con respecto a las actividades pesqueras y acuícolas. Asimismo, se incluyen nuevas disposiciones que involucran el monitoreo, evaluación y gobernanza de las NDC en el área temática de pesca y acuicultura.
- » El Plan Estratégico Sectorial Multianual 2017–2021 (PESEM), aprobado mediante Resolución Ministerial N° 354-2017-PRODUCE, establece acciones estratégicas relacionadas a la pesca y acuicultura, que pueden ser impactadas por este sistema climático, destacándose las siguientes:

- i) promover la formalización de la actividad pesquera artesanal y acuícola;
- ii) mejorar el nivel de cumplimiento de los estándares de sanidad e inocuidad de los productos de origen pesquero y acuícola;
- iii) promover el acceso al financiamiento de las

- unidades económicas de la pesca artesanal y acuicultura;
- iv) promover la innovación en pesca y acuicultura;
- v) promover el consumo interno de productos hidrobiológicos;
- vi) fortalecer el ordenamiento de la pesca y acuicultura haciendo uso sostenible de los recursos hidrobiológicos, y
- vii) promover el desarrollo sostenible de la acuicultura.

» El sector formuló las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura. Este primer ciclo de formulación de las NDC se inició en el 2017, y culminó en el 2018 con la respectiva aprobación por parte del sector. Ello impulsará que a partir del 2019 se implementen condiciones habilitantes prioritizadas para el corto plazo, y que del 2020 en adelante (2030), se inicie en sí el proceso de implementación de las NDC, lo cual implicará continuar ejecutando condiciones habilitantes y las medidas de adaptación establecidas, así como elaborar los reportes de seguimiento y progreso de la implementación, que cada cinco años se tendrán que reportar al MINAM, como autoridad nacional competente en materia de cambio climático y punto focal ante la CMNUCC, de acuerdo a lo establecido en la Ley Marco sobre Cambio Climático – Ley N° 30754.

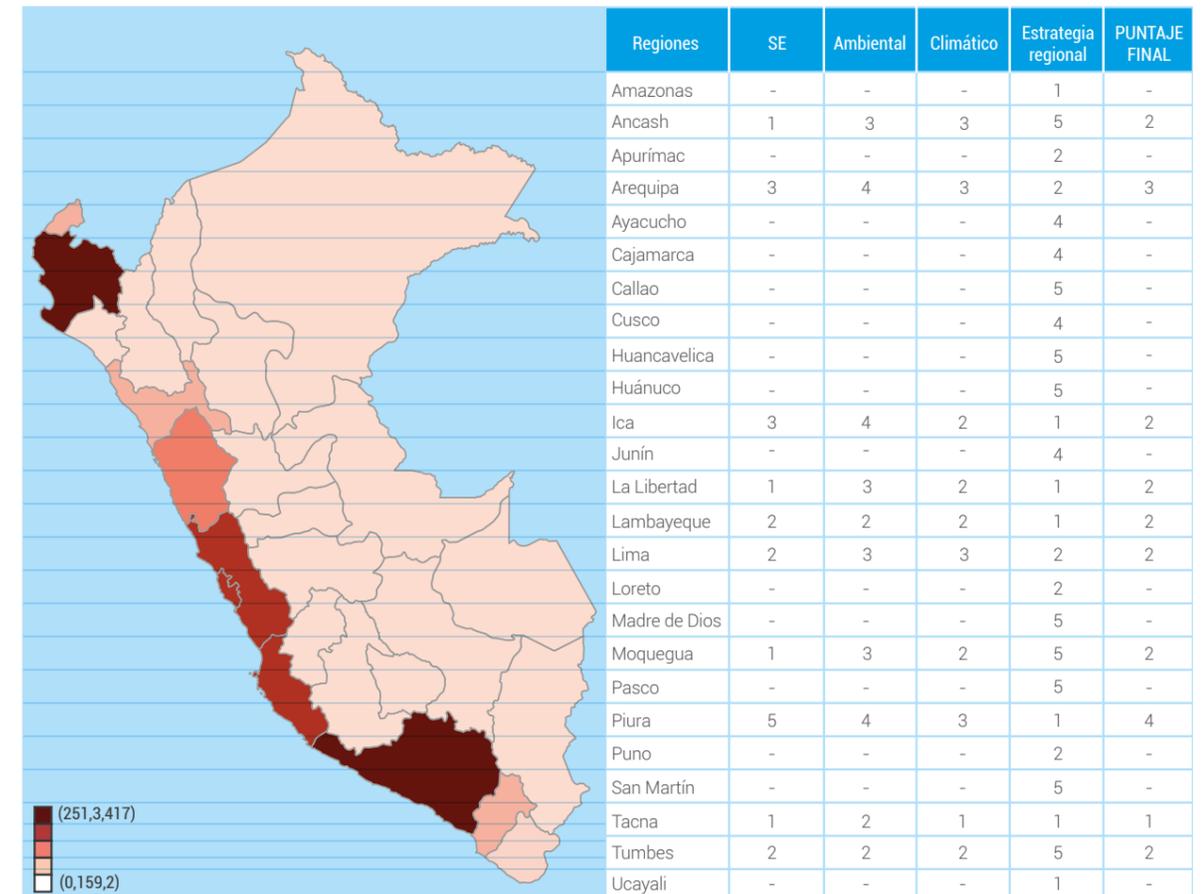
» El sector cuenta con diagnósticos de vulnerabilidad actual ante los impactos del cambio climático para las actividades de pesca artesanal y acuicultura a nivel nacional, en los que se han priorizado regiones vulnerables para la pesca industrial, pesca artesanal y la acuicultura (figura 2).

A nivel regional

» La Ley Orgánica de Gobiernos Regionales – Ley N° 27867, en su artículo 53, inciso c, establece como una de sus competencias, la formulación de Estrategias Regionales de Cambio Climático. Además, la Ley Marco sobre Cambio Climático – Ley N° 30754,

FIGURA 2

Mapa de zonas vulnerables para la pesca artesanal (CHD)



Fuente: Diagnóstico del sector pesquero y acuícola frente al cambio climático y lineamientos de adaptación. Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura - Ministerio de la Producción, 2016.

en su artículo 8, señala que las autoridades regionales y locales, en el ámbito de sus competencias y funciones otorgadas por ley expresa, tienen entre sus responsabilidades ejecutar las políticas públicas nacionales sobre cambio climático y diseñar, monitorear, evaluar y rediseñar las estrategias regionales sobre cambio climático, así como incorporar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en su plan territorial, plan de desarrollo concertado regional y local,

plan estratégico institucional, plan operativo institucional, programas presupuestales e instrumentos de inversión.

- Al respecto, las Estrategias Regionales de Cambio Climático incluyen intervenciones que contribuyen a la adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura, de acuerdo al contexto y problemática territorial.

Coordinación institucional para implementar la adaptación en el sector pesquero peruano

El Perú es uno de los principales productores y exportadores de harina de pescado del mundo, la cual proviene enteramente de la extracción del recurso anchoveta, especie que se ve favorecida por el proceso del afloramiento costero, que suministra nutrientes y aguas frías a la superficie, así como por la alta productividad biológica y su compresión en las capas superiores del océano. La acuicultura, aunque incipiente comparada con otros países, se concentra en especies como el langostino, la concha de abanico, la tilapia y la trucha. El mayor potencial acuícola se encuentra en las zonas costeras y altoandinas.

El Quinto Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014) señala que este fenómeno “ha causado y continuará causando cambios en la abundancia, distribución geográfica, patrones de migración y temporalidad de las actividades de diferentes especies marinas, en paralelo con una reducción de los tamaños en las aguas que se calienten. Esto ha resultado y seguirá resultando en mayores cambios en las interacciones entre las especies, incluyendo competencia y dinámicas depredador-presa”. Así, el cambio climático tiene el potencial de impactar, en primer lugar, los ecosistemas, y, como efecto de segundo orden, los medios de subsistencia de las comunidades dependientes de la pesca y la acuicultura. Por lo tanto, las estrategias deben considerar los impactos tanto en el corto como en el largo plazo y deben ser construidas considerando los tres niveles de adaptación: local, regional y nacional.

El PRODUCE, en su Plan Estratégico Sectorial Multianual 2017-2021, toma como marco orientador los alcances de los ODS, y considera al cambio climático como una de las causas de las millonarias pérdidas económicas que el Perú reporta. Además, en su búsqueda por lograr un aprovechamiento sostenible de los recursos

naturales en las actividades económicas, toma en cuenta para el caso del sector pesca y acuicultura, la variabilidad climática, la cual impacta significativamente.

Asimismo, el Reglamento de Organización y Funciones del PRODUCE, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 002-2017-PRODUCE, señala que la DGAAMPA es el órgano de línea del Viceministerio de Pesca y Acuicultura del PRODUCE que, a través de la DCCBPA, promueve, a nivel sectorial, el modelo de gobernanza requerido para la implementación, monitoreo y reporte del nivel de cumplimiento de las NDC en cambio climático a nivel sectorial y territorial.

Tomando en cuenta estas funciones, a través de la Resolución Ministerial N° 366-2017-PRODUCE, se ha reconfigurado el Grupo de Trabajo Sectorial de Cambio Climático en Pesca y Acuicultura, el cual ha formulado las NDC en adaptación al cambio climático en el área temática de pesca y acuicultura, estableciendo las medidas de adaptación al cambio climático y metas al 2021, 2025 y 2030 en pesca artesanal, pesca industrial y acuicultura. Este grupo de trabajo está integrado por representantes de los distintos órganos de línea del PRODUCE, así como del IMARPE, que lleva a cabo estudios científicos sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas marinos y marino-costeros.

Como resultado de la colaboración interinstitucional entre el PRODUCE, el MINAM y el IMARPE para la ejecución del Proyecto “Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero del Perú”, se han ejecutado actividades que se espera resulten en beneficio del sector, asumiendo el reto del aumento de la resiliencia de los ecosistemas marino-costeros y de las comunidades costeras de pescadores artesanales a los impactos del cambio climático, a través del desarrollo de tres componentes, con el objetivo de apoyar al Gobierno del Perú en la reducción de la vulnerabilidad de

las comunidades costeras a los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros y los recursos pesqueros.

Por otra parte, el PROFONANPE, entidad peruana privada sin fines de lucro y especializada en la captación y administración de recursos financieros, fue acreditado en el año 2014 por el Fondo de Adaptación (FA) como Entidad Nacional de Implementación (ENI) en el Perú, para recibir financiamiento directo destinado a implementar programas y proyectos de adaptación al cambio climático. El FA es un mecanismo financiero creado en el año 2010, en el marco del Protocolo de Kyoto de la CMNUCC, para financiar programas y proyectos de adaptación al cambio climático.

En su calidad de ENI, el PROFONANPE presentó al FA el proyecto “Adaptación de los Impactos del Cambio Climático en el Ecosistema Marino-Costero del Perú y sus Pesquerías”, que puede considerarse como la segunda fase del Proyecto descrito en esta publicación. Como se ha mencionado anteriormente, ambos proyectos forman parte de un programa a largo plazo que busca colocar los primeros peldaños de un proceso de adaptación sostenible y a largo plazo para el sector pesquero artesanal en el Perú. Dicho proyecto fue originalmente concebido dentro de un marco de colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo, entidad que coordinó su presentación al FA, y pasó, posteriormente, al PROFONANPE, que lo llevó a aprobación en marzo del 2016 y actualmente lidera su implementación.

Sus acciones permitirán que los resultados de esta primera fase tengan un mayor impacto, incluyendo nuevos sitios piloto y el desarrollo de actividades adicionales cuya finalidad es mejorar la resiliencia de las comunidades costeras y de los ecosistemas marino-costeros claves frente al cambio climático y al estrés inducido por la variabilidad. Asimismo, el proyecto financiado por el Fondo de Adaptación permitirá:

(i) La implementación de un moderno y eficiente sistema de vigilancia y predicción ambiental de los ecosistemas marino-costeros, a escalas regionales y locales, que apoye el manejo adaptativo de la pesquería bajo los principios del enfoque ecosistémico de las pesquerías. Este sistema será complementado por las inversiones realizadas en el Proyecto financiado por el BID y generará datos para ser utilizados por el moderno sistema de cómputo adquirido igualmente por medio de este Proyecto.

(ii) La creación de capacidades y de un sistema de manejo de la información para la implementación de los principios de adaptación basada en ecosistemas y el enfoque ecosistémico de la pesca. Cabe mencionar que también contribuirá a la diseminación de las lecciones aprendidas, dirigida a autoridades del Gobierno, científicos, comunidades locales y otros grupos de interés, y al desarrollo de políticas de manejo, regulaciones y medidas que promuevan la resiliencia de los ecosistemas costeros y comunidades locales al cambio climático y al estrés inducido por la variabilidad.



1.2

MARCO DE ACCIÓN INTEGRADO PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR PESQUERO

El Foro Económico Mundial (FEM) señala que la salud de los océanos es crítica por razones económicas y de seguridad alimentaria, con más de 100 millones de hogares que dependen de la actividad pesquera y aproximadamente unos 3 mil millones de personas para quienes los productos del mar son su primera fuente de proteína. Estas cifras son realmente significativas e ilustran nuestra relación directa con los océanos, que se encuentran actualmente bajo una tendencia de degradación acelerada. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente el 90 % de las pesquerías del mundo están siendo ya explotadas o sobreexplotadas (FAO, 2018a) lo que las coloca en una posición muy vulnerable ante los impactos del cambio climático, poniendo así en riesgo la seguridad alimentaria y generando pérdidas económicas significativas. Según cifras del Banco Mundial, la sobrepesca, contaminación y pérdida de hábitats, se ha traducido en pérdidas económicas que superan los 50 mil millones de dólares al año (Arnason et al., 2009). Los efectos observados y esperados del cambio climático sobre las características biofísicas y químicas del océano pueden llevar estas estimaciones de pérdidas a una magnitud mucho mayor, dadas las implicaciones que estos efectos tienen sobre la productividad de los océanos.

De hecho, cerca del 84% del calentamiento debido a actividades antropogénicas es absorbido directamente por los océanos (IPCC, 2013). Sin embargo, la cantidad de calor que estos pueden absorber no es infinita y se teme alcanzar un punto de no retorno, donde los impactos biofísicos y químicos en el océano, por este aumento en su temperatura, sean irreversibles. Así, la relación entre el cambio

climático y la producción primaria futura del océano será una limitación clave en la productividad de las pesquerías (Cushing, 1982; Dulvy et al., 2009; Chassot et al., 2010).

La teoría del escalamiento metabólico parece indicar que el balance entre la producción primaria y la respiración será afectado seriamente por el aumento de la temperatura (López-Urrutia et al., 2006). A nivel global, según las últimas proyecciones futuras, se espera que la productividad de los océanos disminuya significativamente en la zona ecuatorial y en las bajas latitudes en general (IPCC, 2013; Breitburg, 2015), mientras que los cambios oceanográficos conducirán a la pérdida de biodiversidad en latitudes bajas y a la redistribución de la biodiversidad de peces hacia más altas latitudes (Cheung et al., 2010), así como a la compresión del hábitat epipelágico de los recursos debido a la desoxigenación de la columna de agua (Breitburg et al., 2018) y a alteraciones en la reproducción, reclutamiento y mortalidad natural de los recursos.

Estas tendencias obligan a mejorar el manejo y los métodos actuales que se usan para explotar los recursos del océano, a fin de aumentar la resiliencia⁴ al clima de los ecosistemas, sus pesquerías y actividades acuícolas asociadas, atendiendo al mismo tiempo el desarrollo de las actividades productivas y las necesidades de seguridad alimentaria.

Se hace necesario responder de forma integrada y progresiva a los impactos del cambio climático, para así garantizar la sostenibilidad de las pesquerías y actividades acuícolas, a la vez que se reduce la vulnerabilidad al cambio climático de los pescadores y sus medios de vida (Daw et al., 2009). En este sentido, se debe entender la adaptación como un proceso interactivo, continuo y de largo plazo, con acciones concretas a diferentes niveles, dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible e involucrando a los directamente afectados. Estas acciones deben, además, liderar la identificación, selección, implementación

y evaluación de medidas específicas que permitan crear capacidad de respuesta a los impactos (capacidad adaptativa), pero que también den oportunidad de obtener beneficios sociales y económicos claros en el corto y al mediano plazo para garantizar la sostenibilidad de estas acciones. Es decir, las actividades que promuevan la adaptación tienen que estar claramente insertadas en los planes y estrategias nacionales/regionales/locales de desarrollo y el uso sostenible de los recursos marinos. En adición y teniendo en cuenta la dependencia de los impactos del cambio climático a la ubicación geográfica, los planes de ordenamiento de la zona marino-costera deberán, asimismo: (i) determinar las áreas que requerirán protección y atención especial dada su relevancia para la salud de ecosistemas claves para las pesquerías y actividades acuícolas, e (ii) identificar actividades socioeconómicas que están en línea con un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono.

Un marco de acción a seguir para poder implementar un proceso adaptativo en el sector pesquero, con énfasis en las comunidades de los pescadores artesanales, requerirá además de la coordinación intersectorial para evitar conflictos por el uso múltiple de la zona costera, por lo que un enfoque integrado deberá incluir varios elementos que, en su conjunto, contribuyan a manejar de forma más efectiva y anticipada los posibles impactos del cambio climático sobre la distribución temporal y espacial de la biomasa. Estos elementos son: (i) acceso a tecnología de última generación y recursos humanos especializados que permitan generar datos e información confiable a ser usada en los procesos de toma de decisión y planificación; (ii) desarrollo de una política pública y normativa sectorial que use esta información para reducir la vulnerabilidad, tanto de las pesquerías como de las comunidades pesqueras, a los impactos del cambio climático; (iii) inversiones específicas en el mejoramiento de las prácticas de pesca artesanal para contribuir con la sostenibilidad de los recursos pesqueros; (iv) desarrollo de planes de ordenamiento marino-costero que

90 %
DE LAS PESQUERÍAS DEL
MUNDO ESTÁN SIENDO
YA EXPLOTADAS O
SOBREEXPLOTADAS
(FAO, 2018A).



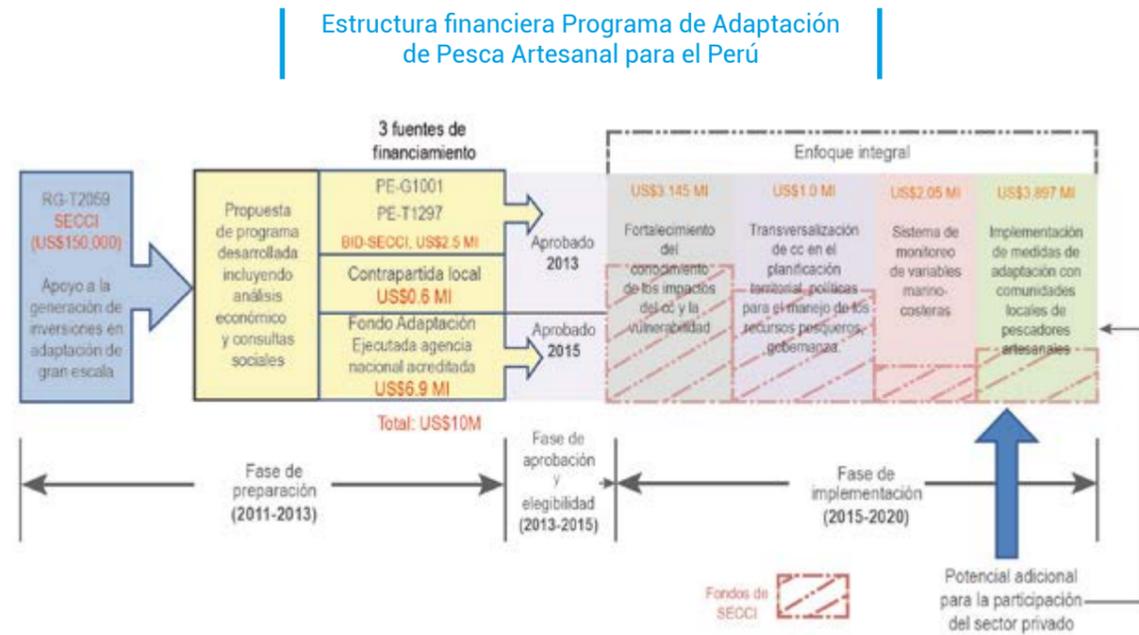
Foto IMARPE.

⁴ **Resiliencia:** Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligrosos respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014).

tengan en cuenta los impactos observados y anticipados del cambio climático sobre las actividades socioeconómicas y capital natural en estas zonas; (v) implementación de acciones que faciliten: 1) la diversificación económica de las comunidades de pescadores artesanales considerando un enfoque de género y 2) su participación en la protección y mantenimiento de las zonas claves para la productividad de las pesquerías. En estas líneas, el Proyecto ha seguido un esquema que busca demostrar que los elementos descritos arriba tienen el

potencial de generar una transformación en el sector, resultado de la capacidad, tanto de las instituciones que hacen ciencia como de los pescadores, para responder a los impactos del cambio climático. Esto se ilustra en la figura 3, que muestra igualmente el esquema de financiamiento usado para implementar las diferentes actividades.

FIGURA 3



Fuente: Elaboración propia.

Así, la nueva información generada por el Proyecto bajo el componente 1, gracias al uso de modelos acoplados océano-atmósfera para el caso particular del Perú, permitió tener un mejor entendimiento de las variables más importantes que estarían condicionando los cambios en la productividad y distribución de la biomasa en condiciones más cálidas. Esta información es de mucho mayor detalle comparada con la información que se venía utilizando para determinar la naturaleza y

amplitud anticipada de los impactos del cambio climático en el litoral peruano, lo cual contribuirá en la priorización de las zonas de pesca artesanal que presentan mayor vulnerabilidad, así como de las zonas de aprovechamiento de futuros recursos potenciales. Además, las actividades de fortalecimiento institucional, el IMARPE facilitará que este tipo de análisis especializados puedan realizarse más adelante, cuando se cuente con un mayor número de datos de campo obtenidos, por ejemplo, a través

de la tecnología *glider* (vehículo autónomo submarino) adquirido por el Proyecto.

El componente 2 permitió el desarrollo de una propuesta de política nacional para el manejo integrado de las zonas marino-costeras (MIZMC) y una propuesta de programa nacional para el manejo integrado de zonas costeras (MIZC), las que contribuirán al proceso de gestión ambiental de las zonas marino-costeras a cargo del MINAM. Esto se convierte también en un avance significativo, dada la inexistencia actual de una ley de ordenamiento territorial que permita desarrollar este tipo de herramientas en la zona marino-costera a nivel nacional, regional o local. Estas propuestas contienen orientaciones valiosas para el desarrollo futuro de otros programas a nivel regional, anteponiendo las zonas críticas o altamente vulnerables, alineadas con las prioridades establecidas por el país en su Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas o sus NDC.

Por último, el componente 3 permitió el trabajo con pescadores artesanales de zonas específicas en el centro del país, identificadas como vulnerables, para desarrollar innovaciones en las artes de pesca para la captura

“ambientalmente amigable” de especies de importancia para el consumo humano directo como la anchoveta, recurso que con el cambio climático estará potencialmente más restringido a las zonas costeras (ver capítulo 2). Asimismo, se realizó el mejoramiento de las bodegas de las embarcaciones para la conservación en frío de la captura diaria complementando la utilización de artes de pesca sostenible con productos de mejor calidad en el desembarque, generando mayores ingresos para los pescadores.

Considerando los avances y resultados favorables que se han podido reportar en este corto tiempo de implementación del Proyecto, el impacto de transformación a largo plazo de estas acciones en el sector deberá ser monitoreado y medido de forma continua. De esta manera, se podrá confirmar su efectividad y eficiencia para responder a procesos de desenvolvimiento lento, tales como el aumento en la temperatura superficial del mar. Por esta razón, es importante que las acciones propuestas por el Proyecto puedan seguir siendo implementadas en otras regiones, en un ámbito de cooperación interinstitucional y enmarcadas dentro de los planes de desarrollo sostenible del país.



1.3 LA NECESIDAD DE UN ENFOQUE INTEGRAL DE LARGO PLAZO PARA OPERACIONALIZAR LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Cada año, más de 200 millones de personas resultan afectadas por las sequías, inundaciones, ciclones, terremotos, incendios forestales y otras amenazas, explica la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR, por sus siglas en inglés). Además de la pobreza, la creciente urbanización, la degradación ambiental y el calentamiento global están logrando que las consecuencias de los riesgos ambientales empeoren aún más (Marco de Acción de Hyogo 2005-2015).

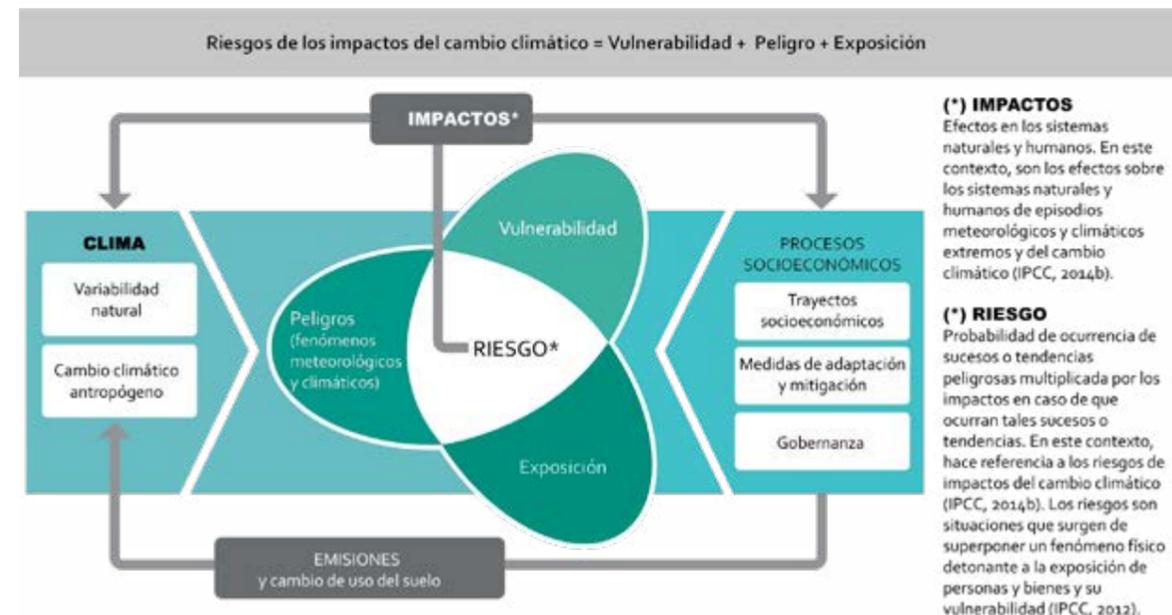
El riesgo es una condición latente o potencial, y su nivel o grado depende de la intensidad probable del evento desencadenante y de los niveles de vulnerabilidad existentes. El Quinto Informe del IPCC (2014) define riesgo como el “potencial de consecuencias en las cuales algo de valor está en peligro con un desenlace incierto”. En el mencionado informe, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos físicos o los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático. El riesgo climático se configura a través de la interacción de un peligro de origen climático, la exposición a dicho peligro y la existencia de una vulnerabilidad asociada a tal exposición (figura 4). En este enfoque, la capacidad de adaptación se define como la capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2014).



Foto PRODUCE.

FIGURA 4

Ilustración de los conceptos básicos sobre adaptación y vulnerabilidad establecidos por el IPCC



Fuente: Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014) e incluido en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático en el Perú (2016).

En ese sentido, se requiere implementar la adaptación al cambio climático para gestionar los riesgos ante los efectos del cambio climático, entendiéndose por adaptación al proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos en sistemas humanos o naturales, a fin de moderar o evitar los daños o aprovechar los aspectos beneficiosos (IPCC, 2014, y considerado en la Ley Marco sobre Cambio Climático - Ley N° 30754)⁵.

En ese contexto, vincular la planificación de adaptación al cambio climático como parte del proceso cotidiano y estratégico del desarrollo de la actividad pesquera y acuícola, es el desafío actual, y debe ser integrado como un aspecto central del desarrollo, por medio de tres consideraciones principalmente.

Primero, se destaca la necesidad de vincular la adaptación con las brechas de desarrollo establecidas por el sector y, en particular, con una

agenda que busque mejorar la productividad y reducir la vulnerabilidad de la actividad pesquera y acuícola, así como de las poblaciones vulnerables que dependen de ella. En segundo lugar, se requiere la promoción de mecanismos de financiamiento que logren complementar o aprovechar los existentes. En tercer lugar, deben considerarse los impactos y efectos del cambio climático en inversiones para aumentar la productividad y reducir la vulnerabilidad de la actividad pesquera y acuícola. La meta es orientar mejor las inversiones con la finalidad de que estén protegidas o sean compatibles ante el clima” o menos vulnerables a los cambios anticipados; en sí, esta perspectiva busca reforzar la preponderancia de la adaptación en la toma de decisiones.

Por lo tanto, se deberá pensar y actuar en forma integrada, asociando aspectos físicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y ambientales, para conceptualizar la adaptación

⁵ El artículo 4 de la Ley Marco sobre Cambio Climático - Ley N° 30754 señala que la gestión integral del cambio climático se sustenta en que las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático se incorporan a las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de inversión de los tres niveles de gobierno, en el marco de sus competencias y funciones, de manera coherente y complementaria, bajo un proceso participativo, transparente e inclusivo del sector privado y de la sociedad civil, con especial énfasis en los pueblos indígenas u originarios, a fin de integrar la gestión del cambio climático y al desarrollo del país en armonía con la naturaleza.

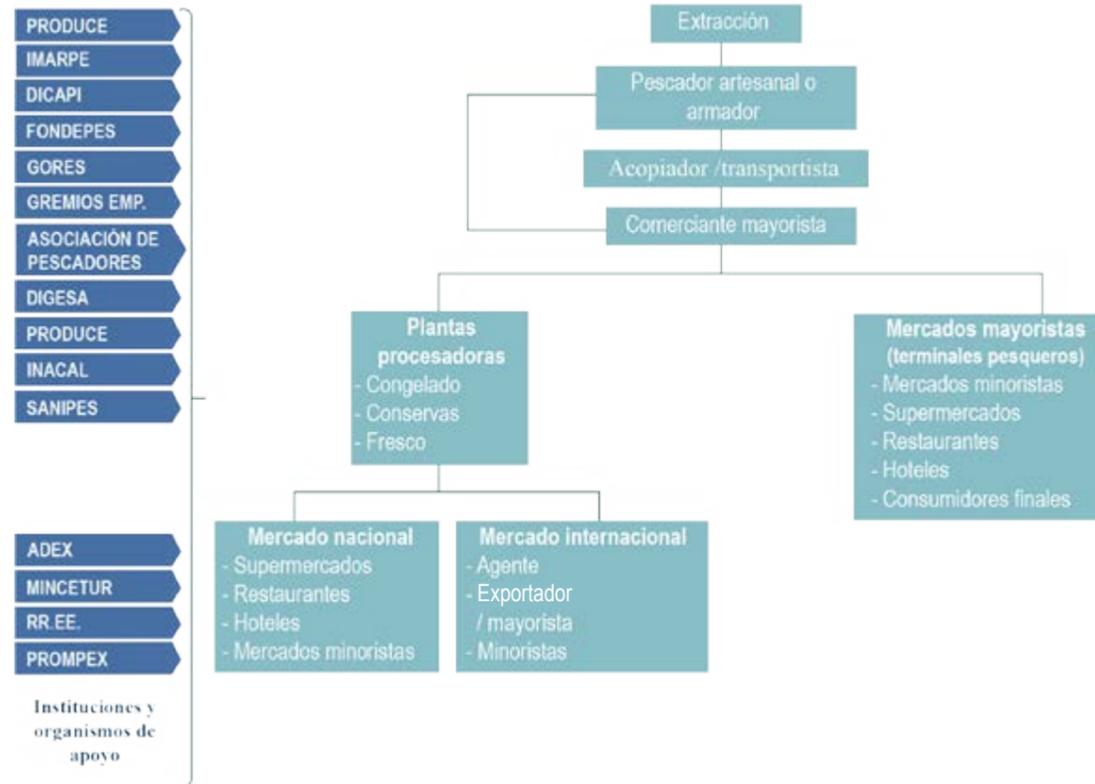
al cambio climático en términos de exposición y vulnerabilidad, y como un proceso clave para el desarrollo sostenible.

La figura 5 muestra la cadena de valor de la pesca artesanal para consumo humano directo (CHD), así como las instituciones y organismos de apoyo en las diferentes etapas. El eslabón hace referencia a la etapa de extracción del recurso a cargo del pescador artesanal o armador, quienes se encargan de trasladar el recurso al comerciante mayorista o al acopiador/transportista. El acopiador/transportista, en algunas ocasiones, podría

no estar presente en la cadena, por lo que el recurso pasaría de forma directa al comerciante mayorista, quien destina el recurso en dos direcciones diferentes. La primera, a las plantas procesadoras (congelado, conservas y fresco), para luego pasar a la etapa final referida al mercado nacional (supermercados, restaurantes, hoteles y mercados minoristas) o al mercado internacional (agente, exportador/mayorista y minorista). La segunda, con dirección a los mercados mayoristas (terminales pesqueros), los cuales se encargan de distribuir el recurso a mercados minoristas, supermercados, restaurantes y hoteles.

FIGURA 5

Cadena de valor de la pesca artesanal para consumo humano directo (CHD)



Fuente: Despacho Viceministerial de Pesca y Acuicultura - Ministerio de la Producción. Adaptado de Comercialización en primera venta de los productos de la pesca marítima artesanal en el Perú. Problemática y plan de mejoras, por L. E. Clemente Sanguinetti, 2009.



Foto "A Comer Pescado".



Foto "A Comer Pescado".

2

FORTALECIMIENTO DEL CONOCIMIENTO ACTUAL SOBRE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PESQUERÍA PERUANA

Dimitri Gutiérrez • Jorge Tam • Borja G. Reguero • Jorge Ramos Castillejos • Ricardo Oliveros • Adolfo Chamorro • Manon Gévaudan • Dante Espinoza • François Colas • Vincent Echevin • David Correa • Noel Domínguez • Rosa Zavala • Nena Gonzales • Jorge Ramos Flores • Daniel Grados • Carlos Y. Romero

2.1 MARCO CONCEPTUAL

La emisión antropogénica de los gases de efecto invernadero constituye la principal causa del cambio climático (Bindoff et al., 2013), el cual genera graves riesgos sobre el desarrollo de las sociedades y economías de acuerdo a la exposición y vulnerabilidad de estas. En el océano, los efectos del cambio climático incluyen el calentamiento oceánico, la estratificación de la capa superficial de la columna de agua, la elevación del nivel del mar, la acidificación y la desoxigenación oceánica, así como cambios en la circulación, ciclos de nutrientes, entre otros (Breitburg et al., 2018; Feely et al., 2009; Hoegh-Guldbergh y Bruno, 2010). La intensidad de estos cambios varía entre las cuencas y regiones del océano, impactando los ciclos de vida de sus organismos, la integridad de los ecosistemas marinos y los bienes y servicios

que generan (IPCC, 2013).

El mar peruano se ubica en el norte del Sistema de Corriente de Humboldt (SCH) y se caracteriza por el afloramiento costero de aguas frías subsuperficiales. Varios factores de índole climático contribuyen a la excepcional productividad pesquera del sistema de afloramiento del Perú (SAP): el régimen dominante de vientos costeros moderados; la abundancia de nutrientes que afloran con las aguas frías en las capas iluminadas superficiales cerca de la costa y que generan una gran riqueza de fitoplancton, zooplancton y peces (Chávez et al., 2008; Salvattecí et al., 2018); la exposición al ciclo de El Niño-Oscilación del Sur, que periódicamente reinicia al ecosistema y sus componentes (Bakun y Weeks, 2008), la sincronización del desove de las principales especies de peces con los periodos estacionales de productividad y retención física en las zonas costeras, así como la presencia de una capa

somera deficiente de oxígeno que comprime el hábitat, favoreciendo la eficiencia del consumo del plancton por parte de la anchoveta y otros peces pelágicos costeros (Bertrand et al., 2011, 2018; Brochier et al., 2012; Gutiérrez et al., 2016 y referencias citadas).

Entre las diferentes especies asociadas al sistema, la anchoveta peruana es la más abundante, alcanzando una altísima biomasa de importancia ecológica y socioeconómica. Este recurso se utiliza principalmente para la producción de harina y aceite de pescado, que es dirigida al mercado externo como suplemento para la acuicultura de peces y para las industrias ganadera y avícola, generando un promedio de 2200 millones de dólares en divisas para el país (FAO, 2018b); y también se destina, todavía de manera incipiente al consumo humano directo. Además, la pesquería artesanal involucra el empleo de 62 427 pescadores (Castillo et al. 2018). Cabe indicar que la anchoveta es

una especie que prefiere las aguas costeras frías, y que a lo largo de la historia, ha sufrido fluctuaciones en su población debido a la variación de las condiciones ambientales (Salvattecí et al., 2017).

Se ha observado que la temperatura de la capa superficial del mar en las aguas costeras peruanas mostró una tendencia de enfriamiento desde la década de los 70 hasta la década pasada (Gutiérrez et al., 2011). No obstante, los modelos globales del clima predicen un calentamiento oceánico (con más estratificación en la capa superficial) para la región por encima de su variabilidad natural hacia mediados del siglo XXI (Henson et al., 2016). Con respecto a esto último, hay estudios que señalan que el cambio climático podría afectar al estado actual del SAP, que es favorable al desarrollo de la alta productividad pesquera. Específicamente, los estudios de modelos sobre el impacto del cambio climático en las fases de dispersión de

huevos y larvas muestran que la estratificación y otras manifestaciones del cambio climático pueden reducir significativamente el éxito del reclutamiento de peces pelágicos pequeños en el SAP (Brochier et al., 2013). Cabe señalar que el grado de estratificación incide en la profundidad del afloramiento costero, por lo cual, para compensar el efecto de la estratificación, el esfuerzo del viento costero tendría que ser más intenso que lo que predicen los primeros estudios (Echevin et al., 2011; Oerder et al., 2015).

Sin duda, la complejidad de las manifestaciones del cambio climático y las variaciones naturales particulares en el SAP imponen la necesidad de mejorar la capacidad predictiva y de fortalecer el monitoreo de los impactos sobre este sistema y sus recursos pesqueros (Gutiérrez et al., 2014). Por ello, el Proyecto financió la adquisición de herramientas de punta para el modelamiento y la medición de las manifestaciones del cambio climático, así como para el entrenamiento y capacitación de los recursos humanos del IMARPE que ejecutarán dichas tareas, con lo cual, se espera contribuir a la continuidad de las investigaciones a mediano y largo plazo.

Durante la ejecución del Proyecto se realizaron estudios con el fin de generar proyecciones regionales a partir de los escenarios globales futuros del IPCC, empleando modelos de simulación numéricos atmosféricos, oceánicos y biogeoquímicos de última generación. El Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Ecosistémico y del Cambio Climático (LMOECC) del IMARPE y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, Francia) contribuyeron a los estudios encargados por el Proyecto.

Además, se estudió el impacto potencial del cambio climático sobre la anchoveta peruana (bajo diferentes escenarios dados por el IPCC), combinando los cambios proyectados en la productividad con los de la distribución espacial del recurso en función de los cambios ambientales. Asimismo, se encargó un estudio de la vulnerabilidad socioeconómica actual y

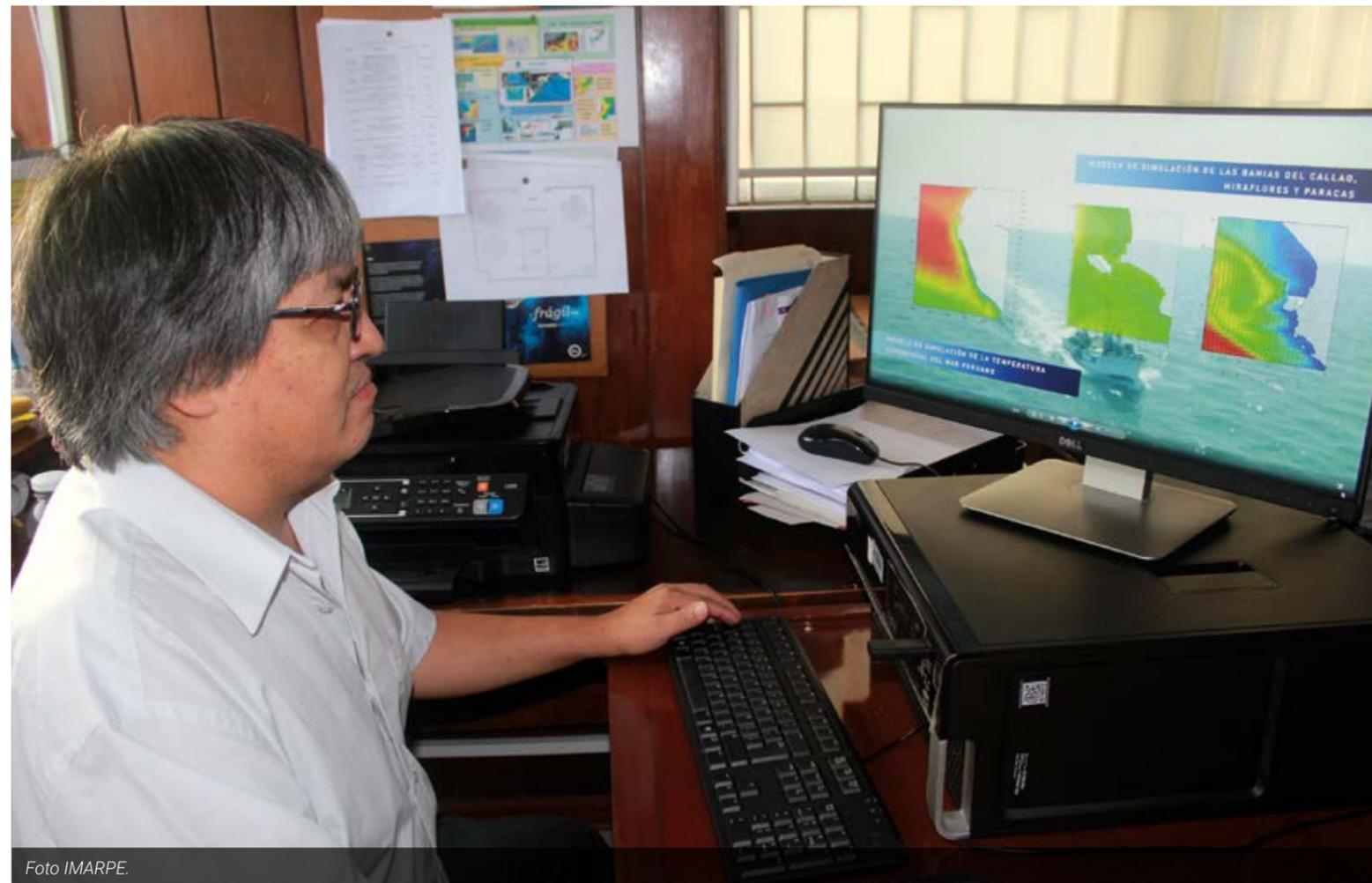


Foto IMARPE.

futura de la pesquería de anchoveta peruana, con base en el conocimiento técnico de los aspectos biológicos y de la actividad productiva. Por otra parte, el Proyecto encargó un estudio de riesgo ecológico al cambio climático de las principales especies de la pesca y acuicultura (marina y continental), que contó con el aporte de un grupo de expertos peruanos. Se usó una metodología semicuantitativa para evaluar atributos de sensibilidad (abundancia, distribución y fenología) y exposición de cada especie, estableciéndose un *ranking* de especies con relación al riesgo climático. Esta información es una base para la formulación de políticas de manejo a mediano y largo plazo que incluyan la adaptación al cambio climático

como parte del manejo integral de las especies marinas seleccionadas. Además, constituye una contribución para la priorización de líneas de investigación orientadas a cerrar brechas en el conocimiento de la ecología de las especies marinas más vulnerables.

Finalmente, aparte de estos estudios orientados a la vulnerabilidad del SAP y sus recursos, en el marco del Proyecto se estudió la vulnerabilidad socioecológica actual y futura al cambio climático con enfoque espacial en la zona marino-costera aplicándose como caso de estudio a la zona de Huacho, cuya metodología podría aplicarse a otras zonas a lo largo del litoral.

2.2

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE PUNTA PARA EL MODELADO Y EL MONITOREO A LARGO PLAZO

El entendimiento de los impactos esperados del cambio climático sobre el SAP requiere de la implementación de un moderno sistema de observación y modelado con alta resolución espacio-temporal, para lo cual, en el ámbito del Proyecto, se adquirió un vehículo submarino autónomo (*glider*) y un equipo computacional de alto rendimiento (*cluster*).

El *glider* permite obtener datos oceanográficos en tiempo cuasi real y con una alta resolución espacial. El *cluster*, por otro lado, es un equipo de última generación que permite correr modelos complejos para simular los escenarios futuros del cambio climático. Además, la información de los *gliders* sirve para validar las simulaciones retrospectivas de los modelos, así como para optimizar los pronósticos de corto plazo mediante la asimilación de datos generados por los mismos.

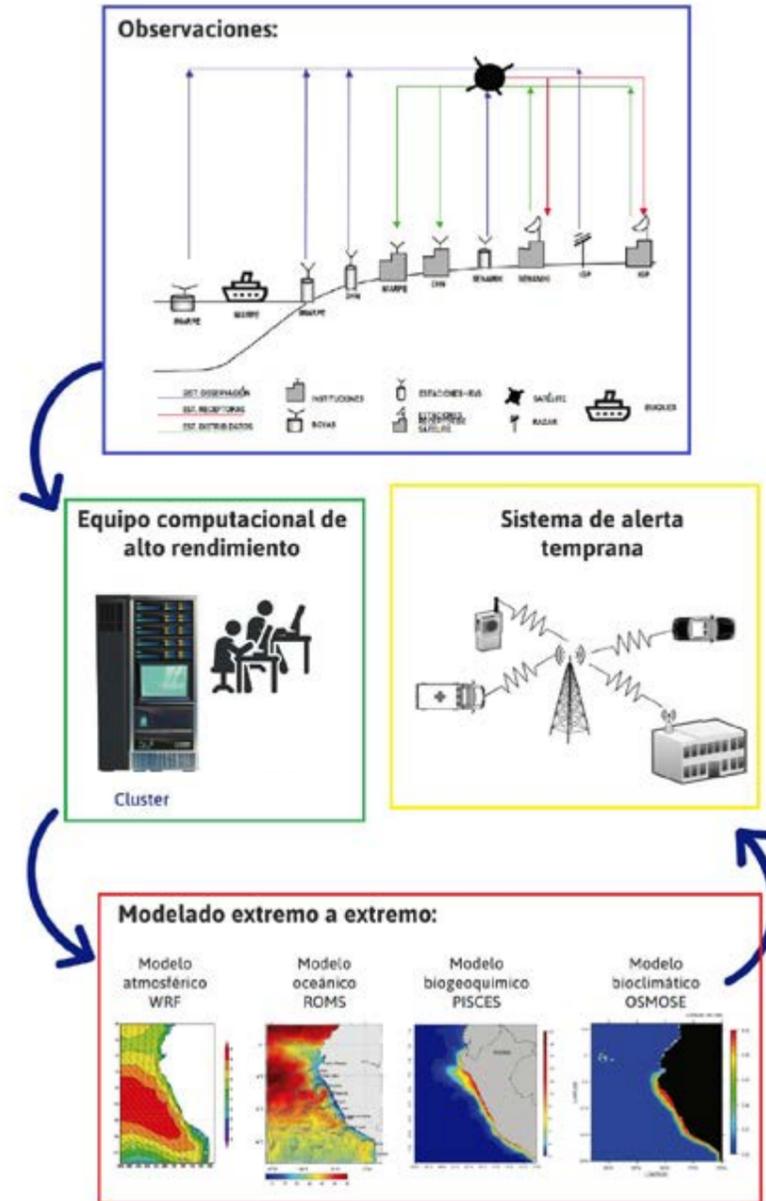
El IPCC recopila simulaciones climáticas globales basadas en escenarios de emisión de CO₂ optimistas (p.ej., RCP2.6) y pesimistas (p.ej., RCP8.5) (Collins et al., 2013), pero estos escenarios tienen una baja resolución espacial (>200 km). Con el fin de obtener escenarios regionales de alta resolución espacial frente al Perú (~12 km), fue necesario realizar una reducción de escala desde los modelos globales a los modelos regionales, usando metodologías estadísticas y dinámicas. Por otro lado, se siguió una metodología integradora con un enfoque *End-to-End*, en la cual se acoplaron modelos atmosféricos, oceánicos, biogeoquímicos y bioclimáticos, para obtener proyecciones de la biomasa de anchoveta bajo escenarios optimistas y pesimistas.

De esta manera, en el Proyecto se han adquirido y aplicado herramientas de punta para el

modelado y el monitoreo a largo plazo, lo cual además contribuirá al establecimiento de un sistema de alerta temprana y pronóstico de la ocurrencia de eventos extremos asociados al cambio climático y sus impactos sobre los recursos pesqueros (figura 6).

FIGURA 6

Sistema de observación y modelado



Fuente: Elaboración propia

Nota: Marco conceptual para el establecimiento de un sistema de alerta temprana y pronóstico de los impactos del cambio climático.

2.2.1 RECURSOS COMPUTACIONALES Y HERRAMIENTAS DE MODELADO NUMÉRICO

Los escenarios del cambio climático a escala regional se basan en simulaciones del estado futuro, obtenidas a partir de un proceso de reducción de escala (*downscaling*) de las simulaciones y los resultados de los modelos climáticos globales. Dichas simulaciones involucran cálculos numéricos que resuelven

las ecuaciones de modelos matemáticos capaces de reproducir los procesos biológicos que suceden en el SAP, así como los procesos atmosféricos que interactúan con el océano de esa área. El *cluster* adquirido por el Proyecto, que fue instalado en el LMOECC, es una plataforma tecnológica de última generación que tiene la capacidad de realizar los cálculos numéricos intensivos, anteriormente mencionados, que se requieren para las simulaciones del efecto del cambio climático en el SAP.

FIGURA 7

Cluster computacional de alto rendimiento

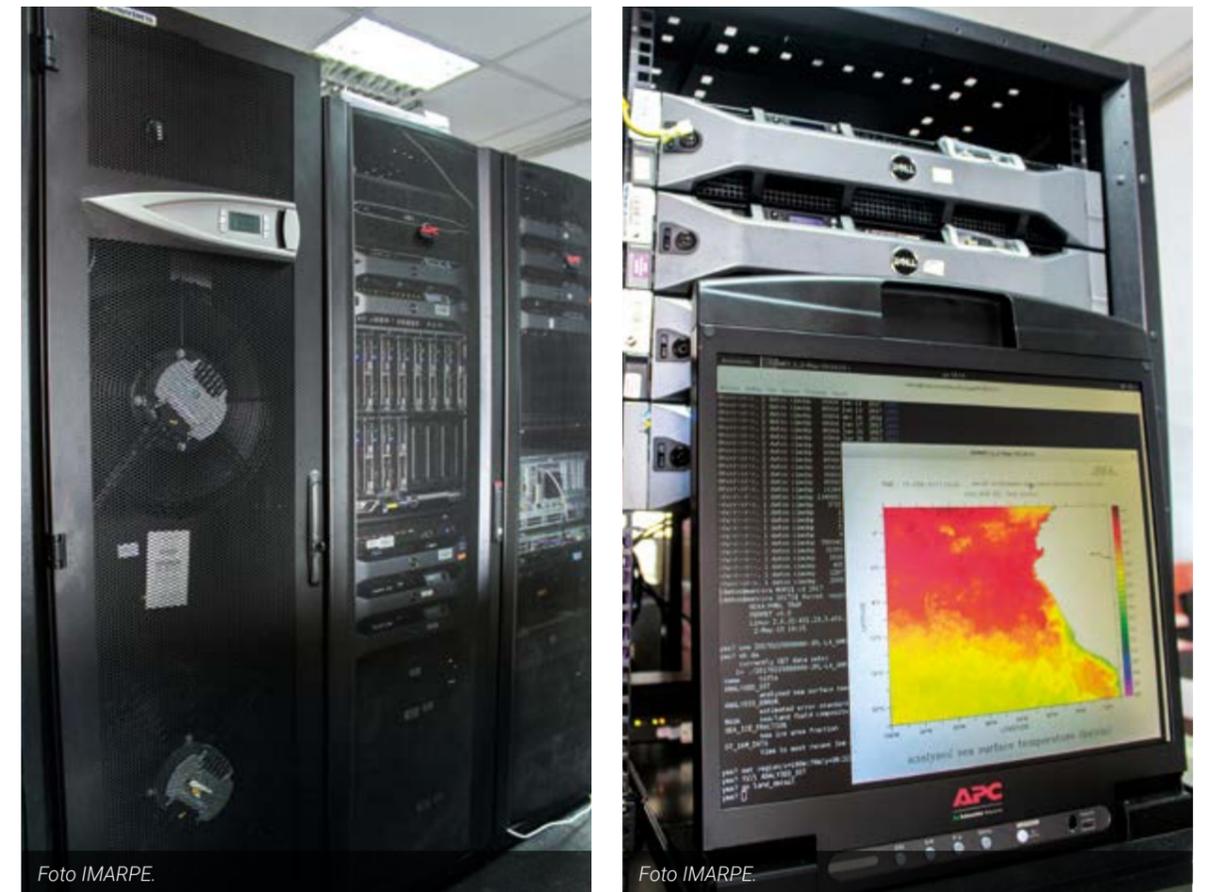


Foto IMARPE.

Foto IMARPE.

Foto: Jorge Tam (LMOECC-IMARPE).

Nota: Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Ecosistémico y del Cambio Climático del Instituto del Mar del Perú (LMOECC).

El *cluster* consta de 1 nodo master con 2 procesadores Intel Xeon E5-2640v3 de 2.6GHz consistentes en un total de 16 núcleos, 128 GB de memoria RAM y 300 GB de disco duro; 12 nodos de cómputo con procesadores Intel Xeon E5-2680v3 de 2.5GHz, sumando un total de 288 núcleos, 1536 GB de memoria principal, 430 TB de almacenamiento, conectividad InfiniBand FDR de 56 Gbps y una capacidad teórica de procesamiento de ~9.68 TFlops (figura 7). En el sistema se realizó la instalación de compiladores Intel, librerías de paralelización MPIFORT, MPIGCC, MPIICC, librerías NetCDF, HDF y software de procesamiento como NCO, FERRET, CDO, NCVIEW, entre otros. Además, los modelos numéricos instalados fueron el Regional Ocean Modeling System (ROMS) (Shchepetkin y McWilliams, 2005), que es un modelo de circulación oceánica, y el Weather Research and Forecasting (WRF) (Skamarock y Klemp, 2008), que es un modelo numérico de predicción meteorológica de mesoescala.

Con este *cluster* computacional se realizaron simulaciones de las condiciones atmosféricas y oceánicas físicas y biogeoquímicas del SAP, así como de las condiciones bioclimáticas para la anchoveta peruana, bajo escenarios pesimistas y optimistas relacionados al cambio climático. En el futuro, el uso del *cluster* permitirá estimar la incertidumbre asociada a los distintos escenarios de cambio climático, realizando simulaciones con diferentes modelos climáticos globales. Para ello, el IMARPE, en los últimos años, ha fortalecido el LMOECC con personal científico especializado en la aplicación de métodos de modelación numérica para la investigación del cambio climático.

2.2.2 ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA ZONA COSTERA

Las fases del ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), El Niño y La Niña, ocasionan fuertes impactos productivos y socioeconómicos en distintos sectores de la economía, con un

especial énfasis en el sector pesquero, agrícola y de infraestructura. Específicamente, en lo que respecta al sector pesquero peruano, el ENOS controla los cambios interanuales en la productividad del SAP y, como consecuencia, incide en la biomasa de los recursos, entre ellos, el stock norte-centro de la anchoveta.

Actualmente, el sistema de monitoreo y vigilancia del ENOS en el Perú aún tiene limitaciones tecnológicas que afectan su cobertura temporal y espacial, en especial dentro de la estructura vertical subsuperficial de la columna de agua. Estas limitaciones impactan sobre la capacidad de pronóstico y de aviso temprano de los escenarios que afectan al SAP.

El *glider* adquirido por el Proyecto permite medir información física y química en la columna de agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y turbidez) a una alta resolución vertical (cada metro) y transmitirla en tiempo casi real vía satélite. Este equipo es el primero de su tipo en el Perú y se prevé la adquisición de otros más en el marco de otros proyectos, los cuales fortalecerán significativamente la capacidad de monitoreo del IMARPE y la alerta temprana de eventos extremos asociados a los cambios en la variabilidad del clima. En particular, los datos colectados por el *glider* permitirán validar, bajo las condiciones presentes, las salidas de los modelos de circulación que se emplean para proyectar las condiciones futuras.

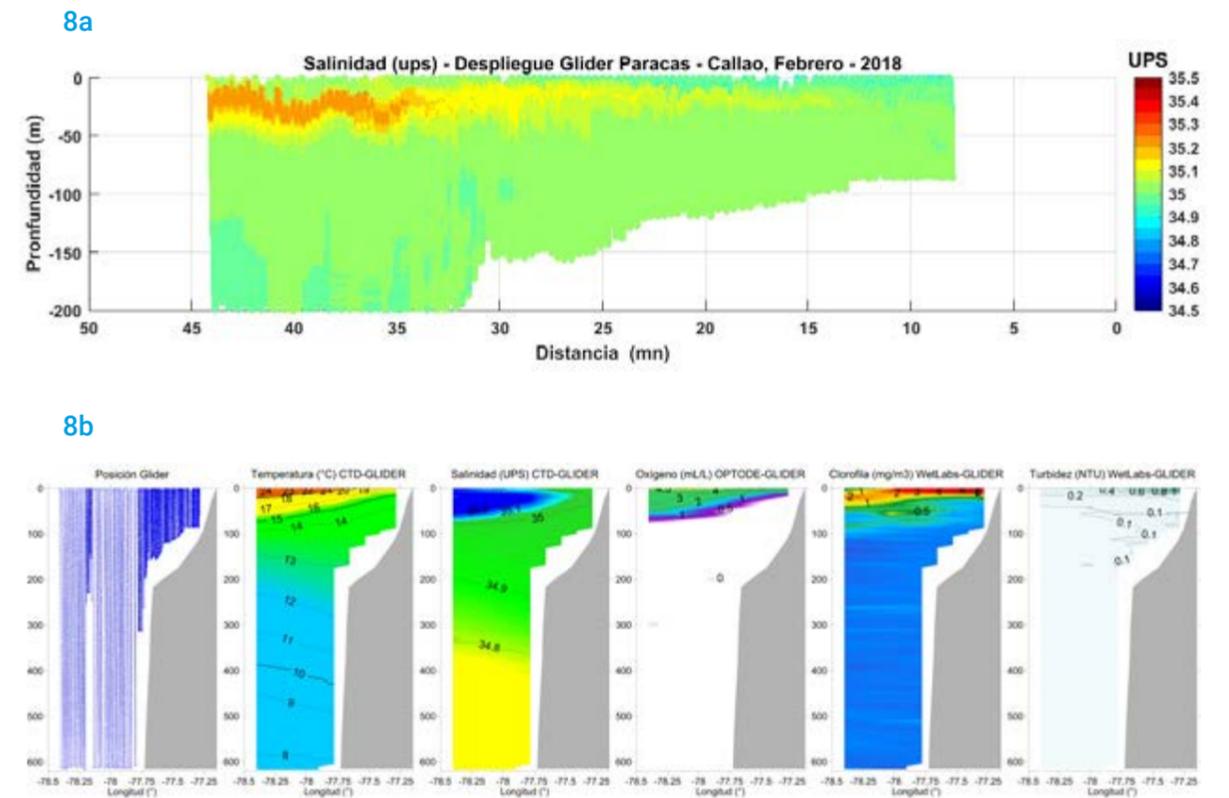
El equipo, bautizado como "Paracas", fue puesto a prueba en un primer despliegue realizado en un área de 75 millas frente al Callao y a una profundidad máxima de 615 m. El despliegue se realizó entre el 8 de febrero y el 1 de marzo del 2018. Previamente, se capacitó a científicos del IMARPE en los principios, el funcionamiento, los protocolos de uso y la comunicación del equipo, así como en el manejo y procesamiento de los datos. Asimismo, se instaló un servidor especialmente dedicado a la comunicación y recepción de los datos enviados por el *glider*,

así como para su almacenamiento y análisis. La figura 8a muestra el detalle de una de las secciones de salinidad realizadas por el *glider*, destacándose la señal de las ondas internas en su estructura vertical frente al borde de la plataforma continental -estructura que no se revela con un muestreo oceanográfico tradicional-, con base en perfiles puntuales de CTD. Además, se aprecia la proyección de aguas superficiales de salinidad intermedia (34.9 a 35.0 ‰) desde la costa hacia mar adentro, sobre una capa de mayor salinidad (35.2 ‰, asociada

a aguas subtropicales) que ingresa a la costa en sentido contrario. Esta distribución corresponde a un proceso de afloramiento costero activo. Asimismo, los otros parámetros oceanográficos (figura 8b), que exhiben un ascenso en la costa de aguas más frías, menos salinas y pobres en oxígeno -a diferencia de las aguas oceánicas-, así como altos valores de clorofila-a en la capa superficial sobre la plataforma continental.

FIGURA 8

Resultados de la primera misión del *glider* Paracas



Fuente: Elaboración propia

Nota: a) Detalle de la sección de salinidad (datos crudos) sobre los primeros 200 metros de la columna de agua, mostrando una cuña de aguas subtropicales superficiales de alta salinidad, debajo de una delgada capa de salinidades intermedias, asociadas a las aguas del afloramiento costero; (b) secciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y turbidez hasta los 600 m de profundidad.

TALLER INTERNACIONAL

SOBRE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GLIDER PARA OBSERVACIONES SOSTENIDAS DEL OCEANO BAJO EL CAMBIO CLIMÁTICO

El evento se realizó el 13 y 14 de noviembre del 2017 (figura 9) en Lima. El objetivo fue obtener un panorama del estado del arte y de las experiencias en el uso de la tecnología *glider* por parte de instituciones internacionales especializadas de Alemania, Chile, Francia y USA, con el fin de analizar la potencial implementación de un sistema de observación integrado y sostenible con la tecnología *glider* en la Zona Ecológica y Económica (ZEE) del Perú, así como su articulación con redes globales de observación y colaboración. Durante el taller se desarrollaron importantes exposiciones y tres paneles de discusión sobre las aplicaciones y ventajas de la tecnología *glider* en el monitoreo oceanográfico. Entre los casos expuestos se revisaron experiencias asociadas al estudio de estructuras de submesoescala,

turbulencia, estratificación, variabilidad de la oxiclina, circulación costera, procesos océano-atmósfera relacionados al desarrollo de huracanes tropicales en el Atlántico, y experiencias previas realizadas frente a la disponibilidad de la información en tiempo casi real, así como el valor de complementar la información generada con la proveniente de otras plataformas observacionales (flotadores Argo, redes de sensores y cruceros). Se destacó el valor de la información de alta resolución espacio-temporal obtenida con estos equipos para la mejora de la configuración de los modelos numéricos de circulación a escala regional o costera. También se remarcó el potencial de aprovechar la información de los *gliders* para el mejoramiento de modelos numéricos con

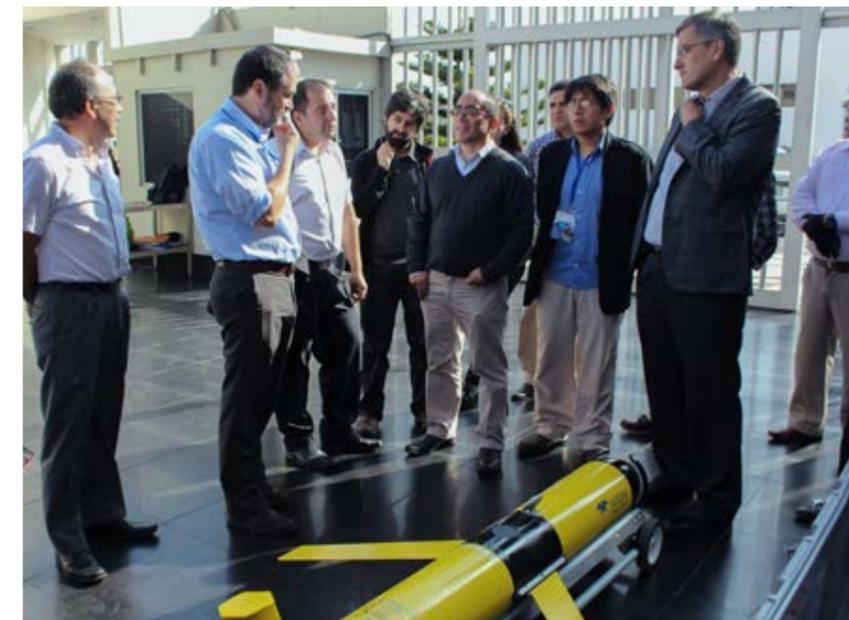
finés de pronóstico operacional, por medio de la asimilación de datos. Finalmente, se recomendó que el sistema de monitoreo a implementar se asocie al programa internacional Oceangliders, parte del Sistema Global de Observación del Océano (GOOS, por sus siglas en inglés), con la finalidad de acceder a oportunidades de asistencia técnica, formación de capacidades y hacer uso de plataformas y protocolos que se desarrollan en dicho programa.



Foto IMARPE.

FIGURA 9

Visita a las instalaciones del IMARPE



Nota: Se aprecia el vehículo autónomo submarino *glider* adquirido por el Proyecto.

2.3 ESCENARIOS REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DEL PERÚ

Además de su complejidad computacional, las proyecciones regionales de los escenarios futuros del cambio climático requieren un entendimiento realista de los procesos de circulación y biogeoquímicos, y de cómo estos responden a la variabilidad climática natural en las regiones estudiadas. Por ello, durante el Proyecto, investigadores del IMARPE, en colaboración con el IRD, realizaron diversos estudios de modelado del periodo histórico cuyas simulaciones fueron validadas con las observaciones del IMARPE y de otras fuentes.

2.3.1 MODELACIÓN CLIMÁTICA DURANTE EL PERIODO 1958-2008

Espinoza et al. (2017) analizaron el periodo histórico comprendido entre 1958 y 2008 para obtener información sobre la evolución y la respuesta del SAP a la variabilidad climática. Por un lado, el periodo presentó episodios de calentamiento vinculados a su variabilidad interanual (p. ej., episodios cálidos del evento El Niño), los cuales permitieron estudiar los efectos del calentamiento sobre las condiciones físicas y biogeoquímicas del SAP. Por otro lado, se puede analizar las tendencias en las últimas décadas. Para reproducir el periodo, se usó un modelo oceánico regional (ROMS) (Shchepetkin y McWilliams, 2005) a 1/6° con un componente biogeoquímico (PISCES) (Aumont y Bopp, 2006). Los flujos de calor sobre la superficie fueron calculados usando los datos de la Base de Datos de Atmósfera-Océano (COADS, por sus siglas en inglés) (Da Silva et al., 1994) y los forzantes de viento procedieron de una reducción de escala (Goubanova et al., 2011) de los productos del reanálisis del Centro Nacional para Predicciones Ambientales (NCEP, por sus

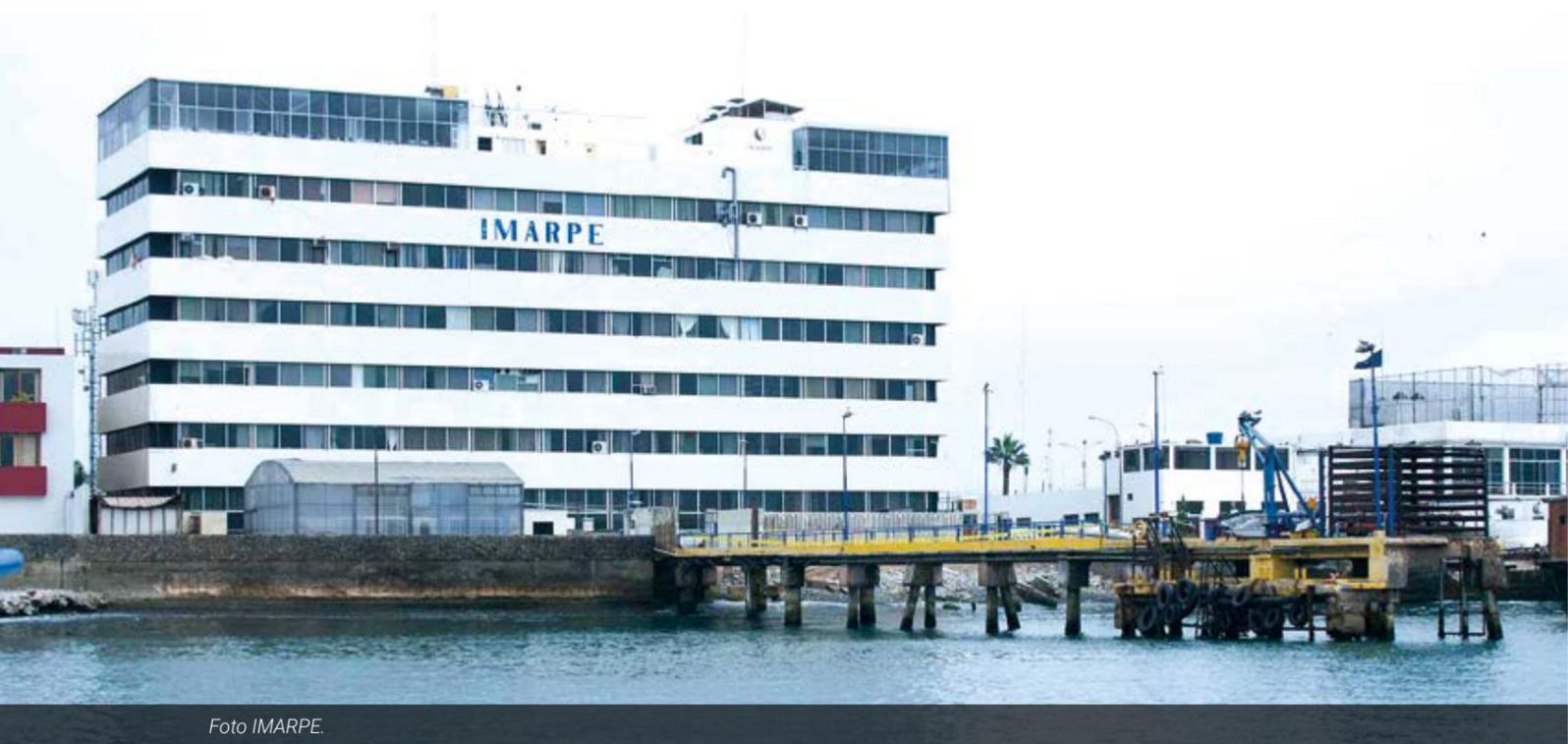


Foto IMARPE.

siglas en inglés). Las condiciones iniciales y las fronteras abiertas fueron extraídas del reanálisis de la Asimilación Simple de Datos Oceánicos (SODA, por sus siglas en inglés) (Carton y Giese, 2008) y de los datos observacionales de la Organización para la Investigación Industrial y Científica de la Mancomunidad de Australia (CARS, por sus siglas en inglés) (Ridgway et al., 2002).

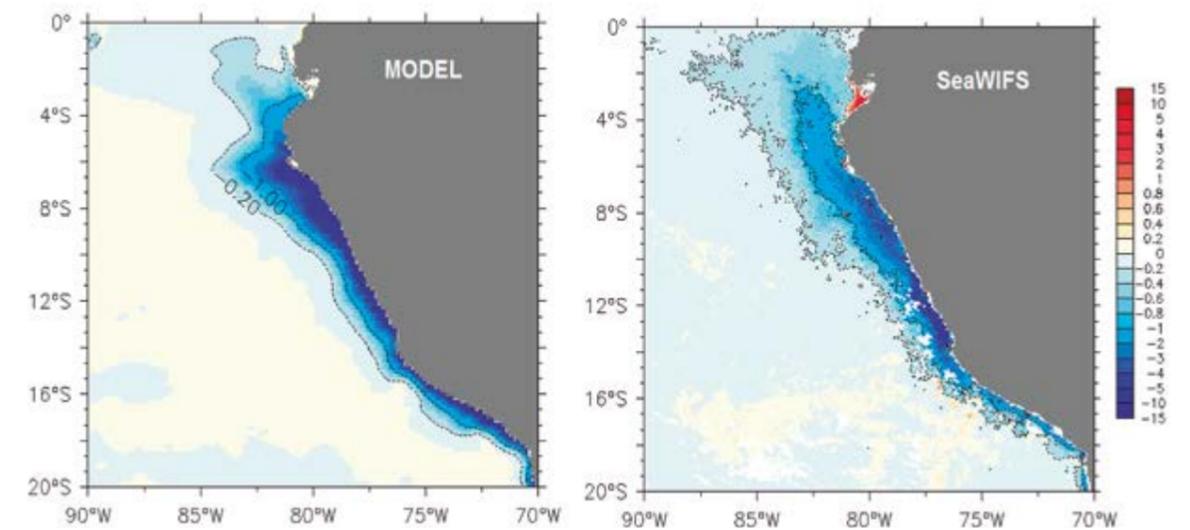
Espinoza-Morriberón et al., (2017) investigaron los episodios de El Niño usando ROMS-PISCES, y encontraron una disminución en la concentración de clorofila-a (figura 10) y de nutrientes, así como una profundización de la nutriclina, la oxiclina y de la termoclina. El modelamiento mostró que estos cambios están vinculados a la propagación de las ondas Kelvin cálidas. La disminución de clorofila-a es forzada por una limitación de nutrientes durante

el otoño y la primavera, y por la limitación de luz durante el verano.

Por otro lado, entre los años 1979 y 2008, el modelo muestra una disminución en la temperatura superficial del mar y en la concentración de oxígeno, así como un aumento en los nitratos y en la productividad. Cabe indicar que el enfriamiento de las aguas costeras ha sido reportado anteriormente de acuerdo a las observaciones de Gutiérrez et al. (2011). Las tendencias determinadas en el modelo serían forzadas por las condiciones de gran escala, asociadas al incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos de El Niño Modoki, durante los cuales el calentamiento del Pacífico se concentra en su región central, mientras que la costa peruana tiende a presentar anomalías negativas en la temperatura del mar (Dewitte et al. 2012).

FIGURA 10

Mapas de concentración de clorofila-a



Fuente: Espinoza et al. (2017).

Nota: Anomalías durante el segundo pico (noviembre-diciembre de 1997) del evento El Niño de 1997-1998 en el modelo (izquierda) y en las observaciones satelitales (derecha; datos SeaWIFS).

2.3.2 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL VIENTO COSTERO FAVORABLE AL AFLORAMIENTO

Los primeros estudios sobre la evolución del viento en las zonas de afloramiento costero en décadas recientes mostraron una tendencia a la intensificación, que fue vinculada a un posible incremento de la diferencia de temperatura (o presión) entre la tierra y el mar asociado al calentamiento global (Bakun, 1990). Aquello atrajo la atención de la comunidad científica y nuevos estudios fueron realizados, confirmando, en algunos casos, la intensificación del viento favorable al afloramiento, en particular en las latitudes más altas (Sydeman et al., 2014).

El enfriamiento local de la temperatura del mar frente a la costa central y sur del Perú desde mediados del siglo XX (Gutiérrez et al., 2011), sería consistente con la intensificación del afloramiento costero. Sin embargo, es posible que el enfriamiento haya obedecido a un aumento en la frecuencia de El Nio Modoki y no a la intensificación del esfuerzo del viento (Dewitte et al. 2012). Por otro lado, la influencia de las celdas de baja presión continental sobre la intensidad del afloramiento costero

parece ser menor a la que ejerce la migración de los núcleos de alta presión sobre el océano (García-Reyes et al., 2013). Para las condiciones futuras, los primeros estudios regionales basados en modelamiento estadístico y físico, a una modesta resolución (~50-100 km) y bajo escenarios académicos de duplicación y cuadruplicación de la concentración de CO2 atmosférico ('2xCO2' y '4xCO2'), han sugerido que los vientos costeros frente al Perú podrían debilitarse moderadamente, principalmente durante los meses de verano, debido al incremento de la precipitación en la costa norte y al desplazamiento hacia el polo del Anticiclón del Pacífico Sur (Goubanova et al., 2011; Belmadani et al., 2013, Belmadani et al., 2014; Wang et al., 2015).

Durante el Proyecto, Grados, Chamorro, Colas y Echevin contribuyeron al *downscaling* de los datos de viento de los modelos globales de clima sobre el SAP, bajo dos escenarios climáticos del IPCC (RCP, del inglés Representative Concentration Pathways; Van Vuuren et al., 2012): escenario optimista (RCP 2.6), donde las emisiones de carbono son neutralizadas al 2050 y hay una reducción del forzante de radiación a partir de allí; y un escenario pesimista (RCP 8.5),

donde el ritmo de las emisiones se mantiene (*business as usual*). Se emplearon dos métodos distintos: primero, un método estadístico siguiendo a Goubanova et al. (2011), y luego un método dinámico, usando un modelo regional atmosférico a alta resolución. El *downscaling* estadístico fue aplicado a un solo modelo global, el IPSL-CM5 (Dufresne et al., 2013). Este modelo fue elegido entre seis modelos globales con componente biogeoquímico, y se empleó para evaluar el realismo de las condiciones actuales biogeoquímicas simuladas en la región del Perú (Soto, 2015). En primer lugar, se encontró una relación estadística entre las condiciones de gran escala y el viento regional. En segundo lugar, se aplicó dicha relación para reducir de escala los vientos del modelo global IPSL-CM5. Luego se comparó el intervalo de años 2081-2100 del escenario RCP 8.5 con el intervalo 2000-2016 (Grados, 2016).

El *downscaling* dinámico empleó el modelo

atmosférico regional (WRF) (Skamarock y Klemp, 2008) con dos dominios anidados que permitió reducir progresivamente la resolución de los datos atmosféricos hasta 1/15°. El modelo fue forzado por datos de reanálisis (NCEP2) con una corrección de sesgo de cambio climático procedente del promedio de los modelos globales del CMIP5 (IPCC, 2014) bajo el escenario pesimista RCP 8.5. Se simuló el periodo de años 2086-2095 para compararlo con una simulación del periodo histórico 1994-2003.

Ambos estudios muestran una ligera intensificación (~5%) del viento costero durante el invierno y una ligera disminución (~5-10%) durante el verano, mientras que el promedio anual no muestra cambios significativos en la intensidad del viento. Estos resultados confirman el debilitamiento del viento en verano de los estudios anteriores, pero contrastan en cuanto al promedio anual (tabla 1).

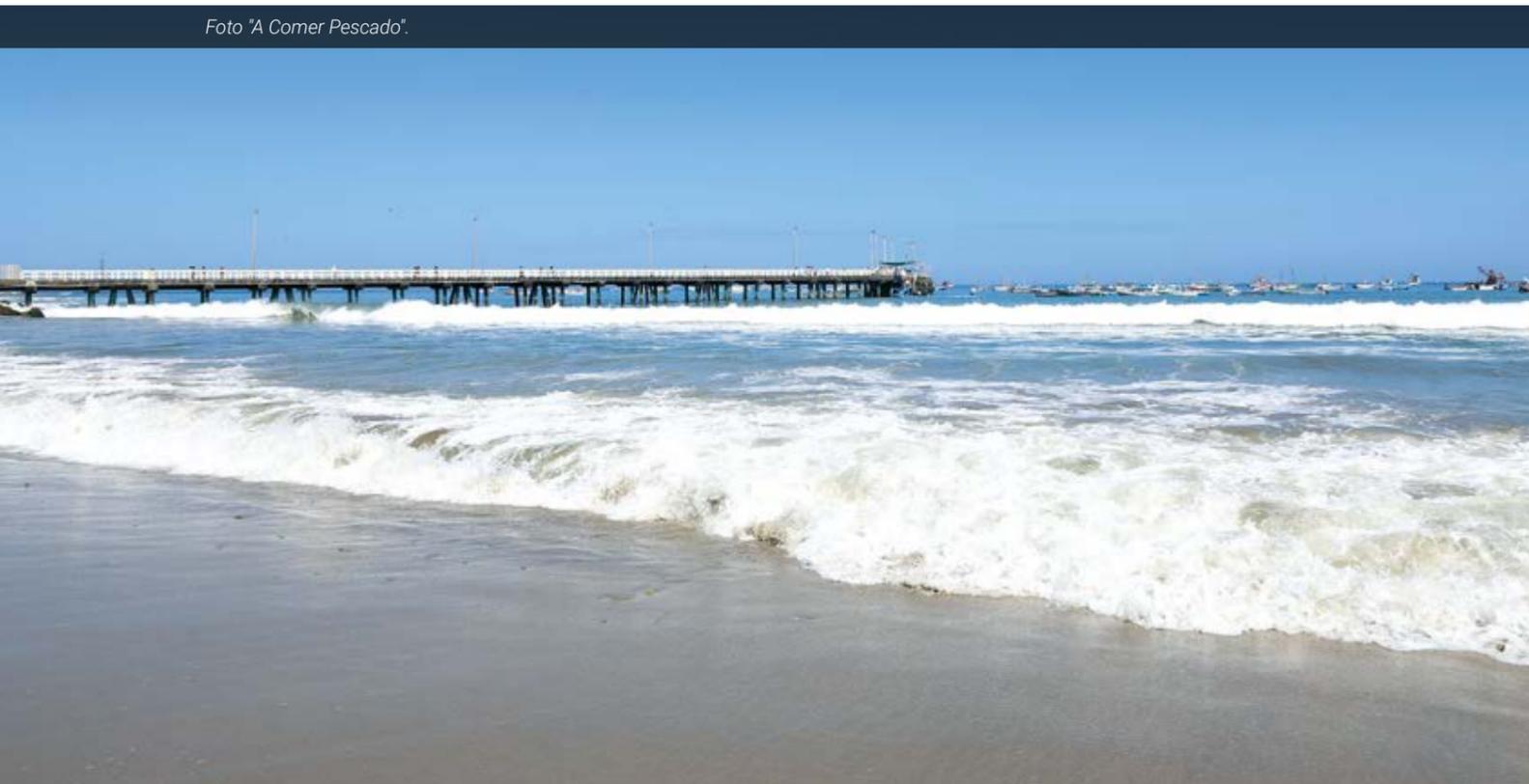
TABLA 1

Características y resultados de los estudios de *downscaling* del viento costero bajo escenarios de clima futuro, proyectados por modelos climáticos globales de la fase 3 y 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3 y CMIP5) del IPCC

ESTUDIO	RESOLUCIÓN ESPACIAL	CMIP	PERIODOS CONSIDERADOS		EVOLUCIÓN DEL VIENTO		
			PERIODO FUTURO	PERIODO HISTÓRICO	PROMEDIO ANUAL	INVIERNO	VERANO
Goubanova et al. (2011)	50 km	CMIP3	2120-2149	1970-1999	↓	→	↓
Belmadani et al. (2013)	50 km		2079-2099	1979-1999	↓	↓	↓
<i>Downscaling</i> dinámico (este proyecto)	1/15° (~ 7km)	CMIP5	2086-2095	1994-2003	→	↑	↓
<i>Downscaling</i> estadístico (este proyecto)	1/4° (~ 27km)		2081-2100	2000-2016	→	↑	↓

Se indican estudios anteriores (Goubanova et al., 2011; Belmadani et al., 2013) y estudios realizados en el proyecto.

Foto "A Comer Pescado".



2.3.3 MANIFESTACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CONDICIONES FÍSICAS OCEÁNICAS DEL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DEL PERÚ

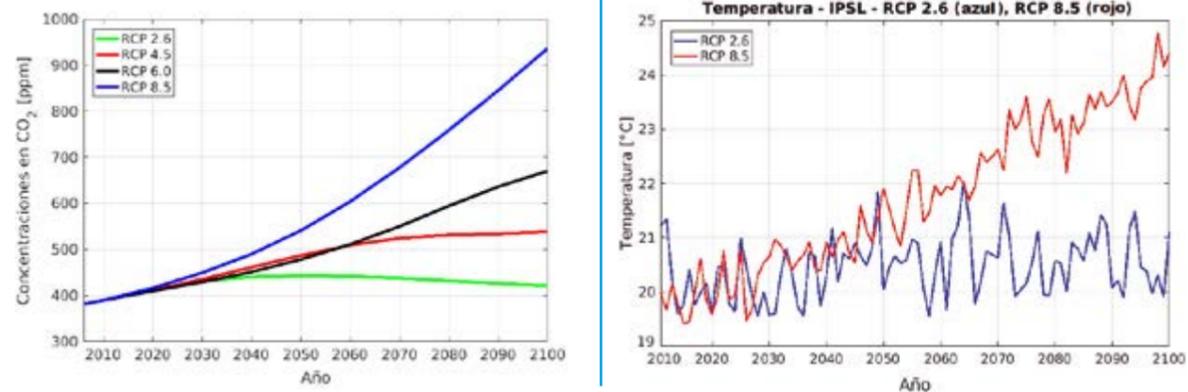
Es conocido que los modelos globales de clima presentan una resolución baja (2°) que dificulta representar de manera realista la circulación marina de los sistemas de afloramiento como el del Perú. Por lo tanto, para poder estudiar la evolución de la zona costera del Perú, Gévaudan, Colas, Echevin, Soto, Grados y Oerder (com. pers.) usaron el modelo regional ROMS con una resolución horizontal de 1/9° y el componente biogeoquímico PISCES. El modelo fue forzado por observaciones y un sesgo de cambio climático procedente del modelo IPSL-CM5. Se

realizó dos experimentos con los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 (figura 11).

No se hallaron manifestaciones significativas en las condiciones físicas del SAP bajo el escenario RCP 2.6. En cambio, bajo el escenario RCP 8.5 se evidencia un incremento de la estratificación (figura 12) y un afloramiento reducido. La corriente de superficie tiene una extensión vertical más reducida y la contracorriente es menos profunda y más intensa. Estos resultados, resumidos en la tabla 2, son consistentes con los estudios anteriores de Echevin et al. (2011) y de Oerder et al. (2015). Sin embargo, la intensidad de la actividad turbulenta no muestra cambios, lo que contrasta con aquellos estudios.

FIGURA 11

Evolución de las concentraciones de CO₂ y temperatura superficial del mar (2010 - 2100)

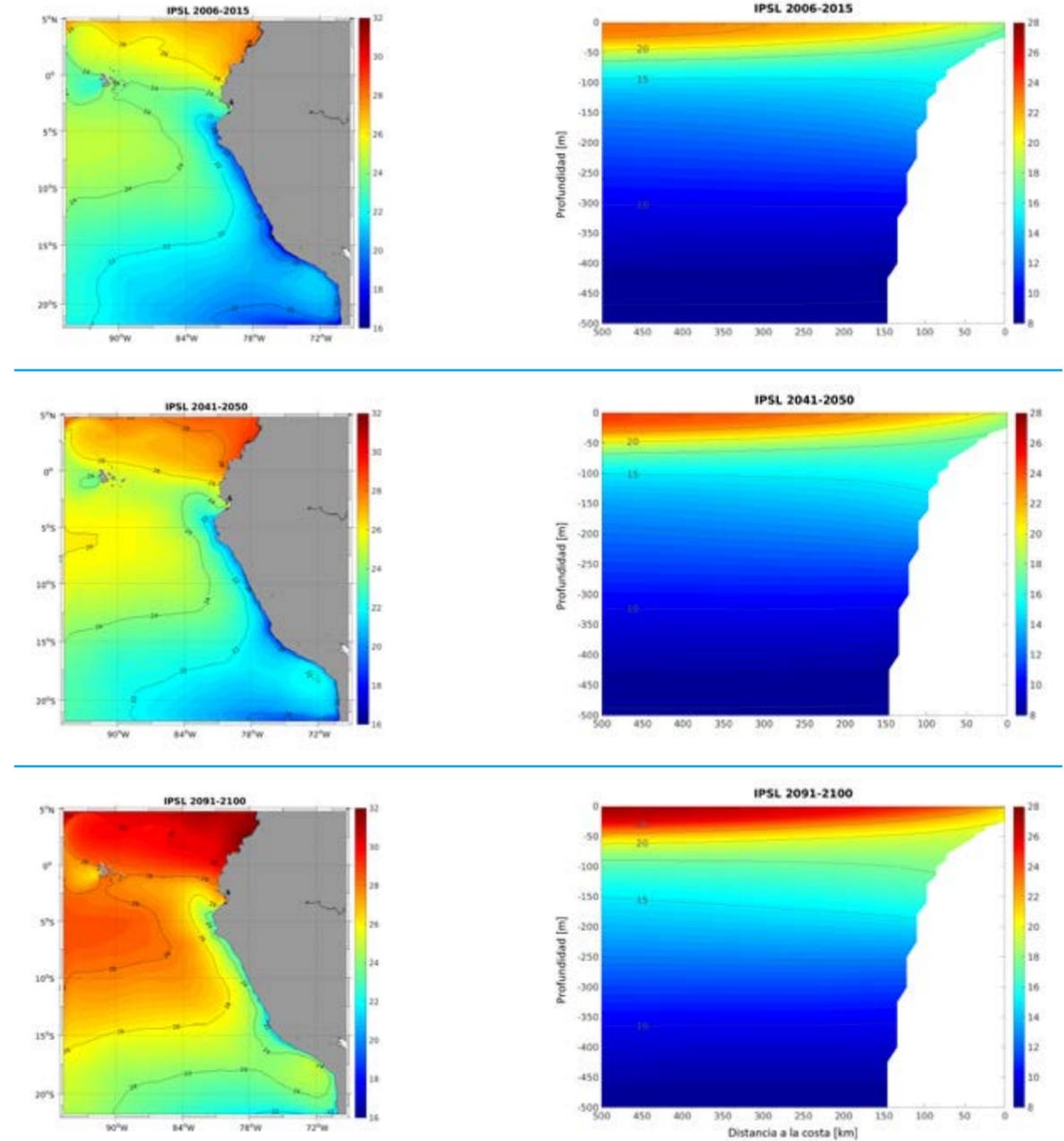


Fuente: Elaboración propia

Nota: a) CO₂ (en ppm) bajo los diferentes escenarios RCP (Van Vuuren, 2011); b) Temperatura de superficial del mar (modelada) en la costa peruana (media móvil de 10 años) para el escenario optimista RCP 2.6 (azul) y pesimista RCP 8.5 (rojo). La temperatura es promediada en una caja costera de 0 a 100 km de la costa, entre 7 y 13°S.

FIGURA 12

Mapas superficiales y secciones verticales de temperatura. Resultados de modelos para el periodo actual (2006-2015), mediados del siglo XXI (2041-2050) y fines del siglo XXI (2091-2100)



Fuente: Elaboración propia

Nota: Las secciones verticales de temperatura fueron promediadas a lo largo de la costa (entre 7°S y 13°S) bajo el escenario RCP 8.5 del downscaling del modelo IPSL-CM5A-MR.

TABLA 2

Resultados de los estudios de *downscaling* del sistema de afloramiento del Perú bajo escenarios de clima futuro. Estudios anteriores (Echevin et al., 2011; Oerder et al., 2015) y estudio realizado en el Proyecto (escenario RCP 8.5)

	Echevin et al. (2011)	Oerder et al. (2015)	Escenario RCP 8.5
Modelo global y escenario de clima usados	IPSL-CM4 4CO2	IPSL-CM4 4CO2	IPSL-CM5 4CO2
Estratificación	↑↑	↑↑	↑↑
Intensidad del viento	↓	↓↓	↓
Profundidad de la contracorriente de Perú-Chile	↑	↑	↑
Intensidad de la contracorriente de Perú-Chile	↑↑	↑	↑
Espesor de la corriente costera del Perú	↓↓	↓	↓
Turbulencia costera	↑	↑	→
Afloramiento	↓	↓↓	↓

2.3.4 MANIFESTACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CONDICIONES BIOGEOQUÍMICAS DEL SISTEMA DE AFLORAMIENTO DEL PERÚ

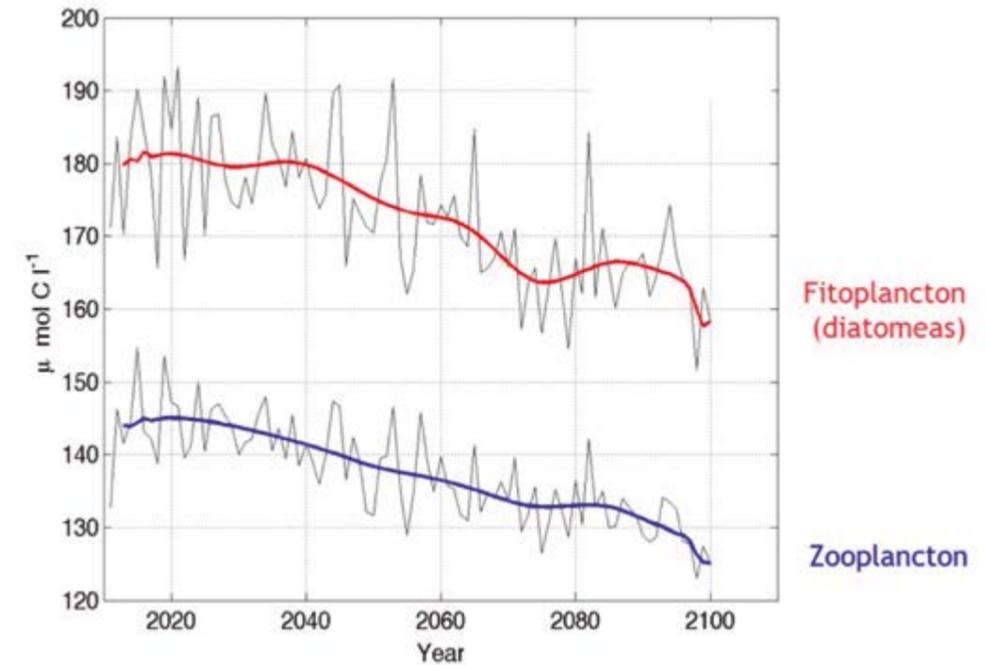
Gévaudan, Colas, Soto, Tam y Echevin (com. pers.) usaron el modelo ROMS-PISCES para estudiar la evolución de las condiciones biogeoquímicas, detectándose cambios en la actividad planctónica para el escenario RCP 8.5. La estructura vertical de la concentración de clorofila-a es modificada, con un incremento en la superficie y una disminución en la subsuperficie. La proporción clorofila: carbono aumenta con la temperatura, lo que señala un cambio en la comunidad planctónica; mientras que las biomásas de fitoplancton y de zooplancton disminuyen (figura 13). Si bien esto último podría deberse a un aumento del

forrajeo del zooplancton no compensado por la productividad primaria, investigaciones previas basadas en modelos físico-biogeoquímicos también sugieren una futura reducción en la abundancia de fitoplancton y zooplancton como resultado del agotamiento de nutrientes a gran escala en el agua subsuperficial (Brochier et al., 2013).

Las simulaciones muestran también una disminución de la concentración de oxígeno que podría ser vinculada a un aumento de la respiración del fitoplancton y del zooplancton, así como a la menor ventilación causada por la estratificación en la capa superficial. La profundidad de la oxiclina es también reducida.

FIGURA 13

Evolución de la biomasa de fitoplancton (en rojo) y de zooplancton (azul) en el escenario RCP 8.5



Fuente: Elaboración propia

2.4 ESCENARIOS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA POBLACIÓN DE LA ANCHOVETA PERUANA

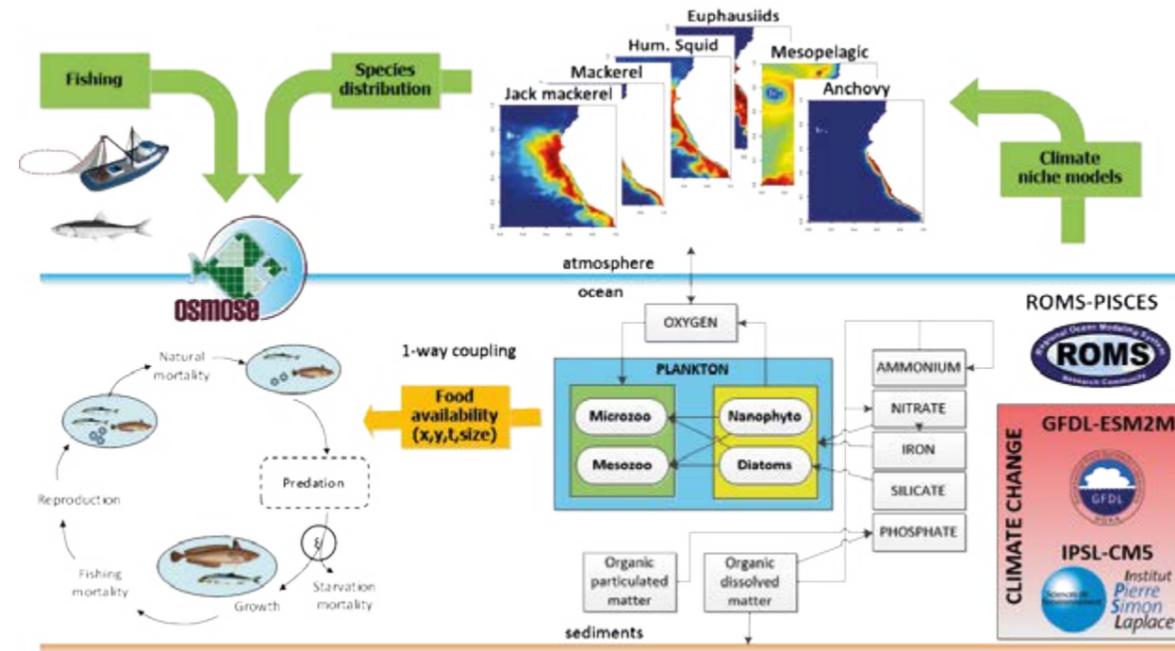
Dados la información obtenida durante la ejecución del Proyecto y el acceso a modelos de simulación más detallados, se consideró necesario realizar un análisis del impacto potencial de los escenarios del cambio climático sobre la población norte-centro de la anchoveta peruana (Oliveros, 2018). Este análisis se considera como uno de los estudios más importantes del Proyecto. Específicamente, las proyecciones para este análisis se realizaron

utilizando el modelo ecosistémico OSMOSE (figura 14), el cual emplea como datos de entrada la distribución espacial de los peces, calculada mediante modelos estadísticos, y la producción de plancton de los modelos globales IPSL-CM5A-LR y GFDL-ESM2M para el periodo 2009-2100. Debido a la baja resolución de los modelos globales, se aplicó una reducción de escala estadística de 1° a 1/6°. De cada modelo global, se usaron dos escenarios RCP (2.6 y 8.5). Asimismo, se usó la mortalidad por pesca promedio de los años 2005-2008 para todas las especies durante todo el periodo de simulación.

La distribución estadística de los resultados de todas las simulaciones de diferentes escenarios y modelos climáticos permitió determinar un rango superior de la biomasa esperada

FIGURA 14

Representación conceptual del enfoque de modelado para la construcción de escenarios de cambio climático para la anchoveta peruana



Fuente: Oliveros (2018).

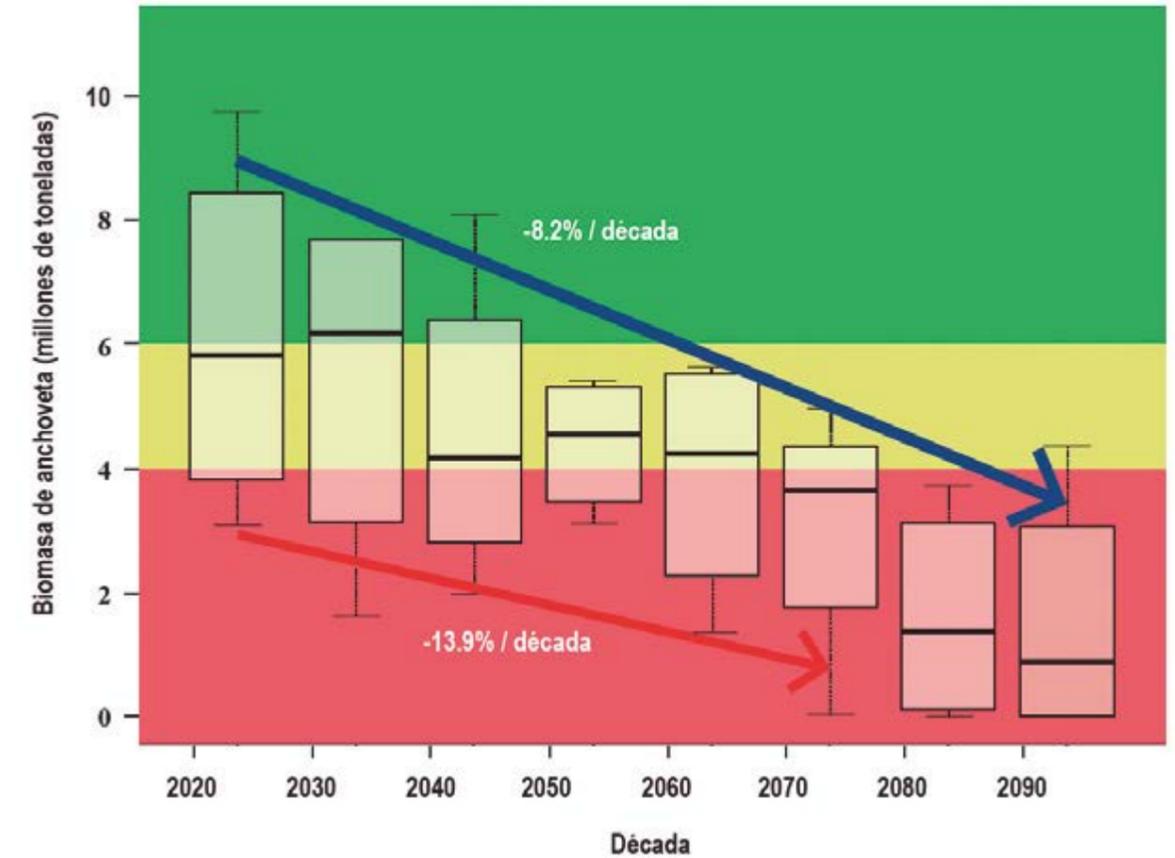
sobre el percentil 75 % de las simulaciones y un rango inferior hasta el percentil 25 % de las simulaciones. Asimismo, se consideraron dos niveles de referencia de la biomasa de anchoveta (IMARPE, 2016): un punto biológico de referencia límite (4 millones de toneladas, que representan la mínima biomasa necesaria para la renovación poblacional), bajo el cual ocurriría una situación de colapso (área roja, figura 15), y un punto biológico de referencia objetivo (6 millones de toneladas, que constituyen el nivel de biomasa deseable), sobre el cual ocurriría un estado saludable (área verde, figura 15). Los resultados muestran que durante lo que resta del siglo XXI, el rango superior de la biomasa esperada disminuye a una tasa de 8.2 % por década, mientras que el rango inferior se reduce a una tasa de 13.9 % por década (figura 15).

Considerando los puntos biológicos señalados, las medianas de la biomasa esperada se

mantienen cerca del punto biológico de referencia objetivo durante las décadas de 2020 y 2030, disminuyendo a niveles próximos al punto biológico de referencia límite para las décadas entre 2040 y 2060 (figura 15). A partir de la década de 2070, las medianas de la biomasa esperada caen por debajo del punto biológico de referencia límite. Una tendencia similar, con biomasa inferior al punto biológico de referencia límite, fue observada después de El Niño de 1972-1973, y posterior colapso de la pesquería durante la década de 1980, periodo caracterizado por presentar una menor capacidad de carga de la población de anchoveta (IMARPE, 1974; Pauly y Palomares, 1989; Csirke et al., 1996; Díaz et al., 2010). Se observó una recuperación ulterior, desde mediados de la década de 1990. Sin embargo, esta recuperación histórica continuó a bajos niveles de pesca de anchoveta (con un cambio a la explotación de sardina) y un enfriamiento

FIGURA 15

Distribución por décadas de la biomasa esperada de la anchoveta (2020-2090). Tasa de mortalidad por pesca entre 2005-2008



Fuente: Oliveros (2018).

Nota: Las zonas roja, amarilla y verde representan el nivel por debajo del punto biológico de referencia límite (4 millones), el nivel intermedio y el nivel por encima del punto biológico de referencia objetivo (6 millones) con valores de biomasa sostenibles, respectivamente.

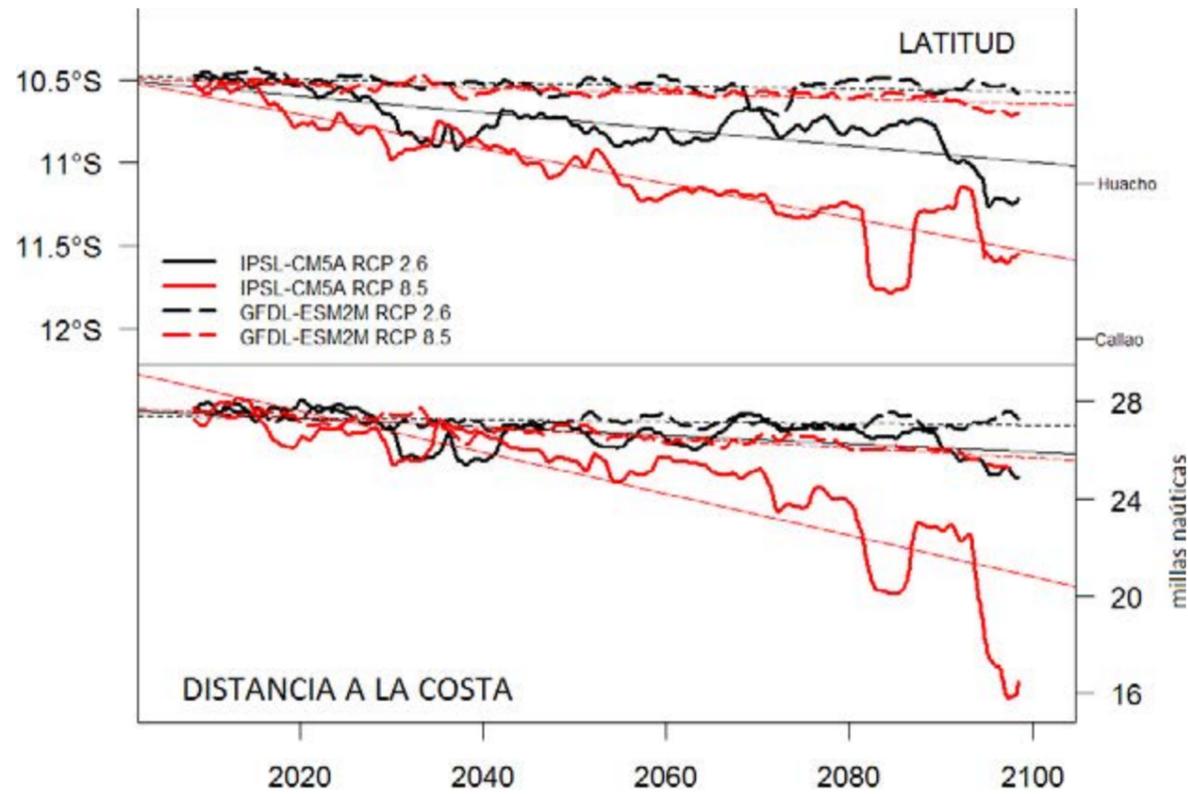
del sistema marino, que progresó a un nuevo régimen, más frío, luego de El Niño de 1997-1998 (Chávez et al., 2003; Alheit y Ñiquen, 2004; Salvattecí et al., 2017). Es así que, si bien una recuperación es teóricamente posible, los efectos del cambio climático conducentes a un mayor calentamiento del sistema y a una disminución del afloramiento costero serían desfavorables a largo plazo para la anchoveta.

Adicionalmente a los cambios poblacionales, el

estudio proyectó un desplazamiento hacia el sur y un acercamiento a la costa de la población de anchoveta (figura 16). Estas alteraciones en la distribución espacial del recurso pueden incidir en la dinámica de la actividad pesquera, ya que, por un lado, el centro de gravedad del recurso se colocaría más al sur que en la actualidad, lo cual podría modificar la distribución actual de las plantas de procesamiento y de la flota; mientras que, por otro lado, la capturabilidad del recurso podría aumentar dada su distribución más

FIGURA 16

Cambios en el centro de gravedad de la distribución de anchoveta bajo diferentes escenarios de cambio climático



Fuente: Oliveros (2018).

Nota: Los centros de gravedad en términos de latitud (arriba) y distancia a la costa (abajo) se muestran para los modelos IPSL-CM5A (línea sólida) y GFDL-ESM2M (línea quebrada), bajo el escenario RCP 2.6 (negro) y el escenario RCP 8.5 (rojo).

costera, con una potencial mayor participación de la pesca artesanal.

Si bien es cierto que todas las simulaciones realizadas predicen una reducción de la biomasa de la anchoveta frente a la costa peruana durante las próximas décadas, su velocidad y magnitud dependerán del escenario climático, de los niveles de pesca ejercidos sobre la población, así como de la estrategia que siga el manejo adaptativo para modular el esfuerzo según las perspectivas de evolución de la biomasa en el corto plazo. Si se aplicaran los niveles de mortalidad por pesca del periodo

2005-2008, los niveles de biomasa más probables disminuirían a valores próximos al punto de referencia límite antes de mediados de siglo, y por debajo de dicho valor crítico, en la década de 2070.

Cabe mencionar que la biomasa acústica promedio de la anchoveta para el stock norte-centro desde 2009 hasta el presente, estimada por el IMARPE, se ha situado por encima del punto biológico de referencia objetivo, alcanzando unos 7.9 millones de toneladas (tabla 3). Asimismo, la tasa de explotación pesquera, calculada mediante la ecuación de

Ricker (1975)⁶, ha variado de un valor promedio de 0.35, entre el 2005 y 2008, a un promedio de 0.25, para el periodo 2009-2017⁶. Con base en estas consideraciones, es más probable una trayectoria de la biomasa esperada por encima de la mediana de las simulaciones realizadas. Bajo este escenario, la biomasa esperada caería a niveles de un 50 % de la biomasa promedio de la última década hacia mediados de siglo, y por debajo del punto de referencia límite, entre las décadas de 2070 y 2080.

Claramente, más estudios son necesarios, y en estos debe incorporarse el efecto de la mortalidad

por pesca, adaptada al contexto futuro, lo cual favorecería la resiliencia de la anchoveta. Asimismo, la proyección de la biomasa futura puede precisarse con la incorporación de otras especies y las características bioenergéticas en los modelos. Además, la modelación con estos elementos permitirá evaluar la posibilidad de que alguna especie alternativa, con mejor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones predominantes, pueda ocupar los nuevos nichos ecológicos que la anchoveta no podría, como ha ocurrido con la sardina, el jurel y la caballa durante 1970-1980, luego del colapso de la anchoveta en dicho periodo.

TABLA 3

Biomasa promedio (estimaciones acústicas), cuota anual y captura de anchoveta (stock norte-centro) en miles de toneladas (2001-2017)

Año	Biomasa	Cuota anual	Captura
2001	11 100	7 000	5 689
2002	8 100	5 000	6 307
2003	7 800	6 500	5 136
2004	8 900	7 500	7 895
2005	9 100	7 000	7 574
2006	7 200	4 450	4 977
2007	7 700	5 300	5 085
2008	8 050	5 000	5 269
2009	7 115	5 500	5 062
2010	7 042	4 570	3 206
2011	10 182	6 175	6 062
2012	7 316	3 510	3 394
2013	11 201	4 354	4 087
2014	3 799	2 530	1 302
2015	7 744	3 690	3 394
2016	7 080	3 800	2 860
2017	6 920	4 290	3 080

Fuente: IMARPE.

⁶ E= F/Z * (1-exp(-Z)), donde E es la tasa de explotación, F mortalidad por pesca, Z mortalidad total. Para estimar el valor de F se consideró el cociente C/B, donde C es la captura acumulada y B la biomasa acústica promedio. Para el cálculo de Z se consideró un coeficiente M de mortalidad natural de 0.9 (R. Guevara, com. pers.), además del valor de F.

TALLER DE EXPERTOS INTERNACIONALES

SOBRE ESCENARIOS REGIONALES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Este taller se realizó del 15 al 17 de noviembre del 2017 en Lima (figura 17). El objetivo del evento fue presentar y discutir los estudios de modelamiento realizados durante el Proyecto, ante un panel de expertos nacionales e internacionales en modelado de cambio climático y ecología de pequeños pelágicos (Alemania, Australia, Canadá, Chile, Francia y USA) (figura 18), con el fin de identificar posibles brechas y orientar los siguientes pasos para mejorar el entendimiento de los impactos del cambio climático en la pesquería peruana y las capacidades de modelado y pronóstico de los mismos.

Para el modelado del clima futuro, los expertos del taller recomendaron determinar estimados de dispersión en las proyecciones del impacto

del cambio climático, para lo cual es necesario replicar las simulaciones con otros modelos globales de clima, buscando la mayor resolución espacial posible, con diferentes estrategias de *downscaling*, para incluir la dinámica no solamente global sino también regional. Además, para estudiar los impactos en el SAP, se recomendó incorporar diferentes estrategias de pesca y tipos de modelos ecosistémicos en las simulaciones. Asimismo, se recaló la importancia de modelar otras especies de peces, en particular las relacionadas con la pesca artesanal. Por otro lado, se enfatizó que el manejo de los recursos marinos en el contexto del cambio climático también requerirá de estudios de la capacidad de adaptación de los sistemas socioecológicos. Se indicó que, si bien la pesca industrial puede tener cierta flexibilidad

y recursos para adaptarse, los pescadores artesanales, aunque tienen carácter oportunista, son más vulnerables al cambio climático. Por lo tanto, los expertos recomendaron elaborar, para y con ellos, las medidas de adaptación, como, por ejemplo, privilegiar la pesca de anchoveta para el consumo humano directo, convertir las artes de pesca a otras especies resilientes al cambio climático y diversificar las actividades económicas del sector pesquero y acuícola.

FIGURA 17

Participantes del taller



FIGURA 18

Panel de discusión



2.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA ANCHOVETA PERUANA Y OTRAS ESPECIES SELECCIONADAS DE LA PESCA Y SOBRE LAS ACTIVIDADES ACUICOLAS

Las manifestaciones regionales del cambio climático pueden ocasionar cambios en el tamaño, la reproducción, la distribución, la abundancia y la temporalidad de los eventos del ciclo de vida (fenología) de los organismos marinos, lo cual puede afectar la producción pesquera y acuícola. Por ello, el Proyecto encargó la elaboración de un estudio de riesgo ecológico (ERE) para investigar la vulnerabilidad⁷ relativa de especies seleccionadas de la pesca y de algunas actividades acuícolas a los efectos del cambio climático (Ramos, 2017).

La vulnerabilidad de las especies pesqueras evaluadas fue estimada a través de sus niveles de sensibilidad y exposición relativas. Como primer paso, un grupo de expertos estimó, con base en estudios científicos y en su experiencia, los puntajes de sensibilidad relativa de 29 especies pesqueras, considerando 12 atributos biológicos de abundancia, distribución y fenología. La exposición de las especies pesqueras se examinó considerando 8 factores ambientales (temperatura, salinidad, pH, concentración de clorofila, productividad primaria, precipitación, incremento en el nivel del mar y temperatura del aire). El nivel de sensibilidad y exposición de cada atributo biológico y factor ambiental, respectivamente, fue categorizado como bajo, medio o alto. Posteriormente, se estimó la vulnerabilidad relativa de cada especie pesquera a partir de sus puntajes globales de sensibilidad y exposición.

Para el caso de las actividades acuícolas, se usó una metodología *ad hoc* para estimar los puntajes de riesgo (bajo, medio, alto) de 9

actividades acuícolas comerciales o potenciales en función de la sensibilidad e impacto frente al cambio climático, considerando 9 atributos relacionados a la disponibilidad de organismos de cultivo en sus diferentes estadios, reproducción, alimentación y crecimiento, susceptibilidad a contraer enfermedades y exposición al cambio climático. Los puntajes acumulados de sensibilidad y exposición fueron ordenados de mayor a menor para definir las actividades acuícolas con mayor sensibilidad y riesgo, respectivamente.

La temperatura fue identificada como un factor clave capaz de afectar directa e indirectamente las características biológicas, distribución, abundancia y fenología de las especies pesqueras, así como el rendimiento de las especies cultivadas. La acidificación del océano puede dañar a especies con estructuras calcáreas, así como a peces altamente activos e invertebrados. La reducción de las condiciones de afloramiento puede afectar la distribución, abundancia y capturas comerciales de las especies. El aumento del nivel del mar y de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, las floraciones algales nocivas y el incremento de patógenos pueden tener repercusiones importantes en las actividades acuícolas en sistemas abiertos.

El *ranking* de puntajes acumulados de sensibilidad dividido en cuatro niveles sugiere que de las 29 especies pesqueras evaluadas, 15 especies tienen sensibilidad alta, 11 especies tienen sensibilidad media-alta, 2 especies tienen sensibilidad media y una especie tiene sensibilidad media-baja (figura 19). En general, el nivel de sensibilidad al cambio climático se incrementa si la capacidad de la especie para mantener grandes abundancias o para cambiar de distribución es limitada, y viceversa. El *ranking* de puntajes acumulados de exposición sugiere que 4 especies tienen exposición alta, 2 especies tienen exposición media-alta, 4 especies tienen exposición media y 19 especies tienen exposición media-baja. Las especies con vulnerabilidad muy alta son el caracol gris

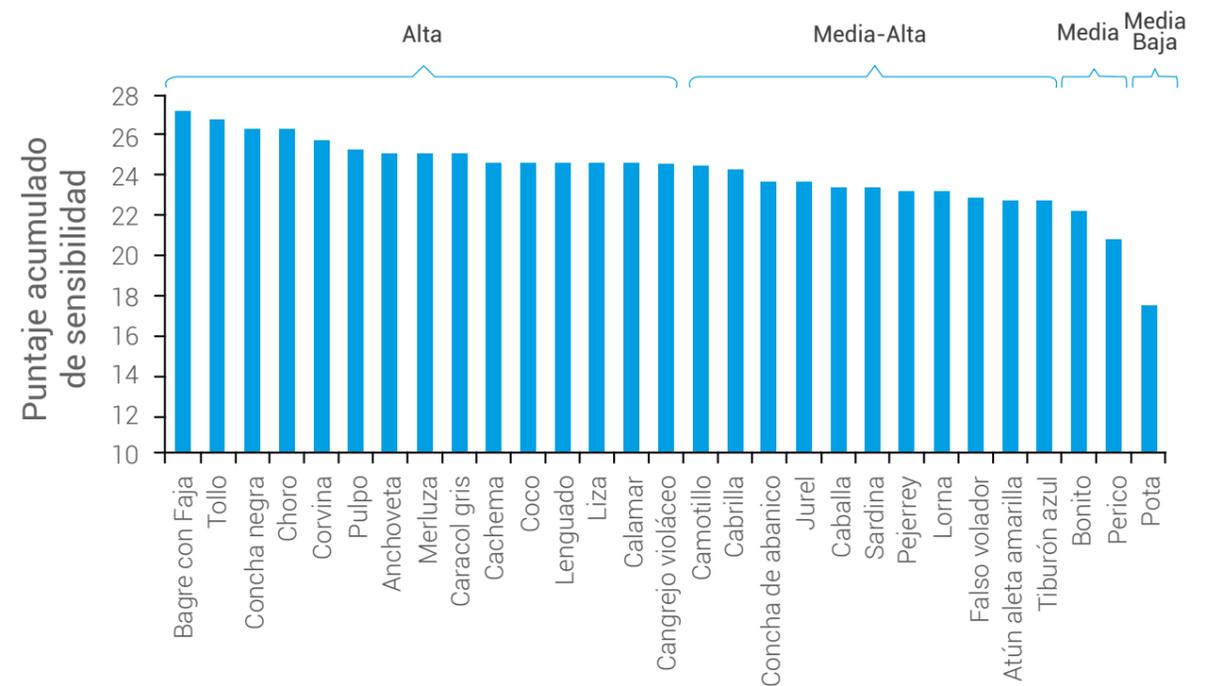
⁷ **Vulnerabilidad:** Grado en que las especies son susceptibles (perjudicialmente) a los daños. **Sensibilidad:** Grado en el que las especies son afectadas o responden al estímulo climático. **Exposición:** Estímulos que tienen un impacto en las especies.

y la concha de abanico, mientras que otras 10 especies tuvieron vulnerabilidad alta: caballa, atún aleta amarilla, liza, bagre con faja, cabrilla, camotillo, pulpo, choro, tollo y concha negra; 15 especies tuvieron vulnerabilidad media y 2 especies tuvieron vulnerabilidad baja. En el caso de la anchoveta peruana, el estudio indicó una posición media en el *ranking* de riesgo ecológico al cambio climático, asociada a su plasticidad fenotípica⁸. Aunque la anchoveta presentó un nivel de vulnerabilidad medio gracias a su resiliencia frente a fluctuaciones ambientales, los cambios climáticos permanentes en la productividad del sistema podrían tener impactos negativos en escenarios pesimistas.

Finalmente, cabe resaltar la baja sensibilidad de la pota al cambio climático (figura 19). Recientes estudios han demostrado que los cefalópodos (entre estos la pota) tienen un conjunto único de características biológicas, que incluyen un rápido crecimiento, una esperanza de vida corta y una fuerte plasticidad, que les permiten adaptarse rápidamente a las cambiantes condiciones ambientales (Jackson y O’Dor, 2001; Rodhouse et al., 2014). Estas características posibilitan una alta resiliencia de la pota con respecto al cambio climático, y al ser esta la especie más importante en el portafolio de la flota artesanal, sus ventajas biológicas se puedan capitalizar en una ventaja económica.

FIGURA 19

Sensibilidad relativa al cambio climático



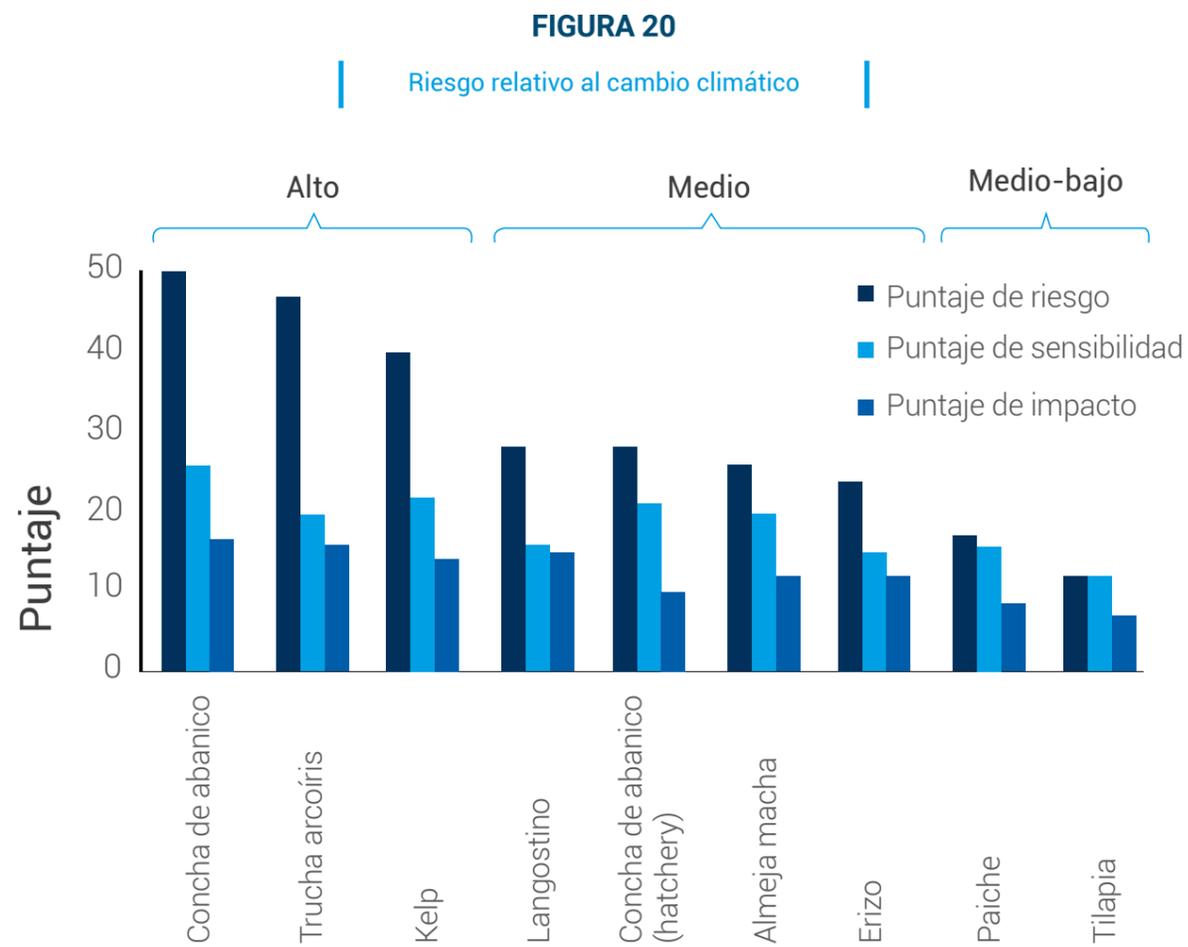
Fuente: Ramos (2017).

Nota: Se muestran 29 especies de importancia pesquera en el Perú.

⁸ **Plasticidad fenotípica:** Es la habilidad de un genotipo de producir más de un fenotipo al ser expuesto a diferentes ambientes.

Dichos retornos económicos solo podrán ser alcanzados y tendrán un impacto sobre el bienestar de la sociedad si se diseñan e implementan planes de manejo y ordenamiento para la flota artesanal que participa en la pesquería de la pota. En conclusión, se sugiere realizar en el futuro otro análisis de vulnerabilidad socioeconómica al cambio climático, para la pesca artesanal de la pota, y con base en esos resultados promover un plan de manejo y ordenamiento de la pesca de esta especie para el sector artesanal.

De las 9 actividades acuícolas comerciales o potenciales evaluadas, 3 presentan riesgo alto, 4 presentan riesgo medio y 2 presentan riesgo medio-bajo (figura 20). El riesgo se incrementa si la disponibilidad de los organismos de cultivo es limitada, si el desove y crecimiento de larvas y juveniles no ocurre en condiciones controladas, si el alimento no es de fácil acceso, si las instalaciones de cultivo y los organismos están expuestos a la variabilidad ambiental y si son propensos a patógenos y enfermedades no tratables.



Fuente: Ramos (2017).

Nota: Se muestran 9 actividades acuícolas del Perú.

Los resultados muestran que las actividades acuícolas de mayor riesgo son los cultivos comerciales de concha de abanico en el ambiente natural y de trucha arcoíris (tierra adentro), y los cultivos potenciales de la macroalga *Macrocystis pyrifera* (Ramos, 2017).

Los resultados del ERE pueden ser útiles a científicos, manejadores de recursos y todos los involucrados en las actividades pesqueras

y acuícolas, ya que les permiten anticiparse a los impactos potenciales del cambio climático sobre las especies y actividades evaluadas. Por ejemplo, el estudio sustenta la necesidad de dirigir esfuerzos y recursos, así como de definir futuras líneas de investigación que proveerán información importante para desarrollar planes de manejo pertinentes, con el fin de minimizar los riesgos y maximizar las oportunidades asociadas al cambio climático.

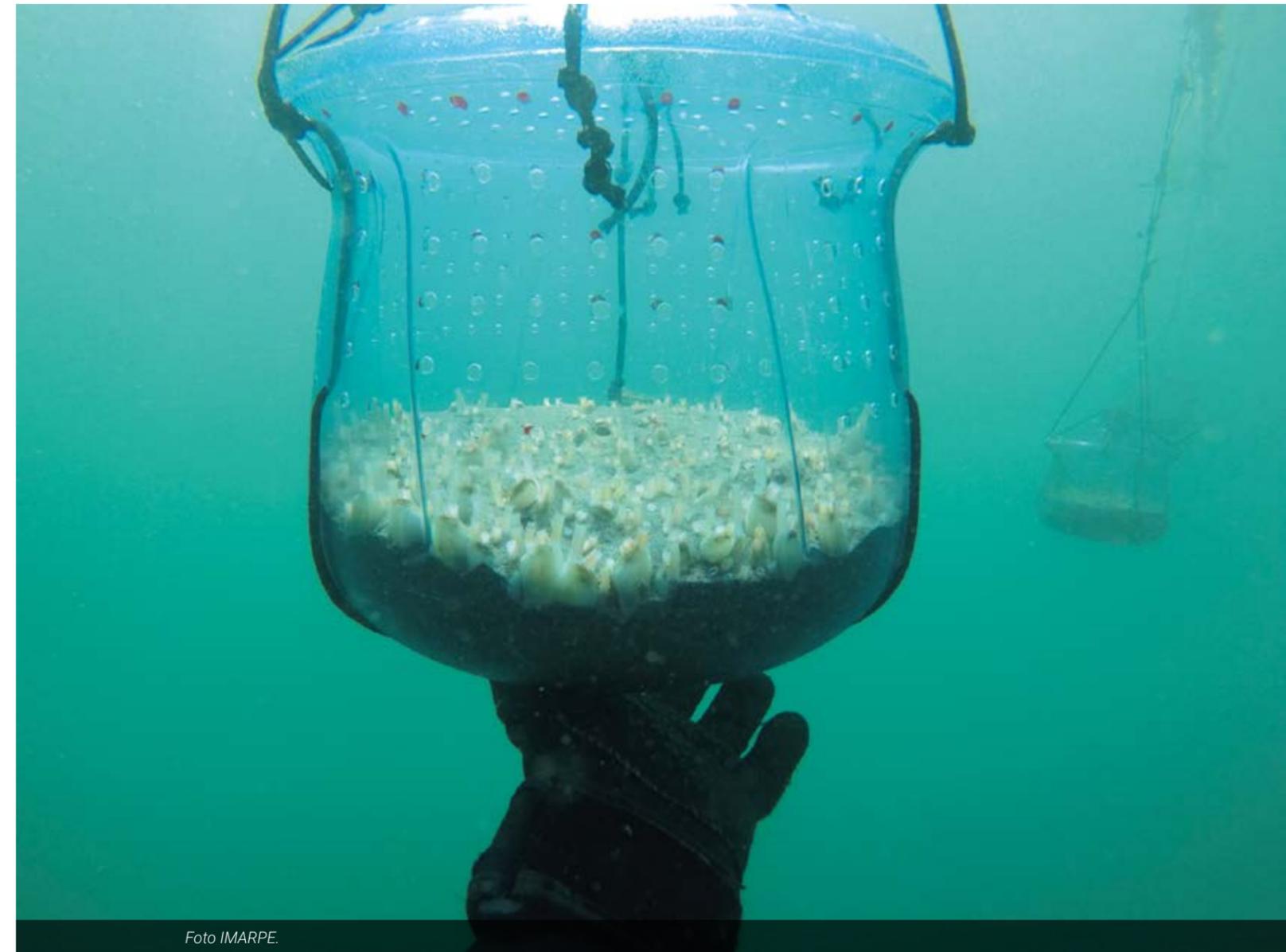


Foto IMARPE.

2.6

VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA ACTUAL Y FUTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA PESQUERÍA DE LA ANCHOVETA PERUANA

Según Allison et al. (2009), el Perú se encontraría entre los ocho países más vulnerables a los impactos del cambio climático sobre la pesca, debido principalmente a una muy alta exposición. Sin embargo, la estimación de este componente en dicho estudio es cuestionable, porque se basó en proyecciones de cambio de la temperatura del aire en el territorio, en vez de proyecciones de cambio de las condiciones oceanográficas. Asimismo, los datos socioeconómicos de sensibilidad y capacidad adaptativa utilizados fueron tomados de fines de la década del 90, periodo en el cual la economía peruana era menos diversificada y el desarrollo institucional era menor que en la actualidad. Nuevos estudios de vulnerabilidad comparada a nivel global (Blasiak et al., 2019) arriban a conclusiones muy diferentes, en las cuales el Perú se ubica en el tercer cuartil inferior entre los 147 países evaluados. Por otro lado, algunos modelos globales predicen para el Perú una disminución moderada en el potencial de captura para el 2050 y 2095 (aproximadamente del 0% al -7,6%) (Cheung et al., 2018), y sugieren una reducción severa en el potencial de ingresos derivados de la pesca en el Perú para el 2050 (Lam et al., 2016). No obstante, estos modelos a escala global son de baja resolución espacial y no tienen en cuenta la complejidad de las interacciones biofísicas en la región, por lo que se requiere realizar estudios regionales y locales que permitan obtener proyecciones más confiables.

Dado que para la economía peruana, la mayor contribución del sector pesquero está relacionada con la pesca de anchoveta para la industria de harina y aceite de pescado, a la que el país proporciona alrededor del 25-30 % de la oferta mundial (SNP, 2014), nos enfocaremos



Foto FONDEPES.

en esta especie en el siguiente análisis. Como se señaló anteriormente, el stock norte-centro de la anchoveta peruana presenta una vulnerabilidad media al cambio climático según el ERE, mientras que las proyecciones futuras sugieren un alto riesgo de reducción significativa de la biomasa hacia mediados de siglo, de acuerdo a los escenarios climáticos y de mantenerse constante la tasa de explotación actual.

Por ello, en el marco del presente Proyecto, se realizó un estudio de la vulnerabilidad socioeconómica de la pesquería de la anchoveta frente a los escenarios del cambio climático, con el cual se busca contribuir técnicamente a delinear medidas de adaptación relacionadas a esta pesquería. Además, el estudio estimó la vulnerabilidad socioeconómica de la pesca artesanal. Al igual que para la pesca industrial, el estudio involucró la evaluación de

la vulnerabilidad actual como etapa previa a la estimación de la vulnerabilidad futura.

La vulnerabilidad actual de la pesca industrial es alta en Piura y Ancash, debido a la alta sensibilidad que representan estas regiones por la mayor cantidad de plantas de harina y desembarques para consumo humano indirecto (CHI), la proporción significativa de la población económicamente activa (PEA) regional que depende de la pesca, y el alto nivel de pobreza; así como por la menor capacidad adaptativa media en Piura. En contraste, la capacidad adaptativa es alta desde La Libertad hasta Ica, pues la PEA pesquera de estas regiones supera en un 60 % el nivel educativo secundario, y además tiene un mayor acceso a la salud, pensiones e inclusión financiera.

Por otro lado, bajo un escenario futuro (2005-2055) medianamente optimista (RCP 4.5), se

valoró una exposición futura muy alta en Piura, y bajo un escenario futuro pesimista (RCP 8.5), se valoró una exposición futura muy alta desde Piura hasta Lima, considerando la posibilidad de una mayor incidencia de eventos climáticos extremos así como el cambio de las condiciones medias hacia una mayor temperatura superficial del mar y sus efectos significativos sobre la circulación y el afloramiento costero.

En consecuencia, para la pesca industrial se proyecta, en el escenario RCP 8.5, una vulnerabilidad futura muy alta en Piura, Lambayeque, Ancash y Arequipa; mientras que el resto de las regiones presentaría una vulnerabilidad alta, asumiendo que no logren implementar políticas de mejora y que la capacidad adaptativa de la población se mantenga igual. En cambio, bajo el escenario RCP 4.5, se proyecta una vulnerabilidad media en Ancash, La Libertad, Lima y Piura, y una

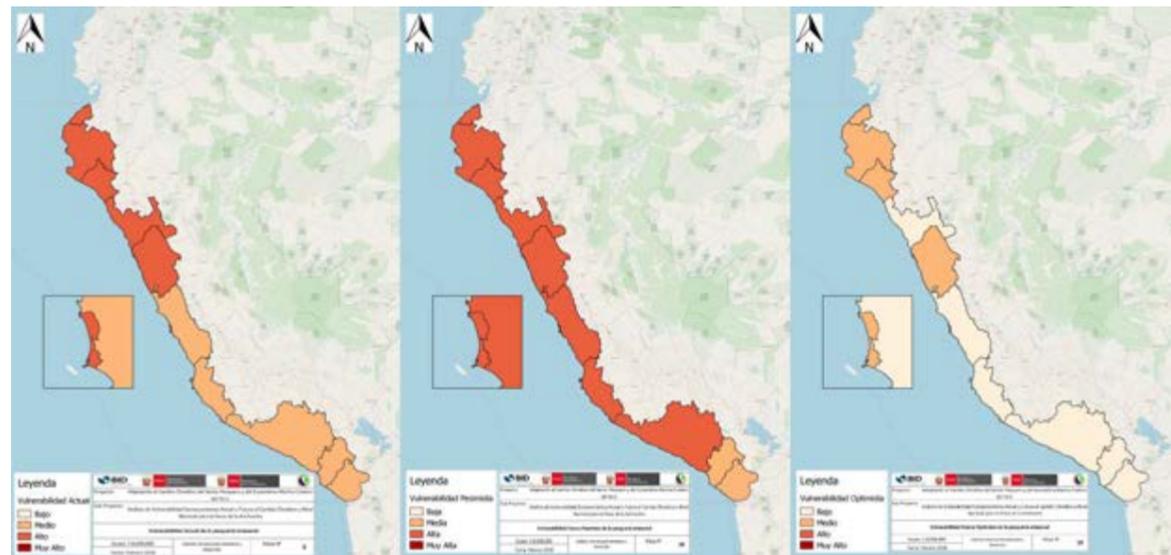
vulnerabilidad baja en otras regiones, siempre y cuando se cumplan las metas de mejora de la capacidad adaptativa de la población en lo referente a educación, acceso a créditos, cobertura de seguros de salud y pensión, entre otros.

En cuanto a la pesca artesanal de anchoveta, el estudio mostró que, en las condiciones presentes, su vulnerabilidad es alta en las regiones desde Piura hasta Ancash y Callao, debido a su alta exposición a los efectos de El Niño y lluvias extremas, así como a la baja capacidad adaptativa en las regiones de Piura, Lambayeque y Ancash (figura 21). Esto último se basa en la combinación del bajo porcentaje de acondicionamiento térmico (insulación) de las bodegas en las embarcaciones, el bajo nivel de acceso a seguros de salud y pensión, el bajo nivel de asociatividad y la alta sensibilidad

en las regiones de Ancash y Callao, por los altos desembarques de CHD y el porcentaje de población de pescadores anchoveteros. Para el futuro, bajo el escenario RCP 4.5, se estimó una vulnerabilidad media de la pesca artesanal de anchoveta en Ancash, Piura, Lambayeque y Callao, y una vulnerabilidad baja, en otras regiones, asumiendo que se logra cumplir las metas propuestas para mejorar la capacidad adaptativa de la población en lo referente a educación, acceso a créditos, cobertura de seguros de salud y pensión. En cambio, bajo el escenario RCP 8.5, se proyecta una vulnerabilidad futura muy alta de la pesca artesanal de anchoveta en las regiones de Piura y Ancash, y alta, en las otras regiones costeras, debido a que no lograrían implementar políticas de mejora y a la capacidad adaptativa de la población.

FIGURA 21

Mapa de vulnerabilidad de la pesca artesanal de anchoveta



Fuente: Libélula (2018).

Nota: Vulnerabilidad actual (izquierda), vulnerabilidad futura pesimista (centro) y vulnerabilidad futura optimista (derecha).

2.7 ESTUDIO PILOTO DE VULNERABILIDAD ECOLÓGICA Y SOCIOECONÓMICA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA MARINO-COSTERA DE HUAURA

Para evaluar integralmente cómo el cambio climático y las medidas de adaptación influyen tanto en los ecosistemas como en las comunidades pesqueras artesanales, es necesario estimar la vulnerabilidad socioecológica (VSE), que integra la vulnerabilidad ecológica y la vulnerabilidad socioeconómica, con base en indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Como caso de estudio, el Proyecto encargó una evaluación de la vulnerabilidad socioecológica de la zona marina-costera de la provincia de Huaura, cuya metodología podría replicarse o escalarse a otras zonas marino-costeras (Reguero, 2017).

La exposición se midió a partir de indicadores

ambientales: temperatura superficial del mar y afloramiento costero. La sensibilidad se midió con indicadores ecológicos: cambio en la composición de capturas, variedad de especies, capturas, regiones de pesca, bancos naturales, zonas acuícolas, concentración de capturas y producción primaria; e indicadores socioeconómicos: densidad poblacional, proporción de pescadores artesanales en la comunidad, corredores turísticos de humedales, corredores turísticos recreacionales, porcentaje de embarcaciones con respecto al total de pescadores, porcentaje de embarcaciones del total del área de pesca, e infraestructura portuaria. La capacidad adaptativa se midió con indicadores ecológicos: tamaño y condición de hábitat, diversidad de especies, áreas naturales protegidas, marco regulatorio de hábitat, importancia de áreas naturales protegidas para el total de zonas de pesca y selección de tamaños por especies; e indicadores socioeconómicos: ingresos anuales de pesca, acceso a otras actividades económicas y nivel de pobreza en la región (figura 22).

FIGURA 22

Bahía de Huacho



Foto: Francisco Ganoza, Laboratorio Costero de Huacho (IMARPE).

La vulnerabilidad socioecológica se calculó en los tres principales distritos costeros de Huaura (Huacho, Carquín y Vegueta) y bajo tres escenarios: escenario presente (datos históricos de 1997 a 2014), escenario futuro pesimista (datos RCP 8.5) y escenario futuro optimista (datos RCP 2.6); todos a través del modelo climático global IPSL-CM5A del 2011 al 2100.

La evaluación de la vulnerabilidad socioecológica de la zona marina-costera de Huaura mostró que el distrito de Carquín presenta la mayor vulnerabilidad socioecológica en los tres

escenarios, debido a que es una comunidad pequeña, proporcionalmente a su población, muy dependiente de la pesca artesanal y con menor capacidad adaptativa. Por otro lado, el distrito de Huacho presenta una vulnerabilidad alta en el escenario futuro pesimista, pero una vulnerabilidad media en el escenario presente y en el escenario futuro optimista, pues Huacho es una comunidad más grande, con mayor diversificación económica y capacidad adaptativa.

Estos resultados permitieron formular las siguientes medidas de adaptación para la zona

marina-costera de la provincia de Huaura: (i) fortalecimiento de las capacidades de planeamiento de las comunidades ante fuertes variaciones interanuales en las capturas, incluyendo un sistema de observación y pronóstico de cambios en el recurso asociado a variaciones oceanográficas; (ii) gestión sostenible de los recursos pesqueros, incluyendo monitoreo, pronóstico de distribución de especies y planificación de su disponibilidad, uso de artes de pesca sostenibles, y gestión ambiental de los ecosistemas, aguas residuales y otros contaminantes; (iii) fortalecimiento de la sostenibilidad de la acuicultura para

complementar la pesca en el SAP, y convertir residuos acuícolas y pesqueros en fertilizantes agrícolas; (iv) fortalecimiento del valor agregado de la pesca artesanal (p. ej., uso de anchoveta seca para promover el consumo de la comida tradicional de Carquín llamada "charquicán"), así como la diversificación de actividades económicas (p. ej., ecoturismo) en las comunidades más vulnerables, y (v) mecanismos de co-manejo para enfrentar y atenuar los impactos socioeconómicos debido a las variaciones interanuales del recurso pesquero. Estas acciones estratégicas deberán ser tomadas como guías de referencia y podrán ser diseñadas y ajustadas a cada sistema socioecológico.



Foto PRODUCE.

3

INCLUSIÓN TRANSVERSAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MANEJO DE ZONAS MARINO-COSTERAS

Rosa Zavala • Nena Gonzales • Oscar Lazo • Rogger Morales

3.1 MARCO CONCEPTUAL

El objetivo de este componente fue incorporar criterios relacionados a la adaptación al cambio climático en el manejo integrado de zonas marino costeras. En ese sentido, el Proyecto apoyó en el desarrollo de las siguientes acciones:

- i) Desarrollar una propuesta de política nacional de manejo integrado de zonas marino-costeras;
- ii) Formular una propuesta de programa nacional de manejo integrado de zonas marino-costeras, y
- iii) Elaborar los planes locales para el manejo integrado de zonas marino-costeras en las áreas piloto de Ilo y Huacho.

La importancia de la integración de la adaptación radica, en que, las zonas costeras han mostrado ser muy vulnerables a algunos de los efectos

del cambio climático (p. ej., aumento del nivel del mar, eventos extremos), y, los impactos de los múltiples usos y actividades humanas desarrolladas en las zonas costeras respecto al capital natural y recursos del medio marino se hacen cada vez más evidentes; por lo que se requiere la implementación de respuestas adaptativas.

Con ese propósito se estimó pertinente implementar estrategias reconocidas internacionalmente como la del manejo integrado de zonas marino-costeras (MIZMC).

Al respecto, el MIZMC se encuentra establecido en la Resolución Ministerial N° 189-2015-MINAM, la misma que incluye los lineamientos para el manejo integrado de zonas marino-costeras, mediante el cual lo define como un “proceso dinámico de articulación y coordinación conjunta de los tres niveles de gobierno y los sectores públicos y privados, así como de los diversos actores que

interactúan en las zonas marino-costeras, con la finalidad de lograr una adecuada gestión de los ecosistemas, recursos naturales y de las actividades socioeconómicas propias de dicha zona, garantizando así su aprovechamiento y desarrollo sostenible”.

El MIZMC como enfoque para el progreso y modernización del modelo de administración y gestión pública en este ámbito geográfico, incluye implícitamente el contexto del cambio climático como un condicionante de riesgo y oportunidad para el desarrollo sostenible. Asimismo, es importante rescatar que para la ZMC, se ha adoptado el esquema DPSIR (sigla en inglés que se refiere a *drivers, pressures, states, impacts* y *responses*) que el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente utiliza en su informe *Global Environment Outlook*, popularizado bajo el acrónimo GEO. Este esquema recoge aportaciones del IPCC y de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM),

sobre todo en lo que respecta a conceptos como bienestar humano, capital natural y servicios de los ecosistemas, así como a los peligros asociados al cambio climático. El modelo señalado se basa en la descripción de un proceso dinámico que relaciona al ser humano con su ambiente, a través de cinco grandes apartados: fuerzas motrices que afectan a los ecosistemas marino-costeros, presiones, cambios de estado, impactos y respuestas. Los tres primeros aspectos se ocupan de lo que sucede, y puede suceder a futuro, en la ZMC y por qué; el cuarto, de las consecuencias para el bienestar humano, y el quinto de qué se está haciendo al respecto.

En lo que se refiere al MIZMC se ha utilizado el modelo de análisis que tiene en cuenta diez aspectos interrelacionados (decálogo): políticas, estrategias, normativa, instituciones, instrumentos, información, educación, recursos, gestores y participación ciudadana.

3.2

PROPUESTA PARA UNA POLÍTICA Y PROGRAMA NACIONAL DE MANEJO INTEGRADO DE ZONAS MARINO-COSTERAS

Los ecosistemas marino-costeros y los servicios que proporcionan al bienestar humano constituyen un capital natural relevante para el Perú y el mundo. Las aguas costeras se caracterizan por ser una de las áreas de pesca más productivas del planeta. Pero también los manglares, los ríos de la vertiente del Pacífico y sus desembocaduras, los humedales, las islas, las playas y los sistemas dunares, las lomas costeras, acantilados, valles, entre otros, forman parte insustituible del capital natural peruano. A lo señalado, es importante añadir y resaltar el patrimonio cultural que se concentra en la zona costera del Perú: Mochica, Moche, Caral, Nasca, Chancay, Salinar, Cupisnique, Virú, Paracas, Pachacámac, entre otras zonas arqueológicas. Los efectos e impactos del cambio climático en el sistema acoplado océano-atmósfera vienen ya provocando cambios en las dinámicas del mar y en las zonas marino-costeras, lo cual supone uno de los mayores retos para países costeros como el Perú. La razón estriba en que los ecosistemas y sus servicios pueden verse alterados en sus funciones y propiedades (continuidad, oportunidad, calidad y cantidad).

El Perú cuenta con diversos instrumentos de gestión pública que priorizan a las zonas marino-costeras. Además de los estrictamente sectoriales o de gestión de los recursos naturales, se cuenta con los "lineamientos para el MIZMC", aprobados por el Ministerio del Ambiente en el 2015; no obstante, se hace necesario contar con un programa nacional de MIZMC, el cual proporcionaría coherencia a un proceso técnico-administrativo complejo, orientado a dar respuesta a una política nacional que provea protocolos formales para articular la relación entre las escalas administrativas de gestión, los contenidos de planes y programas

(que incluyan los criterios de delimitación de la ZMC, las medidas de adaptación al cambio climático para la pesca y acuicultura, entre otros) y la evaluación de los resultados, principalmente.

Para ello, se ha planteado avanzar en el proceso con una propuesta de política nacional de MIZMC, basada en problemas vinculados al bienestar humano y de modelo de gestión. Al respecto, esta propuesta, elaborada en el marco del Proyecto, plantea como objetivo general contribuir a la administración del capital natural y cultural marino-costero a través de un modelo de gobernanza, el cual se encuentra dirigido a aumentar el bienestar humano, la resiliencia ante los efectos reales y proyectados del cambio climático y el impulso al crecimiento azul¹⁰.



Foto FONDEPES.

Los objetivos específicos de la política se orientan a: i) mejorar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de la zona marino-costera del Perú ante los efectos del cambio climático, a fin de mantener los beneficios del capital natural y cultural en favor de las poblaciones locales; fortalecer los bienes y actividades económicas; ii) generar las condiciones de desarrollo que hagan posible aumentar el bienestar en la zona marino-costera, de manera que esta sea un espacio seguro y digno como hábitat humano, y competitivo e innovador desde el punto de vista económico; y, iii) disponer de un modelo de gestión pública eficiente, capaz de hacer frente a las necesidades de integración de las diferentes dimensiones del sistema socioecológico marino-costero, con la participación de entidades públicas, privadas y de la sociedad civil organizada de los tres niveles de gobierno.

La estructura y el contenido de la propuesta de Política Nacional de MIZMC plantean tres objetivos específicos, los cuales se encuentran alineados a las dimensiones socioecológica, socioeconómica y cultural, y de gobernanza. Cada objetivo específico se formula a través de metas y líneas de trabajo. En la tabla 4 se señalan las dimensiones, objetivos y líneas de trabajo de dicha propuesta.

Por otro lado, la propuesta de programa nacional, desarrolla y aborda de manera operativa las diferentes actividades y proyectos a desarrollarse en el marco de la propuesta de política nacional. Cabe precisar que este programa se dirige a la consecución de los objetivos específicos y metas relacionados con los problemas públicos establecidos en la propuesta de política nacional de MIZMC descrita previamente.

¹⁰ **Azul:** El concepto de "economía azul" se acuñó en la Conferencia Río+20 del 2012, hace hincapié en la conservación y la ordenación sostenible basándose en la premisa de que unos ecosistemas oceánicos saludables son más productivos y son esenciales para una economía basada en los océanos sostenible (FAO).

TABLA 4

Líneas de trabajo y objetivos de la propuesta de política nacional de MIZMC

Dimensión	Objetivo	Línea de trabajo
Dimensión socioecológica	Objetivo específico: a) Mejorar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de la zona marino-costera del Perú ante los efectos de la variabilidad meteorológica en un contexto de cambio climático, a fin de mantener los beneficios del capital natural y cultural en favor de las poblaciones locales, así como fortalecer los bienes y actividades económicas.	Línea de trabajo 1 Fortalecer los esfuerzos conjuntos del país en el proceso de mejora de la resiliencia ante los efectos probados y anticipados del cambio climático en las zonas marino-costeras.
		Línea de trabajo 2 Proteger los ecosistemas marino-costeros, particularmente aquellas áreas o hábitats sensibles y críticos relacionados con la biodiversidad y las defensas naturales, ante los efectos observados y anticipados del cambio climático.
		Línea de trabajo 3 Recuperar la salud de aquellos ecosistemas marino-costeros importantes para el bienestar humano en términos de alimentación y calidad de vida para su entorno.
Dimensión socioeconómica y cultural	Objetivo específico: b) Generar las condiciones de desarrollo que hagan posible aumentar el bienestar en la zona marino-costera, de manera que este sea un espacio seguro y digno como hábitat humano, y competitivo e innovador desde el punto de vista económico.	Línea de trabajo 4 Aumentar el bienestar humano y la resiliencia de las ciudades costeras adecuando los servicios urbanos a las exigencias ambientales, al tiempo que se procura un equilibrio regional y un territorio mejor adaptado a los retos del cambio climático.
		Línea de trabajo 5 Frenar la pérdida de capital natural y cultural, y el deterioro de los bienes de uso público provocado por algunas actividades económicas o infraestructuras. Evitar el declive de los servicios que proporcionan los ecosistemas como expresión de externalidades y de posibles transferencias de costes entre diferentes sectores productivos.
		Línea de trabajo 6 Impulsar el crecimiento azul en las próximas décadas como aportación de la zona marino-costera al desarrollo sostenible del país. Será una política económica basada en las oportunidades que ofrecen los océanos y las costas como motores de desarrollo de actividades innovadoras. Y se tendrán en cuenta, de una forma especial, los recursos renovables, el patrimonio cultural marino-costero y el paisaje.

Dimensión de gobernanza	Objetivo específico: c) Disponer de un modelo de gestión pública eficiente, capaz de hacer frente a las necesidades de integración de las diferentes dimensiones del sistema socioecológico marino-costero, con la participación de entidades públicas, privadas y la sociedad civil organizada de los tres niveles de gobierno.	Línea de trabajo 7 Disponer de un marco normativo apropiado para el manejo integrado de zonas marino-costeras.
		Línea de trabajo 8 Orientar las funciones de las entidades públicas hacia los objetivos del manejo integrado de la zona marino-costera.
		Línea de trabajo 9 Crear instrumentos específicos para impulsar el manejo integrado de zonas marino-costeras del Perú, basados en la coordinación y cooperación de las instituciones de diferentes sectores y escalas territoriales de gestión pública.
		Línea de trabajo 10 Propiciar que el proceso de toma de decisiones sobre la zona marino-costera esté basado en la mejor información y conocimiento disponibles, y que, además, sean accesibles a los ciudadanos.
		Línea de trabajo 11 Procurar recursos económicos que aseguren, en el futuro, la continuidad de los procesos nacionales de MIZMC sin depender de la financiación exterior.
		Línea de trabajo 12 Impulsar, a través de la educación para la sostenibilidad, un cambio de actitud y de comportamiento de la población peruana con respecto a su capital natural marino-costero.
		Línea de trabajo 13 Procurar que los administradores públicos más implicados en el MIZMC, de cualquier escala territorial de gestión, tengan una formación básica en dicha disciplina técnico-científica.
Línea de trabajo 14 Fortalecer el carácter democrático de las decisiones que afectan a la zona marino-costera a través de la participación ciudadana.		

Fuente: Barragán (2016).

3.3 PROPUESTAS DE PLANES LOCALES PARA EL MANEJO INTEGRADO DE ZONAS MARINO-COSTERAS EN LAS ZONAS PILOTO DE HUACHO E ILO

Se han formulado planes locales (pilotos) para el manejo integrado de las zonas marino-costeras de Huacho (Lima) e Ilo (Moquegua), los cuales tienen como objetivo establecer el marco de referencia y las acciones que promuevan la recuperación ambiental y el desarrollo socioeconómico de dichas zonas. Ambos procesos fueron elaborados por los grupos técnicos regionales de las zonas marino-costeras de los gobiernos regionales de Lima y Moquegua¹¹ en el marco de la propuesta de

la Política y Programa Nacional de MIZMC. En las tablas 5 y 6, se señalan los objetivos específicos y temáticas que contienen ambos planes.

Respecto al diagnóstico estratégico señalado en estos planes locales, considerando el decálogo para el MIZMC, se presenta como un elemento resaltante a los instrumentos estratégicos y operativos, pues se cuenta con varios lineamientos y planes estratégicos tanto a nivel nacional (como la Política Nacional del Ambiente, los Lineamientos para el Manejo Integrado de Zonas Marino-Costeras, el Plan Estratégico para la Gestión y Manejo del Ecosistema Marino-Costero y sus Recursos, la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático, los planes de gestión de las ANP) como a nivel subnacional (PDRC Lima, PDC Huaura, entre otros).

TABLA 5

Temática y objetivos específicos del Plan de Manejo Integrado de la ZMC de Huacho (I)

Temática	Objetivo específico
Gestión de la diversidad biológica	Proteger y recuperar lomas de Barranza, Huaura y Huaral, humedales costeros, estuarios y zonas de mar.
	Fortalecer la relación estratégica entre las ANP y el PMIZMC.
	Proteger especies amenazadas por caza.
	Lograr el ordenamiento pesquero en el ámbito de la zona norte de Lima.
	Implementar un sistema de monitoreo constante de la diversidad hidrobiológica.
	Promover el desarrollo sostenible y la recuperación del recurso mediante acuicultura intensiva y sostenida.
	Mantener la diversidad y riqueza de las especies hidrobiológicas.
	Contribuir con la sostenibilidad pesquera y la seguridad alimentaria con base en una oferta sostenible.
	Promover la investigación científica en universidades y centros de investigación.
	Promover la educación ambiental.
	Descontaminar cuerpos de agua (humedales).
	Descontaminar tierras agrícolas.

¹¹ Conformados a través de la Resolución Ejecutiva Regional N° 7333-2016-PRES, del 27 de diciembre del 2016, y a través de la Resolución Ejecutiva Regional N° 486-2008-GR/MOQ, del 23 de mayo del 2008, respectivamente.

Control de contaminación ambiental	Incrementar y mejorar la cobertura de tratamiento de aguas residuales en la zona marino-costera.
	Recuperar la calidad ambiental del agua proveniente de los ríos ubicados en la ZMC de Huacho.
	Monitorear la calidad del agua.
	Reducir los niveles de emisiones contaminantes del aire.
	Reducir los niveles de ruido (decibeles).
	Eliminar botaderos no controlados y puntos críticos (PC) por acumulación de residuos sólidos.
	Implementar la disposición final adecuada de residuos sólidos.
	Reducir los niveles de contaminación por residuos sólidos excedentes de la construcción y/o desmonte.
	Mejorar el sistema de recolección, segregación y reciclaje de los residuos sólidos a nivel domiciliario, hospitalario e industrial.
	Manejar adecuadamente la evacuación de los residuos sólidos peligrosos.
Seguridad física	Formalizar a los segregadores, recicladores y otros que participan en el manejo de los residuos sólidos.
	Manejar adecuadamente los residuos sólidos y otros en playas.
	Controlar la erosión de los acantilados y playas.
	Reducir el riesgo sísmico.
Desarrollo turístico	Reducir el riesgo de tsunamis.
	Reducir el riesgo de desborde de las aguas del río Huaura.
	Desarrollar productos y servicios para el disfrute de la población y sus visitantes.
	Desarrollar el acondicionamiento territorial para fines turísticos.
Desarrollo económico	Desarrollar la capacidad operativa para el disfrute turístico.
	Proteger y poner en valor las zonas arqueológicas.
	Desarrollar una industria de recursos hidrobiológicos.
	Vigilar y mantener la infraestructura portuaria; embarcaciones e industrias operativas.
	Incrementar la disponibilidad del guano de islas.
	Erradicar el robo del guano de islas.
	Reducir los niveles de anemia y desnutrición en la población con alimentos adecuados.

Institucionalidad	Lograr la gestión integrada, eficiente y eficaz, as como mecanismos y espacios de coordinación. Gobernanza con colaboración interinstitucional para el logro de los objetivos del Plan de Manejo Integrado de Zonas Marino-Costeras.
	Lograr eficiencia en la pesca en función de la oferta y demanda del recurso.
	Lograr eficiencia en la educación sobre el cuidado y manejo de las ZMC.
	Lograr el acondicionamiento de un turismo sostenido con enfoque ecosistémico en las ZMC.
	Incrementar los niveles de inversión pública, privada y de cooperación técnica internacional.

Fuente: Untama (2018).

TABLA 6

Temática y objetivos específicos del Plan de Manejo Integrado de la ZMC de Huacho (II)

Temática	Objetivo específico
Calidad ambiental	Incrementar y mejorar la cobertura del tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en la ZMC.
	Mejorar el sistema de recolección, segregación y reciclaje de los residuos.
	Recuperar la calidad ambiental del agua garantizando su tratamiento efectivo.
Conservación de la diversidad biológica	Contribuir con la sostenibilidad pesquera y la seguridad alimentaria con base en una oferta sostenible.
	Recuperar las lomas costeras.
Seguridad física	Reducir el riesgo sísmico o de tsunamis.
Desarrollo económico	Ordenar el territorio con base en estudios técnicos sobre sus aptitudes y el consenso de los actores de la ZMC.
Institucionalidad	Lograr la articulación y colaboración interinstitucional para el logro de los objetivos del plan.

Fuente: Untama (2018).

3.4 PROPUESTA DE PLANES DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR PESQUERO ARTESANAL AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ZONAS PILOTO DE HUACHO E ILO

Durante el Proyecto se elaboraron dos propuestas de Plan de Acción para la Adaptación a los Efectos del Cambio Climático en el sector pesquero, en Huacho/Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua), cuyos objetivos fueron "Fortalecer la capacidad (CHD) de las zonas de Huacho/Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua) frente a los efectos adversos y oportunidades que impone el cambio climático".

Los planes de acción para la adaptación a los efectos del cambio climático en el sector pesquero en Huacho/Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua) son los instrumentos de gestión que buscan orientar e incentivar la participación de las diversas entidades del Estado peruano para que, en función de sus competencias, diseñen e implementen acciones que contribuyan a la reducción de la vulnerabilidad identificada en las áreas costeras estudiadas, las cuales han sido determinadas a partir del diagnóstico de vulnerabilidad frente al cambio climático en la actividad pesquera realizado previamente en cada una de las zonas.

Dichos documentos se elaboraron en sintonía con lo propuesto en las NDC, las cuales responden a la realidad y circunstancias del país y están alineadas a los dos pilares bajo los que se desarrolló la COP20: i) sentido de urgencia y ii) alto nivel de ambición.

En ese sentido, las actividades estratégicas propuestas para reducir la vulnerabilidad del sector pesquero artesanal en las zonas de Huacho/Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua) se trabajaron y clasificaron en siete líneas de acción: política, institucionalidad y gobernanza, tecnología, finanzas, fortalecimiento de capacidades, conciencia pública e investigación y observación sistemática.

Cabe mencionar que dichas actividades estratégicas son una propuesta de la consultora a partir del diagnóstico de vulnerabilidad frente al cambio climático realizado en una etapa previa. Por tal motivo, las acciones estratégicas presentadas son propuestas referenciales que deberán ser afinadas y precisadas en su implementación, en lo que corresponda, y de acuerdo a las normas y prioridades establecidas por el ente rector.

Es importante resaltar la influencia del enfoque de género en las actividades pesqueras, pues en muchas oportunidades, es la mujer quien realiza las actividades administrativas e influye en la toma de decisiones. Asimismo, es preciso tener en cuenta el papel de los jóvenes, quienes deberán también ser los responsables de adaptar la actividad pesquera artesanal a los futuros cambios en el clima.

De igual manera, las actividades estratégicas propuestas se inspiran en otros estudios previos; entre ellos se encuentran: el Plan Nacional para el Desarrollo de la Pesca Artesanal (PRODUCE, 2004); el Informe de Síntesis sobre Asuntos Clave Relativos al Sector de la Pesca en el Perú-Adaptación al Cambio Climático (Bernal A., 2009); la Evaluación de Flujos de Inversión y de Flujos Financieros para Hacer Frente al Cambio Climático del Sector Pesca (Libélula, 2011); el Plan Estratégico Sectorial Multianual del Sector Producción 2012-2016 (PRODUCE, 2012); la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC) de la República del Perú (MINAM, Setiembre del 2015)¹²; el Plan Operativo Institucional 2017 del Ministerio de la Producción (PRODUCE, 2016), y el Plan Estratégico Institucional del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017-2019 (OEFA, 2016).

Debemos precisar que las acciones estratégicas o medidas indicadas en los Planes de Acción se clasificaron en dos grandes grupos (GIZ, 2015):

- » Medidas de intervención en el territorio (*duras*): Aquellas que cuentan con objetivos tangibles para la reducción de la vulnerabilidad. Se refieren a medidas de infraestructura, construcción o

¹² Tras la ratificación del Acuerdo de París (2016), se denomina Contribución Nacional Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) en cambio climático.

bienes de capital.

» Medidas habilitadoras (*blandas*): Aquellas que buscan aumentar el conocimiento, fortalecer capacidades, la sensibilización y/o los acuerdos entre actores y que sientan las bases de un aprendizaje social e institucional para la adaptación. En el marco de las NDC de adaptación en pesca y acuicultura, estas medidas son también consideradas como condiciones habilitantes para las medidas duras o de adaptación.

INDICADORES DE DESEMPEÑO

Los indicadores de desempeño tienen como fin la medición del impacto de la implementación de los planes de acción para la adaptación a los efectos del cambio climático en Huacho y Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua), mediante información específica o estadísticas pesqueras, a través del organismo responsable de la implementación de dichos planes.

En tal sentido, se han establecido ciertos indicadores de desempeño que guardan una adecuada relación con cada acción estratégica propuesta en los planes de acción para la adaptación a los efectos del cambio climático en tales zonas. Estos indicadores se agrupan en las siguientes líneas de acción: i) políticas; ii) tecnología; iii) finanzas; iv) fortalecimiento de capacidades; v) conciencia pública, e vi) investigación y observación sistemática.

La implementación de políticas permitirá contar con un marco legal necesario para reducir la vulnerabilidad del sector pesquero artesanal, así como para cumplir con los objetivos planteados en los diferentes documentos sectoriales de gestión.

La inversión en tecnología e investigación resulta relevante debido a que la pesca artesanal es un sector con escaso desarrollo de tecnologías pesqueras. Gracias a las tecnologías se pueden combatir los efectos del cambio climático, así como mejorar los procesos para conservar la

calidad del pescado, desarrollar o implementar nuevas tecnologías de procesamiento, preservación, artes de pesca o mejoras en las embarcaciones artesanales, entre otras cosas.

La línea de acción de finanzas es de suma relevancia, y necesaria para que el país pueda adaptarse a los efectos adversos del cambio climático y reducirlos.

El fortalecimiento de capacidades contribuirá a mejorar el desempeño de las instituciones, o incluso de la sociedad civil involucrada en el sector pesquero artesanal.

Es necesario resaltar la importancia de contar con un adecuado plan de comunicación y sensibilización dirigido a la población, los pescadores artesanales, el sector privado y entidades públicas, en relación al cambio climático (Libélula, 2017).

Por lo tanto, y como parte de las conclusiones y recomendaciones de los planes de acción citados, las actividades estratégicas propuestas son las siguientes:

1. Control y sanción de la pesca ilegal y de las malas prácticas.
2. Fortalecer el seguimiento a los compromisos relacionados al sector pesca asumidos en el Plan de Desarrollo Regional Concertado y la Estrategia Regional de Cambio Climático.
3. Mejora de la flota artesanal y los aparejos de pesca.
4. Acceso de pescadores artesanales a fuentes de crédito para actividades sostenibles.
5. Creación de seguros de protección para la materia prima y embarcaciones artesanales frente a los efectos del evento El Niño.

6. Formulación de proyectos sobre alternativas económicas asociadas a la actividad pesquera artesanal (ecoturismo vivencial, acuicultura marina sostenible, actividades subacuáticas, etc.).
7. Sensibilización de actores relevantes sobre el impacto causado y el riesgo al que se encuentran expuestos los pescadores artesanales por el cambio climático.
8. Sensibilización para motivar la extracción sostenible de los recursos pesqueros costeros.
9. Actualización del Censo de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo.
10. Fortalecimiento de los planes de investigación en temas prioritarios para el

desarrollo de la pesca artesanal.

11. Fortalecimiento de la red de vigilancia de la contaminación a lo largo de la costa.
12. Establecimiento de un método eficaz para reducir la interacción entre el lobo marino y el pescador artesanal.

Finalmente, se sugiere que el avance o la implementación de las actividades de los planes de acción sean monitoreadas. Asimismo, debido al dinamismo del sector pesquero, se espera que las condiciones para una práctica adecuada y sostenible de la pesca artesanal vayan mejorando constantemente, por lo que se recomienda revisar con cierta frecuencia los referidos planes, a fin de reformular las actividades estratégicas acorde con la realidad y el contexto nacional (Libélula, 2017).



Foto PRODUCE.

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN LOCALES EN LOS MÉTODOS Y PRÁCTICAS DE LA PESCA ARTESANAL

Martín Salazar • Julio Alarcón • Francisco Ganoza • Miguel Ángel López • Rosa Zavala • Nena Gonzales

La costa peruana alberga una de las actividades económicas de raíces ancestrales más importantes, la pesca artesanal (Miranda, 2018). Esta actividad, a través de los años, ha tenido un rol protagónico y crítico para el bienestar de la población peruana por ser la fuente de alimento y trabajo de las comunidades pesqueras costeras. Sin embargo, su práctica ha motivado una explosión demográfica, social, tecnológica y de capital, ocasionando impactos ecológicos y socioeconómicos entre sus mismos actores (Fréon et al., 2008).

La pesca artesanal peruana está basada en la renta por calidad y en la comercialización para el consumo humano directo (CHD), destinado al mercado interno casi exclusivamente. No obstante, en los últimos 30 años, la actividad ha cambiado hacia la renta por volumen, debido no solo a varios factores naturales, la biodiversidad y los picos de abundancia estacionales de los recursos hidrobiológicos, sino también, al cambio

de mercado hacia la exportación (p. ej., pota, perico, etc.), y al cambio tecnológico y de artes de pesca.

La aplicación de las artes de pesca tecnificadas de mayor potencia y uso masivo, como las redes de cerco y de arrastre a nivel artesanal, tienen mayor impacto que las artes de pesca (menores) selectivas con predominio de uso manual, a causa de las características operativas (grandes volúmenes, pesca no objetivo, pesca de juveniles y descartes) que tienden a poner en riesgo el equilibrio ecológico. Adicionalmente, el uso de redes de cerco en la zona costera ha fomentado el aumento de los conflictos socioeconómicos con los pescadores artesanales, que en forma generalizada utilizan artes de pesca menores (Salazar, 2018).

En el estudio de prospectiva para la cadena productiva de la industria pesquera en la región de la costa del Pacífico en América del Sur (UNIDO, 2014), se planteó la necesidad

de cristalizar medidas especiales dirigidas a la anchoveta peruana para el consumo humano directo, tales como su ordenamiento pesquero, el uso de artes de pesca selectivos, la capacitación a los pescadores y el manejo, procesado y almacenamiento a bordo. En gran parte, estas medidas se han cumplido, empero, queda aún un vacío en la adaptación de las redes de cerco como artes de pesca ecológicamente amigables y una mayor formación y capacitación del pescador peruano respecto a esta actividad crucial para el CHD.

En este contexto, la planificación y ejecución de las medidas de adaptación al cambio climático locales, regionales y nacionales deben priorizar la eficiencia de la cadena productiva, la diversificación de las pesquerías para CHD, la calidad de los productos y la resiliencia del ecosistema de afloramiento costero donde habita la anchoveta, principal especie que sustenta la pesquería pelágica peruana.

SE PLANTEÓ LA NECESIDAD DE CRISTALIZAR MEDIDAS ESPECIALES DIRIGIDAS A LA ANCHOVETA PERUANA PARA EL CONSUMO HUMANO DIRECTO, COMO SU ORDENAMIENTO PESQUERO.

4.1 MARCO CONCEPTUAL

En la zona costera, la distribución, concentración y segregación de los cardúmenes (sean de anchoveta adulta o juvenil o de tipo mixto con otras especies) están influenciadas por las cambiantes condiciones oceanográficas, la preferencia de zonas para alimentación, desove, entre otros factores. A su vez, el comportamiento de los cardúmenes determina su accesibilidad por parte de la flota de cerco artesanal en la zona costera.

Por otro lado, la modalidad tradicional de la flota artesanal costera dirigida a la extracción de anchoveta para CHD utiliza redes de cerco con la finalidad de maximizar la captura de los volúmenes de cardúmenes localizados durante su búsqueda. Por lo tanto, cuando las condiciones ambientales favorecen la formación de cardúmenes mixtos, entre anchovetas adultas y juveniles, e incluso con presencia de otras especies de peces costeros aumenta la probabilidad de que exista descarte y pesca incidental.

Las medidas de conservación referidas a la protección del stock juvenil han tenido una mayor implementación en la flota industrial debido a los instrumentos de control y supervisión dictados por el PRODUCE; sin embargo, subsisten brechas para el caso de la flota artesanal de cerco que pesca anchoveta destinada a CHD (Fréon et al., 2010).

De los análisis en el IMARPE sobre la problemática de la captura de juveniles y la reducción de los descartes, han surgido propuestas y recomendaciones basadas en trabajos de investigación, como la definición y caracterización acústica de un cardumen mediante la detección con ecosondas científicas y comerciales, evidencias de segregación por tallas, movimiento de la flota de cerco frente a la distribución espacial de la anchoveta y evitamiento de cardúmenes juveniles.

Ante este particular escenario, el Proyecto incluyó la aplicación de la ingeniería de artes, materiales y métodos de pesca con el fin de reducir los impactos de la pesca costera mediante la adaptación de las redes de cerco artesanales, haciéndolas amigables con el ecosistema. Cabe indicar que todas las artes de pesca son plausibles de cambios para mitigar los daños colaterales (Salazar, 2018). Se considera que las redes de cerco, de las más difundidas en el colectivo artesanal peruano, es una de las artes de pesca de mayor impacto sobre el ecosistema marino-costero y que genera mayor conflicto con los pescadores que usan artes de pesca menores, generando una renta asociada al volumen de la captura. Si bien es cierto que la administración pesquera peruana ha dictado medidas de ordenamiento espacio-temporales, estas pueden ser complementadas con medidas técnicas de ingeniería en las redes de cerco, y en el proceso de manipulación y conservación de la captura, de modo que se reduzca el impacto no deseado en el ecosistema al tiempo que se mejora la generación de una renta por calidad del producto para el CHD. La mejora de la selectividad en estas redes de cerco ha sido un tema muy poco estudiado en el Perú y el mundo. A nivel industrial, en la flota cerquera se han realizado escasos trabajos con resultados poco alentadores (Oceana, 2018). Sin embargo, esta medida técnica no surtiría efecto en la cadena productiva o cadenas de valor si no viene acompañada de un fuerte elemento de formación de capacidades sobre buenas prácticas, emprendimiento y enfoque ecosistémico en las comunidades de pescadores artesanales. Cabe indicar que para maximizar los beneficios que proporciona el recurso pesquero, es necesario que los actores involucrados en la cadena de valor agreguen valor al recurso extraído (Galarza y Kamiche, 2015).

Por estas consideraciones, el Proyecto ha desplegado una serie de intervenciones en zonas piloto como Huacho-Chancay-Chimbote, Pisco e Ilo-Morro Sama, combinando la implementación de buenas prácticas



Foto "A Comer Pescado".

en la captura y la preservación a bordo de embarcaciones artesanales con la formación de capacidades para el emprendimiento. Estos tres tipos de intervenciones, previamente validadas, pueden servir de insumo para desarrollar un plan de negocios que tenga por finalidad promocionar la anchoveta capturada con artes de pesca sostenible para el CHD. Además, la aplicación de indicadores de gestión de los procesos será necesaria para evaluar la mejora en la competitividad de la pesca artesanal. La réplica o escalamiento de estas intervenciones a lo largo del litoral precisará lineamientos de ordenamiento de la pesca artesanal dirigida

a la anchoveta para CHD basados en la implementación de la experiencia piloto.

Estos aportes del Proyecto, sustentados en ciencia y tecnología, pueden contribuir positivamente a la salud y resiliencia del ecosistema, al crecimiento de la cadena de valor en la pesca artesanal de la anchoveta para CHD, incluyendo el poder de negociación de los pescadores artesanales y a la mejora de una ordenación pesquera pragmática, eficiente y eficaz de la pesquería más grande del mundo basada en una sola especie.

4.2

FORMACIÓN DE CAPACIDADES SOBRE BUENAS PRÁCTICAS Y EMPRENDIMIENTO EN LAS COMUNIDADES DE PESCADORES ARTESANALES EN ZONAS PILOTO

El Proyecto consideró el fortalecimiento de los sistemas técnicos necesarios del sector pesquero, así como la mejora de las normativas necesarias a nivel nacional y en el ámbito local, con el fin de apoyar a las comunidades costeras y a la economía peruana para acondicionarse a los posibles impactos del cambio climático sobre la productividad del SAP. La prioridad es la atención a la pesca artesanal dado su considerable y decisivo rol en este proceso, para lo cual se implementaron talleres de emprendimiento dirigidos a los pescadores. El objetivo principal fue promocionar e implementar actividades que contribuyesen a mejorar la capacidad de adaptación de los pescadores artesanales -dentro de un marco

legal, reglamentado y organizado-, como la formalización, creación de microempresas, procesamiento y comercialización mediante la ejecución de talleres participativos con capacitación y retroalimentación.

Se desarrollaron 5 talleres en las localidades de Huacho, Chancay, Pisco, Ilo y Morro Sama, con la participación de un mínimo de 45 y un máximo de 178 asistentes. Los temas abordados fueron los siguientes:

- Adaptación a los impactos del cambio climático del sector pesquero y del ecosistema marino-costero del Perú.
- Aporte de las investigaciones en pesca y acuicultura.
- Inocuidad y trazabilidad de productos y recursos hidrobiológicos.
- Comercialización y preservación de pescado fresco y salado.
- Emprendedores artesanales.
- Mercadotecnia.
- Pesca sostenible: Código de Conducta para la

- Pesca Responsable, ordenamiento pesquero.
- Formalización del pescador artesanal y su proyección al futuro.
- Organización de micro y pequeñas empresas comercializadoras de pescado.
- Articulación entre pesquerías y mercado.
- Seguridad marítima de las embarcaciones pesqueras artesanales.
- Realización de prácticas de preservación de pescado fresco.
- Implementación de buenas prácticas en la captura y la preservación a bordo de embarcaciones artesanales (bodegas).

Los talleres fueron dirigidos por un grupo de profesionales del sector pesquero e instituciones invitadas, como el MINCETUR y el Viceministerio de MYPE e Industrias, quienes participaron en las ponencias de cada uno de los eventos en las áreas seleccionadas, según competencias. Se logró difundir y transferir conocimientos sobre emprendimiento a los pescadores artesanales de Huacho, Chancay, Pisco, Ilo y Morro Sama, que asistieron con entusiasmo. Mediante las

metodologías de motivación y dinámica de grupo, se introdujo la importancia de la formalización y diversificación económica de su actividad productiva. Además, se abordó las alternativas de adaptabilidad orientadas a mejorar la cadena productiva extractiva, considerando que es primordial la aplicación de las buenas prácticas pesqueras acorde con las medidas de manejo sostenible de los recursos marinos frente a futuros cambios climáticos que puedan ocurrir. Se logró motivar la articulación de los temas asociados al emprendimiento de los pescadores artesanales y su vinculación con las acciones y funciones de los gobiernos regionales de cada localidad.

Foto IMARPE.



SE LOGRÓ DIFUNDIR Y TRANSFERIR CONOCIMIENTOS SOBRE EMPRENDIMIENTO A LOS PESCADORES ARTESANALES DE HUACHO, CHANCAY, PISCO, ILO Y MORRO SAMA.

4.3

IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN LA CAPTURA Y LA PRESERVACIÓN A BORDO DE EMBARCACIONES ARTESANALES

El Proyecto promovió y fomentó el fortalecimiento de capacidades y conocimientos de buenas prácticas pesqueras extractivas para la sostenibilidad de los recursos pesqueros, con énfasis en la anchoveta peruana. Se realizaron 5 talleres de capacitación en buenas prácticas de extracción de anchoveta a bordo para CHD, en Huacho, Chancay, Pisco, Ilo y Morro Sama (figura 23). El objetivo principal fue conseguir que los pescadores artesanales estén sensibilizados y concientizados en las buenas prácticas pesqueras extractivas, con la finalidad de obtener productos pesqueros para el CHD, tomando en consideración que esta actividad representa la primera fase de la cadena productiva pesquera artesanal. En estos talleres se desarrollaron las siguientes temáticas:

- Casos de estudio de buenas prácticas pesqueras en la pesquería artesanal.
- Buenas prácticas de manipulación y preservación a bordo, higiene y saneamiento.
- Impacto del ambiente en los recursos pesqueros.
- Criterios y casos de buenas prácticas de pesca que deberían aplicar las organizaciones pesqueras.
- Buenas prácticas de manipulación y preservación en la transformación primaria de pescados.
- Tecnología para el beneficio de la pesquería artesanal (equipos de detección de cardúmenes idóneos).



Foto FONDEPES.

Por otra parte, una intervención importante del Proyecto fue el aislamiento de bodegas en las embarcaciones pesqueras artesanales seleccionadas (tabla 7). Este procedimiento se realizó en función de la capacidad de cada bodega, considerando el área total de aislamiento y el uso de poliuretano expandido, que es el

aislante ideal para lograr la mínima pérdida de calor debido a sus características intrínsecas (conductividad térmica, permeabilidad al vapor y humedad, densidad). Las etapas del proceso de aislamiento de las bodegas de las embarcaciones pesqueras artesanales anchoveteras beneficiarias se presentan en las figuras 24, 25 y 26.

TABLA 7

Embarcaciones pesqueras artesanales beneficiarias del Proyecto, inscritas en el Registro Nacional de Embarcaciones Pesqueras Artesanales con Acceso al Recurso Anchoveta para Consumo Humano Directo de las zonas de Huacho, Pisco, Ilo y Tacna

N.º	Nombre de la embarcación	Matrícula de la embarcación	Régimen	"Capacidad de bodega (t)"	Región	Representante
1	Eduardo	HO-22954-BM	artesanal	10	Lima	Carlos Bances Santamaría
2	Mar azul	CO-28619-CM	artesanal	10	Lima	José Santamaría García
3	Solemar	CO-29110-BM	artesanal	10	Lima	Manuel Urcia Casas
4	Kike V	PS-22737-BM	artesanal	9,94	Ica	Lina Rossana Canelo Acasiete
5	Mariquita	PS-29591-BM	artesanal	7,80	Ica	Luis Enrique Canelo Acasiete
6	Sandokan	PS-29205-BM	artesanal	9,94	Ica	Julio Humberto GarcíaWong
7	San Francisco I	IO-28665-BM	artesanal	9,98	Moquegua	Glenda Portugal Zea Fernando Portugal Zea
8	Elizabeth I	PS-21772-BM	artesanal	9,94	Tacna	Bernardino Callo Escobar y esposa Josefa Limachi

Fuente: Elaboración propia, basado en los datos de RED HOME EIRL (2018b).

FIGURA 23

Desarrollo de talleres de formación de capacidades



Fotos: Julio Alarcón Vélez y Francisco Ganoza.

Nota: Buenas prácticas y emprendimiento. Ubicación: Huacho, Chancay, Pisco, Ilo y Morro Sama.

FIGURA 24

Proceso de aislamiento de las embarcaciones pesqueras artesanales

ACONDICIONAMIENTO DE BODEGAS DE EMBARCACIONES ARTESANALES



Fuente: Elaboración propia.

* Esmerilado es un proceso muy importante para asegurar que las paredes de las bodegas de las embarcaciones pesqueras estén perfectamente lisas para los demás procesos en el acondicionamiento térmico.

FIGURA 25

Varado de las embarcaciones pesqueras



Foto: Julio Alarcón Vélez.

Nota: Inicio del proceso de insulado de bodegas en Huacho, Pisco, Ilo y Morro Sama.

FIGURA 26

Etapa final del insulado de bodega

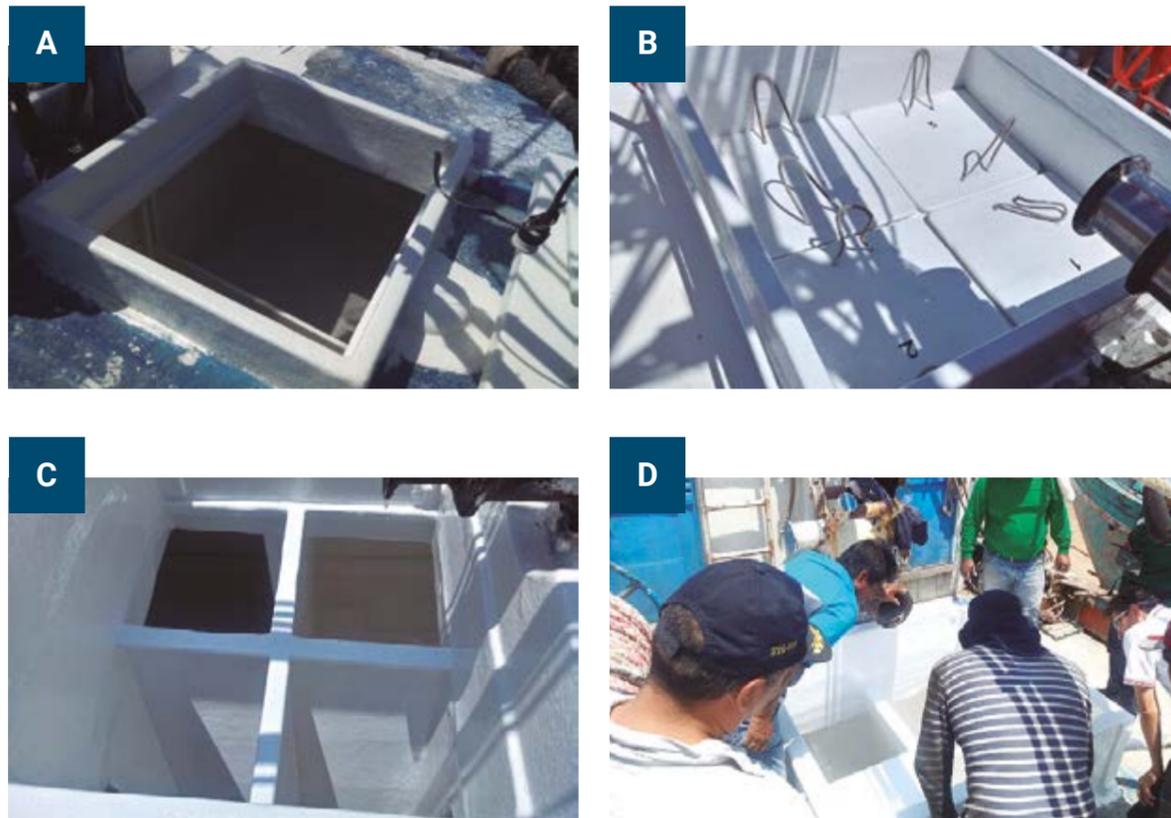


Foto: Julio Alarcón Vélez.

Nota: a) Sellado, b) tapas térmicas, c) compartimientos, y d) verificación del acabado.

4.4

MEJORAMIENTO DE LA SELECTIVIDAD DE ARTES DE PESCA PARA REDUCIR IMPACTOS NO DESEADOS EN LA SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO

En los últimos años, los efectos de las pesquerías sobre el ecosistema marino han cobrado notoriedad debido a que no solo se evalúa el impacto de las operaciones de pesca en la especie objetivo, sino también sobre la captura incidental, y otros efectos sobre la pesca no comercial y sus hábitats. Del mismo modo, la eficacia energética, la reducción de la contaminación y la mejor

calidad de la captura son aspectos tomados en consideración en las artes de pesca y operaciones pesqueras (Código de Conducta para la Pesca Responsable, artículo 7.2.2).

Así, el desarrollo de las artes y métodos de pesca experimentó un cambio de perspectiva: de capturar la mayor cantidad de la especie objetivo a contar con artes y métodos de pesca ecoamigables. Estos cambios son oportunos para el logro de los objetivos de la sostenibilidad del ecosistema (mantenimiento de especies y diversidad) (Valdemarsen y Petri Suuronen, 2001). Sin embargo, la implementación de mecanismos selectores en las redes de pesca trae consigo la merma en las capturas.

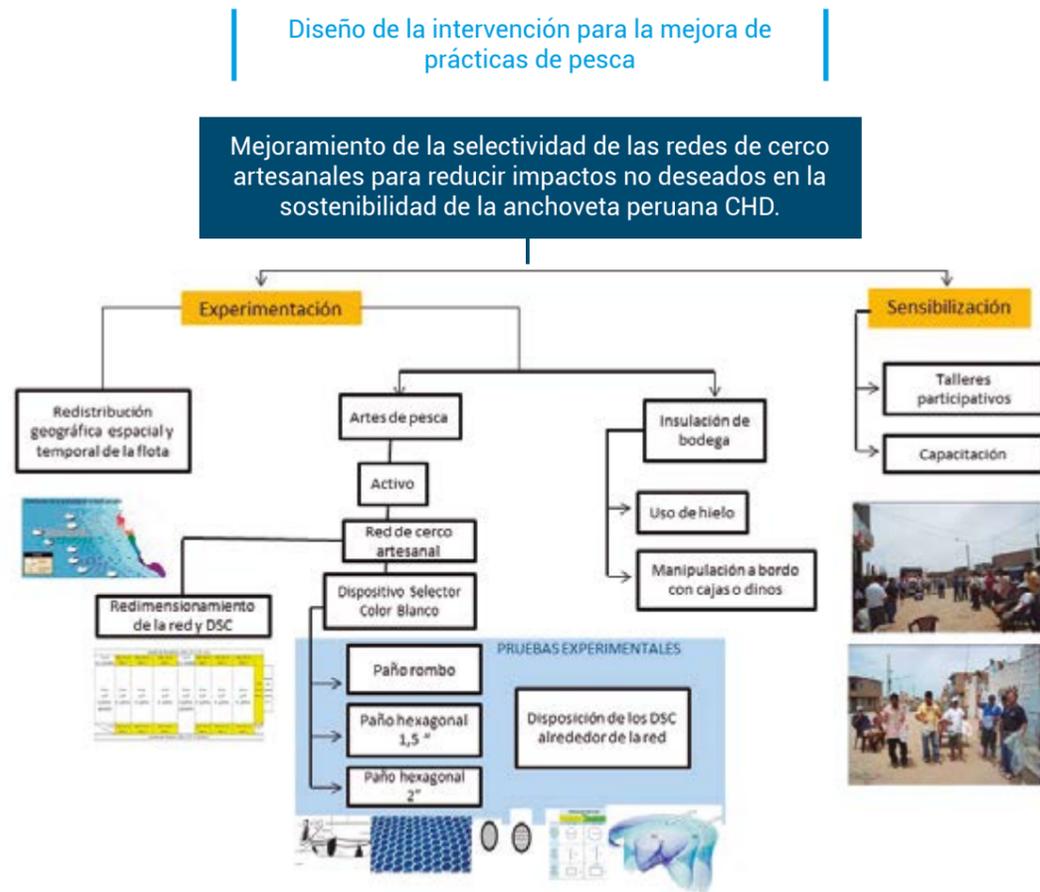


Foto "A Comer Pescado".

La red de cerco tiene un gran poder e impacto en la zona costera al ser usada por los pescadores artesanales. Para mitigar los daños, los administradores pesqueros han limitado su accionar con medidas de ordenación espacio-temporal que se pueden complementar con la aplicación de medidas técnicas, como los dispositivos selectores en las redes. Puesto que la anchoveta es un recurso que variará en su distribución, concentración y biomasa con el cambio climático, se diseñó una intervención (RED HOME EIRL 2018a, b, c) orientada a mejorar la selectividad de esta arte de pesca para reducir sus impactos no deseados en el ecosistema marino-costero y el recurso (p. ej., captura de juveniles u otros recursos no objetivo), contribuyendo así a la

resiliencia de los mismos. Para ello, se empleó dispositivos selectores en las redes de cerco (DSC) artesanales teniendo como base estudios sobre selectividad de redes de cerco realizados en el Perú y el mundo (Rulifson y Cooper, 1986; Gonçalves et al., 2008; Jadhav et al., 2011; Hosseini et al., 2011; Breen et al., 2012; Oshima et al., 2012; Aris et al., 2015; Salazar et al., 2015a, b). En conjunto, la intervención fue diseñada con un fuerte componente de capacitación, incluyendo talleres de sensibilización basados en la aplicación de los dispositivos selectores con mallas hexagonales (HEXDSC) (figura 27) en redes de cerco para 8 embarcaciones artesanales (tabla 7).

FIGURA 27



Fuente: Elaboración propia.

El armado, forma y disposición de los HEXDSC debía poner a prueba la operatividad de las diferentes fases de pesca (figura 28), tratando de optimizar el rendimiento de la red original y considerando la captura esperada, vida útil del arte de pesca, la calidad de captura y la supervivencia de los especímenes excluidos. Los HEXDSC y los copos retenedores representan hasta el 25 % del peso total del material usado en la red de cerco.

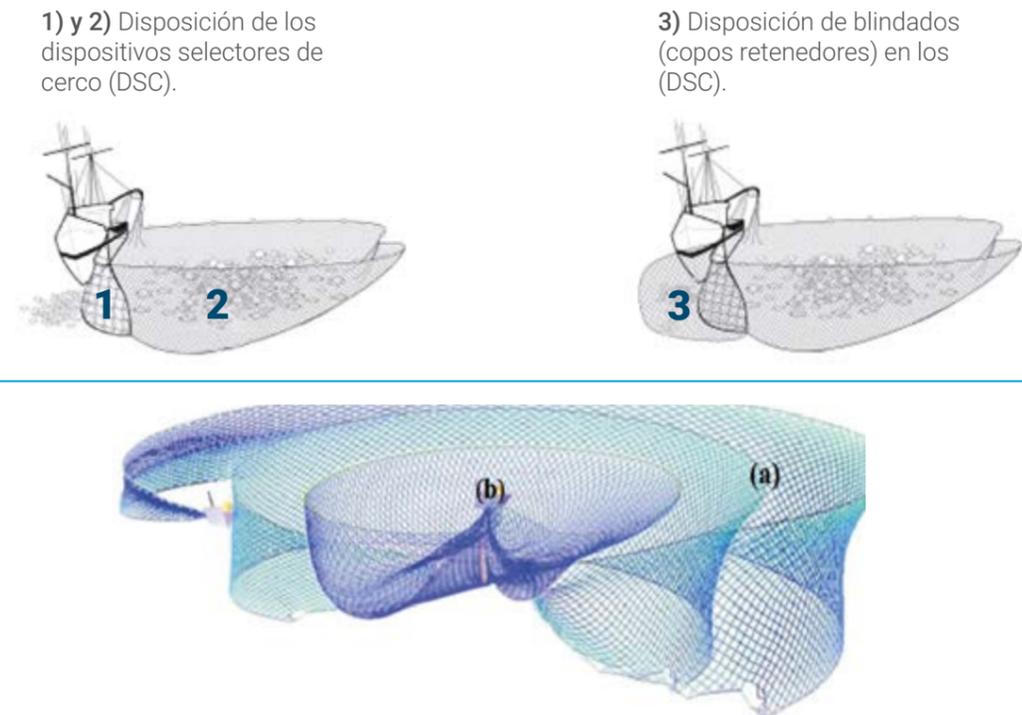
La selección de la malla hexagonal está sustentada en varios factores. Desde el punto de vista teórico, Misund et al. (1992) y Beltestad (1997, 1981) han desarrollado modelos mediante experimentación que optimizan el rendimiento técnico de operación de las redes de cerco (figura 29). Operacionalmente,

la malla hexagonal es la que se adapta a la forma de armado (embande) y a los ensambles con las mallas romboide o diamante. Además, de acuerdo a los usos y costumbres del pescador, es más sencillo reparar una malla hexagonal que una malla rectangular. Finalmente, en cuanto a la logística de abastecimiento, las fábricas sí pueden manufacturar mallas hexagonales.

La prueba piloto de comparación de redes se realizó a bordo de tres embarcaciones artesanales de Chimbote, en las que se evaluó las mallas hexagonales HEXDSC de 1,5" y 2" de tamaño de malla (TM) colocadas en las redes de cerco anchoveteras para CHD (figuras 29 y 30) y una red control (red anchovetera convencional)

FIGURA 28

Simulación de las diferentes fases de la faena de pesca en una red de cerco



Fuente: Adaptado de Hosseini et al. (2011).

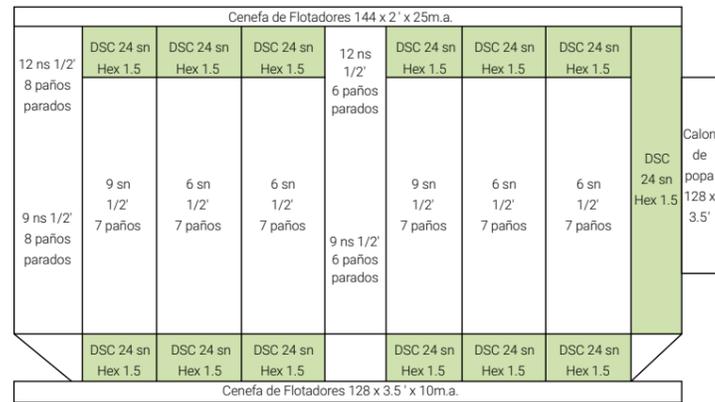
Nota: a) de la maniobra: tendido de la red de cerco (cercado); b) Fase de la maniobra: gareteo de la red de cerco (cierre).

FIGURA 29

Planos de la red de cerco experimental y disposición de los HEXDSC

RED ANCHOVETERA 10 t CBOD con DSC HEXAGONAL 1,5"

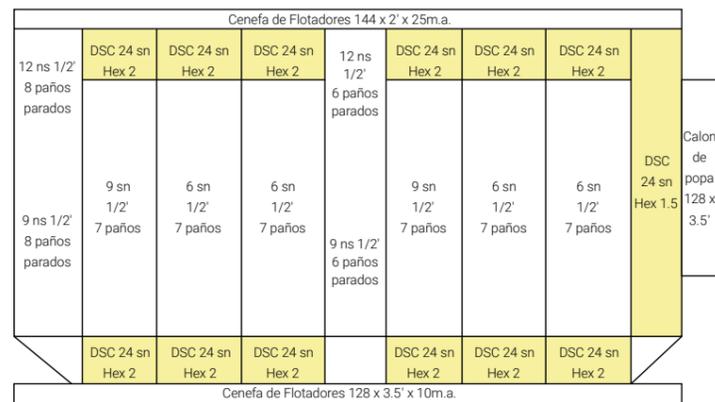
Longitud de cabo Flot	10	7.8	18.8	18.8	7.8	8.1	18.8	18.8	83	2.5	119.7	bz
Embande (%)	45	44	42	42	44	42	42	42	40	33		
Long. Paño proyectado	18.5	13.9	32.4	32.4	13.9	13.9	32.4	32.4	139	3.7	207.4	bz
Diámetro Cabo de Flot.	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	



Diámetro Cabo de plomo	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	
Relación LCPb/LCF	1.25	1.23	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.23	1.25	1.3		145.6
Long. Cabo de plomo	12.5	9.6	22.6	22.6	9.3	9.7	22.6	23.1	104	3.2		

RED ANCHOVETERA 10 t CBOD con DSC HEXAGONAL 2"

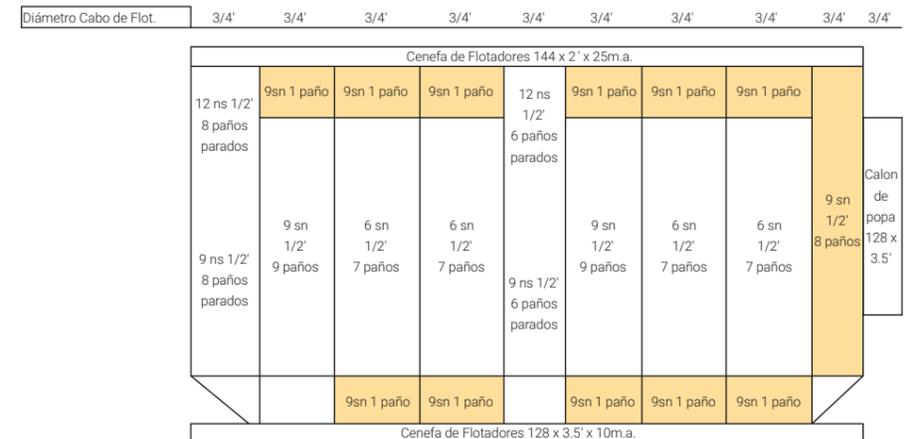
Longitud de cabo Flot	10	7.8	18.8	18.8	7.8	8.1	18.8	18.8	83	2.5	119.7	bz
Embande (%)	45	44	42	42	44	42	42	42	40	33		
Long. Paño proyectado	18.5	13.9	32.4	32.4	13.9	13.9	32.4	32.4	139	3.7	207.4	bz
Diámetro Cabo de Flot.	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	



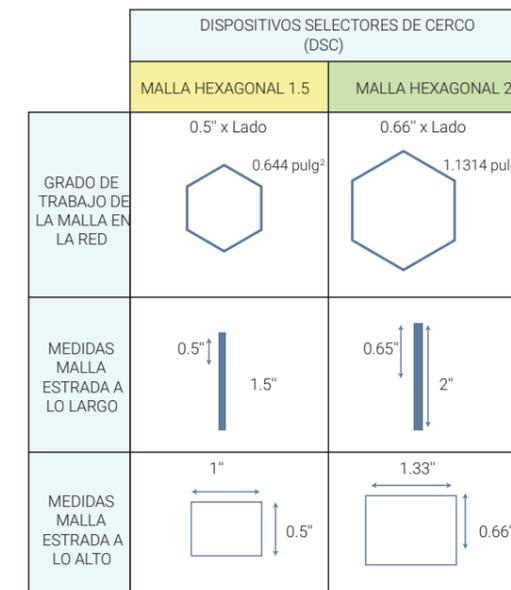
Diámetro Cabo de plomo	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	
Relación LCPb/LCF	1.25	1.23	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.23	1.25	1.3		145.6
Long. Cabo de plomo	12.5	9.6	22.6	22.6	9.3	9.7	22.6	23.1	104	3.2		

RED ANCHOVETERA 10 t CBOD con DSC HEXAGONAL 0.5"

Longitud de cabo Flot	10	7.8	18.8	18.8	7.8	8.1	18.8	18.8	83	2.5	119.7	bz
Embande (%)	45	44	42	42	44	42	42	42	40	33		
Long. Paño proyectado	18.5	13.9	32.4	32.4	13.9	13.9	32.4	32.4	139	3.7	207.4	bz



Diámetro Cabo de plomo	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	5/8"	
Relación LCPb/LCF	1.25	1.23	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.23	1.25	1.3		145.6
Long. Cabo de plomo	12.5	9.6	22.6	22.6	9.3	9.7	22.6	23.1	104	3.2		



Fuente: IMARPE.

Nota: Los HEXDSC se encuentran resaltados en amarillo

FIGURA 30

Disposición de los dispositivos selectores de cerco



Fuente: RED HOME EIRL (2018b).

Nota: Los dispositivos selectores son de color blanco y se encuentran instalados en las redes de cerco artesanales.

de mallas rombo de 0,5" de TM, con el objeto de determinar el tamaño óptimo con base en la curva de selección para la anchoveta.

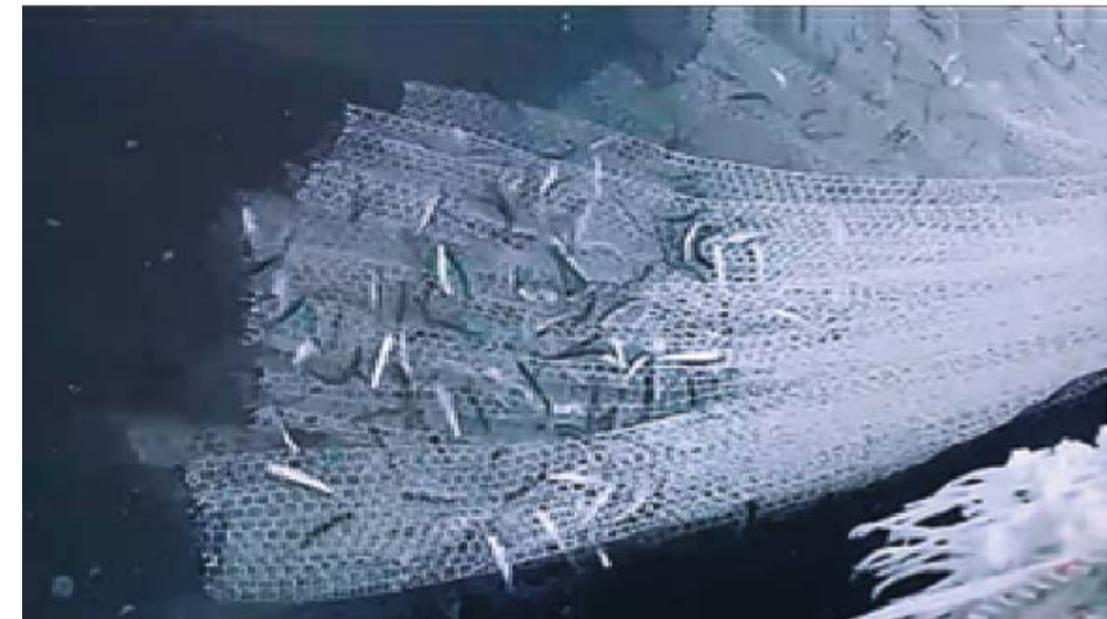
Durante la prueba piloto, los principales factores que afectaron la operatividad y efectividad de las redes fueron la cantidad, tamaño y disposición de los dispositivos selectores en el cuerpo de la red, así como la adaptación de las maniobras de calado de la red, provocando que en las primeras calas de prueba no se obtuvieran volúmenes de captura importantes debido al gran porcentaje de exclusión de todas las tallas. De otro lado, el estado del tiempo y la dispersión de los cardúmenes de anchoveta en la zona costera también afectaron el resultado de las pruebas. Ante ello, se realizaron cambios en la estrategia de captura que dieron como resultado la selección del HEXDSC de 1,5",

pero además, se pudo verificar que la exclusión de los juveniles de anchoveta ocurría en los dispositivos selectores superiores, cercanos a la relinga de flotadores.

El diseño seleccionado, HEXDSC de 1,5", fue sometido a más pruebas de pescas experimentales en las zonas de Pisco e Ilo-Morro Sama, manteniéndose la exclusión de ejemplares juveniles y aumentando el volumen capturado – que fue mucho mayor que el de la etapa piloto–, mediante el redimensionamiento y reubicación de la HEXDSC de 1,5" (figura 31 y tablas 8 y 9). Las adaptaciones en las redes de las zonas de Pisco e Ilo-Morro Sama redujeron en 1/2" y 1/3" la altura de los dispositivos anexos a los flotadores, respectivamente, logrando la aceptación de los pescadores que participaron en las pruebas.

FIGURA 31

Anchovetas en contacto con el HEXDSC y exclusión de especímenes



Fuente: RED HOME EIRL (2018b).

TABLA 8

Pesca experimental. Captura de anchoveta en Pisco con los HEXDSC de 1,5"

MES	DÍA DE CAPTURA	N.º DE CALA	KIKE V DSC 1.5"	MARIQUITA II DSC 1.5"	SANDOKAN DSC 1.5"
MAYO	24	1	0	0	30
	24	2	0	0	30
	24	3	240	-*	-*
	25	1	390	0	13
	25	2	-*	510	-*
	26	1	0	0	150
	26	2	-*	50	-*
TOTAL			630	560	223

Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de RED HOME EIRL (2018b).
*No hubo cala

TABLA 9

Pesca experimental: Captura de anchoveta en Morro Sama con los HEXDSC de 1,5"

MES	DÍA DE CAPTURA	N.º DE CALA	SAN FRANCISCO I (DSC 1.5")	ELIZABETH I (DSC 1.5")
MAYO	29	1	0	0
	30	1	100	0
	30	2	500	25
	31	1	2000	10
	31	2	400	-*
	1	1	50	50
	1	2	600	-*
JUNIO	1	3	400	-*
	2	1	50	0
	2	2	100	5
	2	3	-*	0
TOTAL			4200	90

Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de RED HOME EIRL (2018b).
*No hubo cala

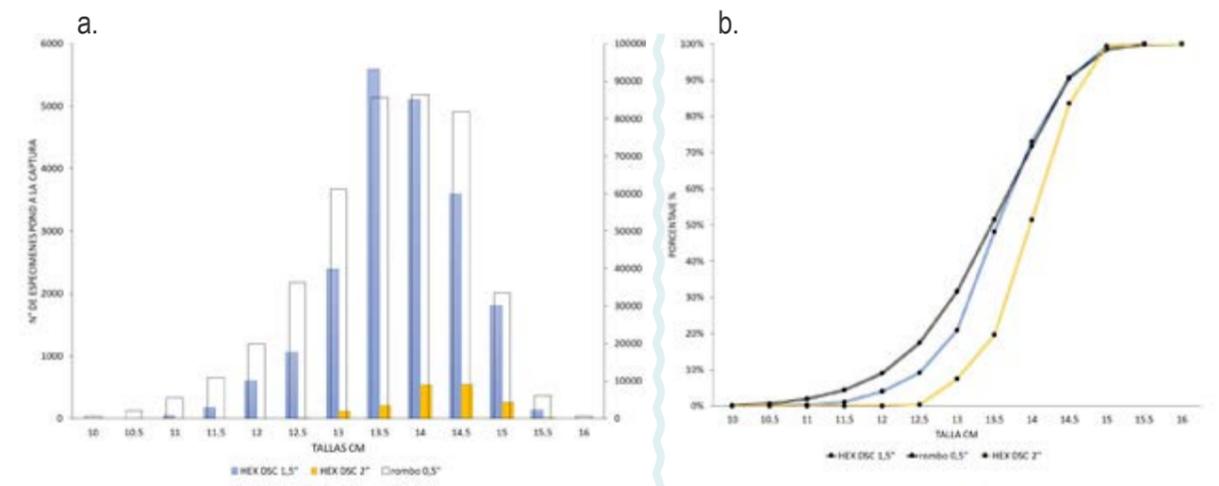
Los resultados obtenidos de las pruebas en el mar, tanto en la fase piloto como en la fase de extensión, permitieron concluir que la aplicación de los HEXDSC de 1,5" es viable en las redes artesanales para la captura de ejemplares con tallas iguales o mayores de 12 cm de anchoveta para CHD, considerando la respuesta selectiva de las redes con dispositivo selector, los volúmenes de captura, las estrategias de pesca a emplear, la mejora de la manipulación a bordo y el destino de transformación en plantas (figuras 32 y 33, tabla 10).

En síntesis, las pruebas de pesca se orientaron a detallar las problemáticas de diseño, armado,

construcción y operatividad de las redes de cerco utilizadas en la captura de anchoveta para CHD por la pesquería costera peruana, y compararlas con redes que cuentan con adaptaciones tecnológicas mediante dispositivos selectores. De este modo, se aplicó los HEXDSC como una alternativa innovadora, a la vez que se determinó la existencia de una serie de puntos críticos relacionados a factores del ambiente y tecnológicos. En este sentido, la experiencia ha permitido dar un paso cualitativo en términos de operación y captura con redes de cerco artesanales ambientalmente seguras, lo que se suma al esfuerzo creciente por conocer y evaluar el desempeño selectivo y el descarte asociado a esta pesquería.

FIGURA 32

Resultados de las pruebas en el mar

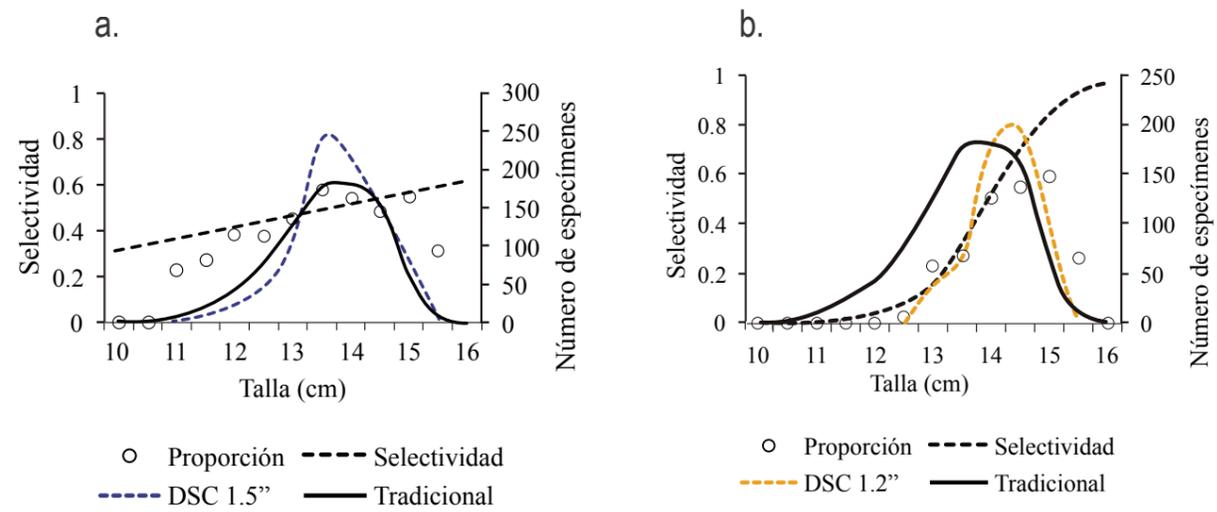


Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de RED HOME EIRL (2018b).

Nota: (a) Estructura de tallas. (b) Ojivas acumuladas de las capturas de anchoveta de los HEXDSC de 1,5" y 2" y de la red control rombo de 0,5".

FIGURA 33

Ajuste de la curva de selección



Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de RED HOME EIRL (2018b).

Nota: Se utilizó la función logística de (a) HEXDSC de 1,5" y (b) HEXDSC de 2".

TABLA 10

Estimación de curvas de selección: Función logística de los HEXDSC de 1,5" y 2"

HEXDSC	1,5"	2,0"
Parámetro	Estimación	Estimación
A	-2,89	-24,02
B	0,211	1,72
L50%	13,70	14,00
AIC	88,47	202,93

Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de RED HOME EIRL (2018b).



Foto IMARPE.

5

LECCIONES
APRENDIDAS

Rosa Zavala • Dimitri Gutiérrez • Alfred Grünwaldt.

La implementación de las actividades del Proyecto requirió una coordinación minuciosa entre diferentes sectores. No obstante un retraso en el inicio (asociado a procedimientos para acceder al desembolso de los recursos), la contribución de cada sector ha permitido que los principales objetivos de este Proyecto sean alcanzados. En términos generales, el Proyecto deja lecciones aprendidas que se pueden dividir en tres grupos: las de carácter técnico-científico, las de aplicación para la gestión a nivel sectorial y multisectorial, y las de carácter operativo, asociadas a la implementación del Proyecto y a la ejecución de los fondos.

DE CARÁCTER
TÉCNICO-CIENTÍFICO

I

Los resultados de los modelos aplicados para los escenarios físicos optimista y pesimista desarrollados durante el Proyecto confirman el ligero debilitamiento del viento en verano en condiciones futuras, encontrado en estudios previos para la región, pero difieren con respecto del promedio anual (que no muestra casi ningún cambio).

Se debe resaltar que la resolución de los modelos aplicados para el componente atmosférico es mejor que en otros estudios (7 km en el caso del *downscaling* dinámico), lo cual aumenta la solidez de este pronóstico. Además, el aumento significativo de la temperatura y la estratificación, pronosticados para el escenario RCP 8.5, concuerda con otros estudios en la región y con los escenarios globales, implicando que la dinámica del afloramiento costero, en un clima futuro, estaría más limitada por el calentamiento superficial.

De acuerdo al modelo empleado en el Proyecto, estas condiciones ocasionarían la reducción de la productividad del sistema de afloramiento costero, evidenciada por la disminución de la producción de fitoplancton y de zooplancton. A su vez, el aumento de la estratificación y la disminución de los niveles tróficos inferiores explican la reducción de la biomasa de la anchoveta en un futuro, resultado obtenido

mediante el uso de condiciones físico-biogeoquímicas regionales provenientes de una metodología independiente a la empleada en el Proyecto. En suma, los resultados de los modelos empleados en el Proyecto son consistentes entre sí en cuanto a la evolución probable del ecosistema pelágico en el contexto del cambio climático futuro bajo el escenario RCP 8.5.

II

Los resultados obtenidos respecto a los cambios de TSM, estratificación y el plancton sugieren que, de mantenerse la trayectoria actual de las emisiones de GEI, hacia mediados del siglo XXI, la dinámica y la productividad del sistema de afloramiento costero se apartarían de sus oscilaciones propias de la variabilidad climática. Es decir, la variabilidad climática (EN/

LN) continuaría siendo la principal fuente de variación para los recursos y el ecosistema en las próximas dos a tres décadas; posteriormente, las tendencias asociadas al cambio climático superarían el rango histórico de la variabilidad climática e incluso de la variabilidad decenal. Cabe resaltar que el modelo empleado para la biomasa de la anchoveta indica que la reducción significativa de esta también se expresa hacia el mismo periodo, acentuándose en las décadas siguientes, de mantenerse, además, la tasa de explotación.

III

Si bien existe consistencia en la dirección y escala temporal de los resultados alcanzados, más estudios son necesarios utilizando diferentes modelos globales del clima para precisar el rango de posibilidades de la evolución futura. En tal sentido, la replicación de la reducción de escala física y biogeoquímica es conveniente, especialmente para el segundo caso, para el cual solo se cuenta con una simulación del modelo climático del IPSL.

En cuanto a la evolución futura de la biomasa de la anchoveta, es necesario incorporar más factores en el proceso de modelamiento y análisis. Respecto a los factores ambientales, se requiere incorporar la variación de la profundidad de la oxiclina, que actúa como barrera vertical del hábitat pelágico y de la anchoveta; así como la variación de los frentes oceánicos, importantes para el tamaño del hábitat de los recursos. Por otro lado, la proyección de la biomasa futura puede fortalecerse con la incorporación de otras especies, como la biomasa de macrozooplancton, y de las características bioenergéticas y trofodinámicas en los modelos.

El análisis del efecto de la variación de la mortalidad por pesca, adaptativa al contexto futuro, permitirá explorar el efecto de esta en la resiliencia de la población. También se

recomienda evaluar la posibilidad de que alguna especie alternativa, con mejor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones predominantes, pueda ocupar los nuevos nichos ecológicos que la anchoveta no podría, como ha ocurrido en el pasado durante periodos cálidos. Finalmente, es necesario incorporar el modelamiento bioeconómico a fin de desarrollar escenarios cuantitativos futuros de la vulnerabilidad de sus pesquerías.

IV

El manejo de las cuotas de pesca opera a una escala temporal de corto plazo, en función del estado del recurso y de las consideraciones del escenario ambiental de la temporada de pesca inmediata, por lo cual, las medidas que se adoptan ante “cambios de régimen” ambiental pueden implementarse recién en fases tempranas del proceso. “La prospectiva generada en el Proyecto a partir de los estudios de vulnerabilidad brinda una herramienta valiosa para orientar estrategias desde el mediano al largo plazo para mejorar la resiliencia del sector pesquero ante el cambio climático con base científica, así como para diseñar y afinar planes de acción de los sectores involucrados en el manejo integrado de las zonas costeras”.

Las investigaciones de modelado han sido complementadas por los estudios de vulnerabilidad de especies de importancia económica en pesca y acuicultura. De estos estudios, se desprenden algunas recomendaciones tales como: ampliar espacial y temporalmente el monitoreo de variables oceanográficas (temperatura, salinidad, oxígeno, clorofila, FAN, etc.) adoptando la tecnología de última generación (como los *gliders*), y contar con información socioeconómica tanto de la pesquería artesanal como industrial, ya que estas difieren en cuanto a su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático.

V

El fortalecimiento del conocimiento científico sobre el cambio climático y los recursos pesqueros supone un proceso complejo en el que se requiere avanzar en varios frentes. Destacan principalmente dos: i) la adquisición de equipamientos de alta tecnología y su plan de uso estratégico para mejorar la capacidad de procesamiento y monitoreo con base en necesidades, y ii) la formación de capacidades técnicas de los recursos humanos que puedan gestionar los equipos y llevar a cabo los análisis pertinentes.

Si bien la generación de conocimiento científico de mayor calidad es relevante para mejorar la toma de decisiones, es necesario desarrollar potenciales servicios de información para los usuarios aparte de la comunidad científica (sector pesquero industrial y artesanal, agencias reguladoras), los que se pueden ofrecer con las nuevas capacidades adquiridas y una estrategia de difusión. Asimismo, para otorgar sostenibilidad al equipamiento, es conveniente diseñar un plan estratégico que garantice su mantenimiento y renovación periódica.

DE APLICACIÓN PARA LA GESTIÓN SECTORIAL Y MULTISECTORIAL

I

Las propuestas de instrumentos de gestión

orientadas a las zonas marino-costeras y los estudios de vulnerabilidad socioeconómica y territorial desarrolladas en el Proyecto han contribuido a enriquecer el diagnóstico de la vulnerabilidad actual del sector pesca y acuicultura. Por ejemplo, se han determinado los grupos más vulnerables del sector y se han realizado una caracterización y un análisis de los riesgos climáticos por departamento. La información generada se ha plasmado en un documento síntesis del diagnóstico de vulnerabilidad actual y líneas de acción preliminares para la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesca y Acuicultura, a cargo del PRODUCE. Además, las propuestas y los diversos estudios realizados son insumos para la definición sectorial de la programación tentativa de la implementación de las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) en adaptación, proyectada para la próxima década en el Perú, por lo cual, es recomendable continuar promoviendo y realizando estudios de los costos económicos y de los riesgos climáticos para la adaptación del sector.

La colaboración mutua entre el Ministerio de la Producción y el Ministerio del Ambiente permitió elaborar, dentro del componente 2 del Proyecto, las propuestas de política nacional, Programa Nacional de MIZMC del Perú y los planes de MIZMC de Huacho (Lima) e Ilo (Moquegua). Estos importantes instrumentos de gestión son necesarios para la sostenibilidad de las medidas de adaptación al cambio climático; sin embargo, requieren de un largo proceso dinámico de articulación y coordinación conjunta de los tres niveles de gobierno y los sectores públicos y privados, así como de los diversos actores que interactúan en las zonas marino-costeras. Por otro lado, si bien se han establecido los lineamientos de política para el ordenamiento territorial, aún urge la creación de una ley de ordenamiento territorial, la cual debe incluir el medio marino y costero; para ello, será necesario armonizar la jurisdicción de las diferentes instituciones.

II

Tradicionalmente, la innovación de la tecnología de las artes de pesca busca mejorar su rendimiento y eficiencia; sin embargo, en línea con la adaptación a los efectos del cambio climático, es necesario, además, reducir los impactos no deseados de estas artes de pesca sobre la vulnerabilidad del ecosistema marino-costero. Partiendo de este esquema, en el Proyecto se realizaron pruebas adaptando a las redes de cerco unos dispositivos selectores con malla hexagonal con el fin de capturar anchoveta para CHD, buscando, al mismo tiempo, minimizar la captura de individuos juveniles y otros impactos en la zona costera.

Todo proceso de innovación y progreso tecnológico que implique un aumento de la selectividad en las herramientas de pesca trae consigo, por un lado, la exclusión de ejemplares de tamaño insuficiente y la pesca no objetivo, y por otro, la disminución de los volúmenes de captura. Esto último plantea una dificultad para la motivación al pescador peruano de adoptar el cambio tecnológico, dada la costumbre de generar renta por el volumen de pesca. En este contexto, ¿cómo garantizar el uso de las artes amigables de cerco?

Las pruebas de adaptación de las redes de cerco con los dispositivos selectores HEXDSC de 1.5" de abertura de malla fueron efectivas en el mar, donde los pescadores dieron su aprobación. Sin embargo, ya que la pesca es, ante todo, una actividad económica, el cambio tecnológico debe incentivarse con un acompañamiento para mejorar el acceso a los mercados. En tal sentido, programas como "A Comer Pescado" u otras iniciativas con participación del sector privado pueden contribuir a mejorar el acceso del pescador artesanal a mercados diferenciados a cambio de la trazabilidad de la actividad de pesca, generando un círculo virtuoso que permita, de un lado, mejorar los ingresos de los pescadores

artesanales, y por otro, reducir la presión sobre el recurso. No obstante, la implementación del cambio y su escalamiento requiere un diseño previo exhaustivo para garantizar su adopción.

Es necesario realizar una valoración *ex ante* de la factibilidad técnico-económica de las intervenciones, además de fortalecer la organización de las comunidades pesqueras involucradas, y para el caso de la anchoveta para CHD, fomentar su consumo en el mercado nacional e internacional.

Por otra parte, los planes de inversión en DPA, y el fortalecimiento de la sanidad pesquera por parte de los organismos sectoriales, pueden contribuir a mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de la actividad pesquera en el futuro.

III

La implementación de medidas de adaptación asociadas a la innovación tecnológica y a buenas prácticas, que redunden en agregar valor al producto pesquero para CHD, debe considerar la problemática de la informalidad imperante en las actividades artesanales. Asimismo, las competencias de la actividad pesquera artesanal están a cargo de los gobiernos regionales; sin embargo, la Dirección General de Supervisión, Fiscalización y Sanción realiza acciones de fiscalización para el control del cumplimiento normativo en las actividades pesqueras artesanales de manera compartida con dichos gobiernos. La experiencia de innovación de las redes de pesca en el Proyecto demostró que existe la necesidad de articular mejor las competencias del gobierno nacional y de los gobiernos regionales en cuanto al ordenamiento de la pesca artesanal.

DE CARÁCTER OPERATIVO

I

La implementación de los proyectos y programas de adaptación al cambio climático requiere un enfoque multisectorial, lo que en términos prácticos puede demorar su ejecución.

En el Proyecto, la creación de un comité técnico y un comité directivo, ambos con representación multisectorial y con funciones claras y bien definidas; además del acompañamiento permanente del BID, ayudó a mantener los procesos de toma de decisiones entre las diferentes partes involucradas acotados dentro de tiempos manejables. En tal sentido, este Proyecto ofreció un modelo de gobernanza para la adaptación al cambio climático, que deberá escalarse a nivel de Estado.

II

Se hace necesario poder contar con un marco de monitoreo y evaluación de la eficacia de las medidas de adaptación que permita ir haciendo ajustes, pues la adaptación es un proceso que busca una transformación, y los arreglos institucionales para que esto pueda ocurrir son fundamentales.

Uno de los mayores desafíos es el monitoreo del desempeño de las acciones una vez que el financiamiento del programa llegue a su fin. Por este motivo, es imprescindible la apropiación de

las acciones por parte del sector, que debería estar encargado de llevar a cabo el monitoreo y posterior evaluación del desempeño de estas acciones para dar sostenibilidad a las intervenciones implementadas.

III

La adaptación al cambio climático debe ser vista dentro de un contexto de desarrollo sostenible. Por esta razón, las actividades de adaptación que se deriven del presente Proyecto tienen que estar claramente enmarcadas dentro de los planes y programas de desarrollo tanto a nivel local, regional como del gobierno central. En adición, estas actividades deben ser articuladas con incentivos a corto plazo para sus actores.

IV

Son de destacar los pasos que se siguieron para el diseño y las adaptaciones en las redes, que involucraron aplicar la ingeniería de artes de pesca y la estrategia de prueba y error de forma participativa, con el propósito de sintonizar el conocimiento empírico y ancestral del pescador artesanal con el conocimiento tecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

- **Arnason, R., Kelleher, K., & Willmann, R. 2009.**
The sunken billions: the economic justification for fisheries reform (English). Agriculture and rural development. Washington, DC: World Bank.
- **Allison, E., Perry, A., Badjeck, M., et al. 2009.**
Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. Fish and Fisheries, 10 (2), 173-196. ISSN 1467-2979.
- **Arnason, R., Kelleher, K., & Willmann, R. 2009.**
The sunken billions: the economic justification for fisheries reform (English). Agriculture and rural development. Washington, DC: World Bank.
- **Aumont, O., & Bopp, L. 2006.**
Globalizing results from ocean in situ iron fertilization studies. Global Biogeochemical Cycles, 20(2): GB2017. doi:10.1029/2005GB002591
- **Alheit, J., & Ñiquen, M. 2004.**
Regime shifts in the Humboldt Current ecosystem. Progress in Oceanography, 60, 201-222. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2004.02.006>
- **Bakun, A. 1990.**
Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. Science, 247, 198-201
- **Bakun A. & Weeks, S.J. 2008.**
The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? Progress in Oceanography. <http://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027>
- **Barragán, J. 2016.**
Informe final de la consultoría para elaborar la propuesta de política nacional para el manejo integrado de las zonas marino costeras y una propuesta de programa de MIZMC con énfasis en el ordenamiento territorial y bajo un escenario de cambio climático, cursos de capacitación para planes locales de MIZMC para las áreas piloto. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 101 pp.
- **Behrenfeld, M., & Falkowski, P. 1997.**
Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. Limnology and Oceanography, 42, 1-20.
- **Belmadani, A., Echevin, V., Codron, F., et al. 2013.**
What dynamics drive future wind scenarios for coastal upwelling off Perú and Chile? Climate Dynamics, 43, 1893-914.
- **Beltestad, A. K. 1977.**
Experiments with the net of hexagonal meshes in purse seine. ICES CM Documents; 1977/B:39.
- **Beltestad, A. 1980.**
Recent experiments with net of hexagonal meshes in purse seines. ICES CM. 1980/B:25.
- **Beltestad, A. 1981.**
Purse seines with hexagonal mesh. Southwest Fisheries Center Admin. Rep. (Estados Unidos) LJ-81-12. NOAA/NMFS, La Jolla.
- **Bertrand, A., Chaigneau, A., Peraltilla, S., et al. 2011.**
Oxygen: A Fundamental Property Regulating Pelagic Ecosystem Structure in the Coastal Southeastern Tropical Pacific. PLoS ONE 6(12): e29558. doi:10.1371/journal.pone.0029558
- **Bertrand, A., Vögler, R., & Defeo, S. 2018.**
Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries. July 2018. In: Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F., eds. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Roma, FAO. 628 pp. <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>

- **Bindoff, N., Stott, P., AchutaRao, K., et al. 2013:**
Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos.
- **Blasiak, R. , Spijkers, J., Tokunaga, et al. 2017.**
Climate change and marine fisheries: Least developed countries top global index of vulnerability. PLoSONE 12(6): e0179632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179632>
- **Breen, M., Isaksen, B., Ona, E., et al. 2012.**
A review of possible mitigation measures for reducing mortality in purse-seine fisheries. ICES CM. 2012/C: 12-20.
- **Breitburg, D. , Salisbury, J., Bernhard, J., et al. 2015.**
And on top of all that... Coping with ocean acidification in the midst of many stressors. Oceanography, 28(2), 48-61. <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2015.31>
- **Breitburg, D., Levin, L., Oschlies, A., et al. 2018.**
Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Science, 359. doi: 10.1126/science.aam7240
- **Brochier, T., Echevin, V., Tam, J., et al. 2013.**
Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. Global Change Biology, doi: 10.1111/gcb.12184
- **Carton, J., & Giese, B. 2008.**
A reanalysis of ocean climate using Simple Ocean Data Assimilation (SODA). Mon. Weather Rev., 136: 2999-3017. doi:10.1175/2007MWR1978.1
- **Castillo, G., Fernández, J., Medina, A., et al. 2018.**
Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. Inf Inst Mar Perú. 45 (3) :299-388.
- **Chamorro, A., Echevin, V., Colas, F., et al. 2018.**
Mechanisms of the intensification of the upwelling-favorable winds during El Niño 1997–1998 in the Peruvian upwelling system. Climate Dynamics. 1-17. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4106-6>
- **Chavez, F., Ryan, J., Lluch, S., et al. 2003.**
From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. Science, 299, 217-221. <https://doi.org/10.1126/science.1075880>
- **Chavez, F., Bertrand, A., Guevara-Carrasco, R., et al. 2008.**
The Northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. Progress in Oceanography, 79(2–4), 95-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- **Chassot, E., et al. 2010.**
Marine Primary Production Constrains World Fish Catch. Ecology Letters, 13, 495-505.
- **Cheung, W., Lam, V., Sarmiento, J., et al. 2010.**
Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. Global Change Biology, 16, 24-35. doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01995.x
- **Cheung, W. , Bruggeman, J., & Butenschön, M. 2018.**
Projected changes in global and national potential marine fisheries catch under climate change scenarios in the twenty-first century. In: Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F., eds. 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 recuperados de <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>
- **Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., et al. 2013.**
Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos.

- **Csirke, J., Guevara, R., Cardenas, G., et al. 1994.**
*Situación de los recursos Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con particular preferencia a las regiones norte y centro de la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú, 15(1), 1996: p. 1-23.*
- **Cushing, D. 1982.**
Climate and Fisheries. Londres, Reino Unido: Academic Press.
- **Da Silva, A., Young, C., & Levitus, S. 1994.**
Atlas of surface marine data 1994, vol. 1, Algorithms and procedures, technical report, Natl. Oceanogr. and Atmos. Admin., Silver, Spring, Md.
- **Daw, T., Adger, N., Brown, K. et al. 2009.**
Climate change and capture fisheries: potential impacts, adaptation and mitigation. In Cochrane, K., Young, C. D., Soto, D. and Bahri, T. (eds.) Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. Working Paper. Food and Agriculture Organisation (FAO), Roma.
- **Dewitte, B., J. Vazquez-Cuervo, K. Goubanova, et al. 2012.**
Change in El Niño flavours over 1958-2008: Implications for the long-term trend of the upwelling off Peru. Deep-Sea Research II 77-80 (2012) 143-156.
- **Díaz, E., García, C., Espinoza, D., et al. 2010.**
*Evaluación del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns) por un modelo estadístico estructurado por edades. Boletín del Instituto del Mar del Perú, 25(1-2), 57-61.*
- **Dufresne, J., Foujols, M., Denvil, S., et al. 2013.**
Climate Dynamics, 40: 2123. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1636-1>
- **Dulvy, N., & Allison, E. 2009.**
Place at the Table? Nature Reports Climate Change, 3, 68-70.
- **Echevin, V., Goubanova, K., Belmadani A., et al. 2012.**
Sensitivity of the Humboldt current system to global warming: A downscaling experiment from the ipsl-cm4 model. Clim. Dyn., 38(3-4), 761-774. doi:10.1007/s00382-011-1085-2
- **Espinoza, D., Echevin, V., Colas, F., et al. 2017.**
Impacts of El Niño events on the Peruvian upwelling system productivity. J. Geophys. Res. Oceans, 122. doi:10.1002/2016JC012439
- **Espinoza, D., Echevin, V., Colas, F., et al. 2018.**
Oxygen variability during ENSO in the Tropical South Eastern Pacific, Frontier in Marine Science, in revision.
- **FAO. 1995.**
Código de Conducta para la Pesca Responsable. Food & Agriculture Organization, 53. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/008/y3427s/y3427s04.htm>
- **FAO. 2018a.**
The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Roma. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- **FAO. 2018b.**
Perfiles de Pesca y Acuicultura por Países. Perú (2018). Hojas de datos de perfiles de los países. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [<http://www.fao.org/fishery/facp/PER/es/>]. Roma. actualizado 15 01 2019
- **Feely, R., Doney, S., & Cooley, S. 2009.**
Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO2 world. Oceanography, 22(4), 36-47.
- **Fréon, P., Bouchon, M., Mullon C., et al. (2008).**
Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru. Progress in Oceanography 79, 401-412.
- **Fréon, P. et al. 2010.**
Impacts of the Peruvian anchoveta supply chains: from wild in the water to protein on the plate. Globec Int. Newsletter, 16, 27-31. Recuperado de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_freon_bouchon_et_al_2010_\(impacto_cadenas_de_valor\).pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_freon_bouchon_et_al_2010_(impacto_cadenas_de_valor).pdf)
- **García, M., Sydeman, W., Thompson, S., et al. 2013.**
Integrated assessment of wind effects on central California's pelagic ecosystem. Ecosystems, 16, 722-735. doi:10.1007/s10021-013-9643-6
- **Galarza, E. y Kamiche, J. 2015.**
Pesca artesanal: Oportunidades para el desarrollo integral. Universidad del Pacífico.

Recuperado de <https://www.up.edu.pe/fondoeditorial/SiteAssets/pesca%20artesanal.pdf>

- **Gonçalves, J., Gonçalves, B., Monteiro, P., et al. 2008.**
Reducing discards in a demersal purse-seine fishery.
- **Goubanova, K., Echevin, V., Dewitte, B., et al. 2011.**
Statistical downscaling of sea-surface wind over the Perú-Chile upwelling region: diagnosing the impact of climate change from the IPSL-CM4 model. Climate Dynamics, 36(7-8), 1365-1378. doi:10.1007/s00382-010-0824-0
- **Grados, D. 2016.**
Informe final de la consultoría para generación de escenarios oceánicos de cambio climático. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 52 pp.
- **Gutiérrez D., Echevin V. y Tam J., et al. 2014.**
Impacto del cambio climático sobre el mar peruano: Tendencias actuales y futuras. En Grégoire, A. (ed.), El Perú frente al cambio climático. Resultado de investigaciones franco-peruanas (pp. 142- 145). IRD.
- **Gutiérrez, D., Bouloubassi, I., Sifeddine, A., et al. 2011.**
Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling zone off Perú since the mid-twentieth century. Geophys. Res. Lett. 38, L07603. doi:10.1029/2010GL046324
- **Gutiérrez D., Akester, M., & Naranjo, L. 2016.**
Productivity and Sustainable Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under climate change. Environmental Development, 17(1), 126-144. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.004>
- **Henson, S., Beaulieu, C., & Lampitt, R. 2016.**
Observing climate change trends in ocean biogeochemistry: when and where. Global Change Biology, 22, 1561–1571. doi: 10.1111/gcb.13152
- **Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems Science 18 Jun 2010:**
Vol. 328, Issue 5985, pp. 1523-1528. doi 10.1126/science.1189930
- **Hosseini, S., Lee, C., Kim, H., et al. 2011.**

The sinking performance of the tuna purse seine gear with large-meshed panels using numerical method. Fish Sci., 77, 503-520.

- **Huse, I., & Vold, A. 2010.**
Mortality of mackerel (Scomber scombrus L.) after pursing and slipping from a purse seine. Fisheries Research, 106(1), 54-59.
- **IMARPE. 1974.**
Informe de la cuarta sesión del panel de expertos de la evaluación del stock de anchoveta peruana. Bol. Inst. Mar., Bol. Inst. Mar., 2(10), 605-719.
- **IMARPE. 2016.**
Protocolo de elaboración de la tabla de decisión para la determinación del límite máximo de captura total permisible para la pesquería del stock norte-centro de la anchoveta peruana. Callao. IMP-DGIRP/AFDPERP. Recuperado de http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/protocolo_captu_stok_ancho.pdf.
- **IPCC. 2013. Climate Change 2013:**
The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 1535 pp., doi:10.1017/CBO9781107415324.
- **IPCC. 2014. Cambio climático 2014:**
Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs.
- **IRD. 2009.**
La anchoveta peruana: La carrera por la anchoveta, ¿hasta cuándo? Recuperada de <https://es.ird.fr/la-mEDIATECA/videos-en-linea-canal-ird/la-anchoveta-peruana/la-carrera-por-la-anchoveta-hasta-cuando>.
- **Jadhav, R., Mohite, A., & Kazi, T. 2011.**

Design and operational characteristics of small meshed purse seine nets with pocket operated off Ratnagiri, Maharashtra. J. Mar. Biol. Ass. India, 53(2), 237-241.

- **Jackson, G., & O'Dor, R. 2001.**
Time, space and the ecophysiology of squid growth, life in the fast lane. Vie. Milieu., 51, 205-215.
- **Jones, E., Glass, C., Milliken, H., et al. 2004.**
The reaction and behaviour of fish to visual components of fishing gears and the effect on catchability in survey and commercial situations. Annex 2 in: Report of the ICES Working Group on Fishing Technology and Fish Behavior (WGFTFB); Gdynia, Polonia; Apr. 20-23, 2004. ICES [Int. Counc. Explor. Sea] C.M. 2004/B: 05; p. 68-112.
- **Lam, V., Cheung, W., Reygondeau, G., et al. 2016.**
Projected change in global fisheries revenues under climate change. Scientific Reports, 6: art:32607. [online]. [Cited 4 March 2018]. <https://doi.org/10.1038/srep32607>.
- **Libélula S. A. C. 2017.**
Diagnóstico de vulnerabilidad y propuesta de plan de acción para la adaptación del sector pesquero artesanal al cambio climático en Huacho-Chancay (Lima) e Ilo (Moquegua). Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 10, 13, 18 pp.
- **Libélula S. A. C. 2018.**
Análisis de vulnerabilidad socioeconómica actual y futura al cambio climático a nivel nacional para la pesca de la anchoveta. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 185 pp.
- **Lockwood, S., Pawson, M., & Eaton, D. 1983.**
The effects of crowding on mackerel (Scomber scombrus): physical conditions on mortality. Fisheries Research, 2, 129-147.
- **López Urrutia, A., San Martín, E., Harris, R. et al. 2006.**
Scaling the metabolic balance of the oceans. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(23), 8739- 8744. doi 10.1073/pnas.0601137103.
- **Melo, T., Hurtado, F. y Queirolo, D. 2001.**

Curso de teoría de Paños. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 103 pp.

- **MINAM. 2016.**
El Perú y el cambio climático: Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2016. Lima: Ministerio del Ambiente 326 pp.
- **Miranda, M. 2018.**
El consumo humano de anchoveta en el Perú. Recuento histórico del periodo prehispánico a 1970. Lima: Oannes. 39 pp.
- **Misund, O. , Dickson, W., & Beltestad, A. 1992.**
Optimization of purse seines by large-meshed sections and low lead weight. Theoretical considerations, sinking speed measurements and fishing trials. Fish, Res., 14, 305-317. UN. 2005.
- **Marco de acción de Hyogo para 2005-2015:**
Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Recuperado de <http://www.eird.org/cdmah/contenido/hyogo-framework-spanish.pdf>
- **Oceana. 2018.**
Proponen avances tecnológicos para reducir descartes y captura de juveniles en la pesca de anchoveta. Recuperado de <https://peru.oceana.org/es/prensa-e-informes/comunicados-de-prensa/proponen-avances-tecnologicos-para-reducir-descartes-y>
- **Oerder, V., Colas, F., Echevin, V., et al. 2015.**
Peru-Chile upwelling dynamics under climate change. Journal of Geophysical Research. doi:10.1002/2014JC010299
- **Olsen, S., & Beltestad, A. 1980.**
Russian hexagon mesh is proved in Norway. W1d.Fishg.,29(2),47-50.
- **Oliveros, R. 2018.**
Informe técnico final. Consultoría para el desarrollo de escenarios bioclimáticos para la anchoveta. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 13 pp.

- **Oshima, T., Imaizumi, T., Yokota, H., et al. 2012.**
Study on the methods to reduce the by-catch of juvenile Bigeye tuna in purse seine FADs operations. WCPFC/SC8/EBWP16.
- **Pauly, D., & Palomares, J. 1989.**
New estimates of monthly biomass, recruitment, and related statistics of anchoveta (Engraulis ringens) off Perú (4-14S), 1953-1985. En D. Pauly, P. Muck, J. Mendo e I. Tsukayama (eds.), The Peruvian upwelling ecosystem: Dynamics and interactions. ICLARM conference proceedings (Vol. 18, pp. 189-206).
- **Pawson, M., & Lockwood, S. 1980.**
Mortality of mackerel following physical stress, and its probable cause. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 177, 439-443.
- **Quispe, C., Tam, J., Demarcq, H., et al. 2018.**
An index of coastal thermal effects of El Niño Southern Oscillation on the Peruvian Upwelling Ecosystem. Journal of Climatology, 38(7), 3191-3201.
- **Ramos, J. 2017.**
Ecological risk assessment (ERE) of the impacts of climate change on Peruvian anchovy and other fishery and aquaculture key species of the coastal marine ecosystem of Perú. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 290 pp.
- **RED HOME EIRL 2018a.**
Informe final. Mediciones biológicas pesqueras de las operaciones de pesca. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 26 pp.
- **RED HOME EIRL. 2018b.**
Informe final. Prueba de las redes de cerco anchoveteras artesanales con dispositivos selectores de cerco. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 25 pp.
- **RED HOME EIRL. 2018c.**
Informe final. Parámetros económicos básicos. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 31 pp.
- **Reguero, B. 2017.**
Análisis de la vulnerabilidad ecológica actual y futura al cambio climático del ecosistema marino-costero en la zona de Huacho. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima.
- **Ricker, W. 1975.**
Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 191, 382 pp.
- **Ridgway, K., Dunn, J., & Wilkin, J. 2002.**
Ocean interpolation by four-dimensional least squares-Application to the waters around Australia. J. Atmos. Oceanic Technol., 19(9), 1357-1375.
- **Rodhouse, P., Pierce, G., Nichols, O., et al. 2014.**
Environmental effects on cephalopod population dynamics: implications for management of fisheries. Adv. Mar. Biol., 67, 99-233.
- **Romero, D. 2017.**
Informe de operatividad del sistema clúster de modelación. Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 166 pp.
- **Rulifson, R., & Cooper, J. 1986.**
A method to determine mesh size selectivity in commercial menhaden purse seines. North American Journal of Fisheries Management, 6, 359-366.
- **Salazar, C., Ganoza, F., Alarcón, J., et al. 2015a.**
Pesca exploratoria y experimental con red de cerco artesanal en la región Tumbes. Informe Inst. Mar del Perú, 42(2), 242-261.
- **Salazar, C., Chacón, G., Alarcón, J., et al. 2015b.**
Caracterización de redes de cerco artesanal para anchoveta destinadas al consumo humano directo. Informe Inst. Mar del Perú, 42(2), 262-265.
- **Salazar, M. 2018.**

Impacto ecosistémico de las artes de pesca artesanal peruana: Propuestas de investigación tecnológica y manejo pesquero (tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú, 113 pp.

- **Salvatteci, R., Field, D., Gutiérrez, D., et al. 2017.**
Multifarious anchovy and sardine regimes in the Humboldt Current System during the last 150 years. Global Change Biology, 24(3), 1055-1068 doi: 10.1111/gcb.13991
- **Seyed, H., Chun, L., Hyung, K., et al. 2011.**
The sinking performance of the tuna purse seine gear with large-meshed panels using numerical method. Fisheries Science, 77, 503-520.
- **Shchepetkin, A., & McWilliams, J. 2005.**
The regional ocean modeling system: a split- explicit free-surface, topography-following coordinates ocean model. Ocean Model, 9, 347-404. doi: 10.1016/j.ocepmo.2004.08.002
- **Skamarock, W., & Klemp, J. 2008.**
A time-split nonhydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications. J. Comput. Phys., 227, 3465-3485
- **Sociedad Nacional de Pesquería. 2014.**
Aportes al debate de la pesquería N° 3. Lima: SNP.
- **Soto, J. 2017.**
Evaluación de la componente biogeoquímica en modelos climáticos globales-IPCC CM5 en la región de afloramiento del mar del Perú (tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- **Surronem, P. 2014.**
Herramientas para el manejo de las capturas incidentales y uso de técnicas para incrementar la supervivencia posselectividad. Revista de Investigación de Desarrollo Pesquero-INIDEP, 25, 51-58.
- **Sydeman, W., García, M., Schoeman, D., et al. 2014.**
Climate change and wind intensification in coastal upwelling ecosystems. Science, 345, 77-80. doi:10.1126/science.1251635
- **Tenningen, M., Vold, A., & Olsen, R. 2012.**
The response of herring to high crowding densities in purse-seines: survival and stress reaction. ICES Journal of Marine Science, 69(8), 1523-1531.
- **Tenningen, M., & Pena, H. 2012.**
A new method for estimating net volume during purse seine fishing - towards improved guidelines for slipping operations. In ICES CM 2012/C: 29. Bergen: International Council for the Exploration of the Seas, p. Poster.
- **UNIDO. 2014.**
Estudio de prospectiva para la cadena productiva de la industria pesquera en la región de la costa del Pacífico en América del Sur. Recuperado de <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/030.Estudio%20de%20Prospectiva%20Regional%20OPTI%20.pdf>
- **Untama, J. 2018.**
Informe final de la consultoría para elaboración de planes locales de manejo integrado de las zonas marino-costeras de Huacho (Lima) e Ilo (Moquegua). Project: Adaptation to Climate Change of the Fishing Sector and the Marine-Coastal Ecosystem of Perú. PRODUCE-IMARPE-MINAM-IDB. Lima. 316 pp.
- **Valdemarsen, W., & Suuronen, P. 2001.**
Modifying Fishing Gear to Achieve Ecosystem Objectives. John Reykjavik Conference on Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem 19 Reykjavik, Islandia, 1-4 October 2001.
- **Van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., et al. 2011.**
The Representative Concentration Pathways: an overview. Climatic Change, 109(5), 1-27. doi: 10.1007/s10584-011-0148-z
- **Wang, D., Gouhier, T., Menge, B. A., & Ganguly, A. R. 2015.**
Intensification and spatial homogenization of coastal upwelling under climate change. Nature, 518, 390-394. (also available at <https://www.nature.com/articles/nature14235>)
- **Widagdo, A., Lee, C. W., & Lee, J. 2015.**
Calculating and Measuring the Sinking Performance of Small-scale Purse Seine Gear in Java, Indonesia, to Improve the Gear.



Foto "A Comer Pescado".

