

Estudios
Ambientales

 **ATIK**
editorial



Carlos Enrique Olivares Bernal, Paul Ricardo Noblecilla Retamozo,
Luis Manuel Atoche Ordoñez, María Zoraida Ubillus Bravo,
Oscar Armando Vásquez Ramos

Anzuelos en la corriente

*Ecología, pesca y sostenibilidad del
calamar gigante en el norte peruano*

Carlos Enrique Olivares Bernal, Paul Ricardo
Noblecilla Retamozo, Luis Manuel Atoche
Ordoñez, María Zoraida Ubillus Bravo, Oscar
Armando Vásquez Ramos

Anzuelos en la corriente

*Ecología, pesca y sostenibilidad del
calamar gigante en el norte peruano*

Atik Editorial



E15D N49-59 y Olivos, San Isidro. Código postal 170515.
Quito, Ecuador

Atik Editorial, es una iniciativa del Centro de Investigaciones CICSHAL y está a cargo del departamento de Comunicación y Difusión Científica.

www.atikeditorial.com

Primera Edición: 2026

Derechos de autor/Copyright: Carlos Enrique Olivares Bernal, Paul Ricardo Noblecilla Retamozo

Editorial: Atik Editorial

Materia Dewey: 333.95 - Recursos biológicos

Clasificación Thema: PSPM - Biología marina | RNK - Conservación del medioambiente | 1KLSR - Perú

Público objetivo: Profesional/Académico

BISAC: TEC049000

Colección: Estudios Ambientales

Soporte: Digital

Formato: Epub (.epub)/PDF (.pdf)

Publicado: 2026-06-04

ISBN: 978-9907-820-05-8

Disponible para su descarga gratuita en <http://atikeditorial.com>

El presente libro tienen el aval del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina - CICSHAL.



Título: Anzuelos en la corriente. Ecología, pesca y sostenibilidad del calamar gigante en el norte peruano

Hooks in the Current. Ecology, Fisheries and Sustainability of the Jumbo Squid in Northern Peru

Anzóis na corrente. Ecología, pesca e sustentabilidade da lula gigante no norte do Peru

(APA 7)

Olivares Bernal, C. E., Noblecilla Retamozo, P. R., Atoche Ordoñez, L. M., Ubillus Bravo, M. Z., & Vásquez Ramos, O. A. (2026). *Tanzuelos en la corriente. Ecología, pesca y sostenibilidad del calamar gigante en el norte peruano*. Atik Editorial. <https://doi.org/10.46652/atikbook30>



Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) la cual está disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Se debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

Las consultas relativas a la reproducción fuera del ámbito de esta licencia deberán enviarse al Departamento de Comunicación y Difusión Científica de CICS HAL a la siguiente casilla de correo: info@atikeditorial.com

Los enlaces a sitios web de terceros son facilitados por **Atik** Editorial de buena fe y a título meramente informativo. **Atik** Editorial declina toda responsabilidad por el material contenido en cualquier sitio web de terceros al que se haga referencia en esta obra.

Esta publicación es una obra derivada que surge de la tesis de maestría titulada "Evaluación del riesgo ambiental por efectos de la pesca del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Norte del Perú", defendida por Carlos Enrique Olivares Bernal en la Universidad Nacional de Piura (Perú) en el año 2017. Bajo la coordinación del propio autor de la tesis, un equipo de investigadores ha ampliado, profundizado y actualizado el trabajo original mediante un proceso colaborativo, dando lugar a este libro.

This publication is a derivative work originating from the master's thesis titled "Evaluación del riesgo ambiental por efectos de la pesca del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Norte del Perú", defended by Carlos Enrique Olivares Bernal at the Universidad Nacional de Piura (Perú) in 2017. Under the coordination of the thesis author himself, a team of researchers has expanded, deepened, and updated the original work through a collaborative process, resulting in this book.

**AVAL DE REVISIÓN
POR PARES**

El presente libro constituye el resultado de un riguroso proceso de investigación académica, cuya calidad metodológica y solidez argumental han sido validadas mediante un sistema de revisión por pares externos implementado bajo el protocolo de doble ciego, bajo la supervisión del Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades desde América Latina (CICSHAL). Como garantía de transparencia y rigor científico, los informes de evaluación realizados por los especialistas designados se conservan en el archivo institucional de la editorial, a disposición de las instancias que así lo requieran.

This book is the result of a rigorous academic research process, whose methodological quality and argumentative solidity have been validated through an external peer-review system implemented under a double-blind protocol, under the supervision of the Center for Research in Sciences and Humanities from Latin America (CICSHAL). As a guarantee of transparency and scientific rigor, the evaluation reports prepared by the designated specialists are preserved in the publisher's institutional archives, available to any party that may require them.

info@atikeditorial.com



AUTORES

AUTHORS

- Carlos Enrique Olivares Bernal

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú
<https://orcid.org/0009-0009-8986-2080>
colivaresb@unp.edu.pe
olivares20263@gmail.com

Ingeniero Pesquero con doctorado en Ciencias Ambientales y Maestría en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial por la Universidad Nacional de Piura, culminando estudios de maestría en Gestión Pública por la Universidad Nacional de Tumbes. Catedrático universitario de la facultad de ingeniería pesquera de la Universidad nacional de Piura.

- Paul Ricardo Noblecilla Retamozo

Universidad Nacional de Tumbes | Tumbes | Perú
<https://orcid.org/0000-0003-1901-7462>
pnoblecillar@untumbes.edu.pe
pnoblecillaretamozo@gmail.com

Soy Ing. Pesquero, Magister con Mención en Gestión Ambiental, estudios concluidos de Doctorado en Planificación Pública y Privada, Docente Auxiliar nombrado, adscrito a la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar.

- Luis Manuel Atoche Ordoñez

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú
<https://orcid.org/0009-0000-4102-0153>
latocheo@unp.edu.pe
luisatocheord@gmail.com

Ingeniero pesquero, Doctor en Ciencias Ambientales y Magister en Evaluación y Seguimiento Ambiental de Ecosistemas Marino Costeros. Docente de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional de Piura e investigador en temas socioambientales. Especialista en gestión y desarrollo de proyectos orientados a la sostenibilidad de los ecosistemas marino costeros.

- María Zoraida Ubillus Bravo

Universidad Nacional de Tumbes | Tumbes | Perú
<https://orcid.org/0000-0001-8133-5387>
mubillusb@untumbes.edu.pe
Zoraida219@gmail.com

Ing. Pesquero, Maestra en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental, estudios concluidos en el Doctorado en Planificación Pública y Privada, Docente Auxiliar nombrado, adscrito al departamento de Acuicultura de la Facultad de ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar.

- Oscar Armando Vásquez Ramos

Universidad Nacional de Piura | Piura | Perú

<https://orcid.org/0000-0001-8935-2245>

ovasquezz@unp.edu.pe

Ingeniero pesquero de profesión con Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional de Piura. Actualmente desempeñando el cargo de Decano de la facultad de ingeniería Pesquera, con ardua trayectoria en el sector pesquero y administrativo.

RESUMEN

Esta obra examina con mirada crítica una de las pesquerías artesanales más dinámicas del Pacífico Suroriental: la extracción del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el litoral norte del Perú. A través de un análisis riguroso, el libro desentraña las complejas interacciones entre esta actividad extractiva, la variabilidad oceanográfica, la biodiversidad marina y las comunidades humanas que dependen de ella. Desde las aguas superficiales agitadas por las corrientes hasta los hábitats profundos donde se gestan los desoves, la obra invita a reflexionar sobre los impactos que permanecen invisibles tras el éxito pesquero. Ofrece herramientas concretas para una gestión más sostenible de los recursos marinos compartidos y contribuye al conocimiento necesario para la toma de decisiones en el ámbito pesquero regional y nacional.

Palabras clave:

Calamar gigante; *Dosidicus gigas*; riesgo ecológico; pesca artesanal; ecosistema marino

ABSTRACT

This work critically examines one of the most dynamic artisanal fisheries in the Southeastern Pacific: the extraction of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the northern coast of Peru. Through rigorous analysis, the book unravels the complex interactions between this extractive activity, oceanographic variability, marine biodiversity, and the human communities that depend on it. From surface waters stirred by currents to the deep habitats where spawning occurs, the work invites reflection on the impacts that remain invisible behind fishing success. It offers concrete tools for more sustainable management of shared marine resources and contributes to the knowledge necessary for decision-making in regional and national fisheries management.

Keywords:

jumbo squid; *Dosidicus gigas*; ecological risk; artisanal fishing; marine ecosystem

RESUMO

Esta obra examina com olhar crítico uma das pescarias artesanais mais dinâmicas do Pacífico Sudeste: a extração do lula gigante (*Dosidicus gigas*) no litoral norte do Peru. Por meio de uma análise rigorosa, o livro desvenda as complexas interações entre esta atividade extrativa, a variabilidade oceanográfica, a biodiversidade marinha e as comunidades humanas que dela dependem. Desde as águas superficiais agitadas pelas correntes até os habitats profundos onde ocorrem as desovas, a obra convida à reflexão sobre os impactos que permanecem invisíveis por trás do sucesso pesqueiro. Oferece ferramentas concretas para uma gestão mais sustentável dos recursos marinhos compartilhados e contribui para o conhecimento necessário à tomada de decisões no âmbito da gestão pesqueira regional e nacional.

Palavras-chave:

lula gigante; *Dosidicus gigas*; risco ecológico; pesca artesanal; ecossistema marinho

Anzuelos en la corriente

Ecología, pesca y sostenibilidad del calamar gigante en el norte peruano

CONTENIDO

Aval de revisión por pares	6
Autores	8
Resumen	10
Abstract	11
Resumo	11
Introducción	17
La pesquería del calamar gigante en el norte del Perú. Dimensiones socioeconómicas y desafíos ambientales	17
Importancia socioeconómica y evolución histórica de la pesquería	17
Interacciones ecológicas y dinámica oceanográfica del hábitat del calamar gigante	19
Perspectivas futuras y desafíos para la gestión sostenible	22

01 Capítulo

Fundamentos y perspectivas de la pesquería del calamar gigante en el norte del Perú. Una aproximación a la evaluación de riesgos ecológicos 26

Contextualización de la problemática pesquera en el litoral norperuano	27
Características biológicas y ecológicas del calamar gigante como especie objetivo	29
Marco conceptual y aplicaciones de la evaluación de riesgos ecológicos en pesquerías	31
Referentes internacionales en la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos ecológicos	34
Fundamentos conceptuales y normativos para la evaluación de riesgos ecológicos en pesquerías	37
Fundamentos normativos para la gestión de riesgos ambientales en el Perú	41

02 Capítulo

Riesgos ambientales en el ecosistema marino. Fundamentos conceptuales y evaluación 45

Definición y alcance del riesgo ambiental en contextos marinos	46
Orígenes y fuentes de riesgo en el ecosistema marino costero	48
Impactos específicos de la actividad pesquera sobre el ecosistema marino	51
Metodologías para la evaluación de riesgos ambientales y ecológicos	55

03 Capítulo

Caracterización integral del área de estudio. Oceanografía, pesquería y biodiversidad en el norte del Perú 59

Dinámica oceanográfica y masas de agua en el litoral norperuano 60

Procesos físicos y circulación marina en el norte peruano 62

Surgencias costeras y procesos de productividad primaria 66

La pesca artesanal. Caracterización y dinámica en el norte peruano 68

Áreas de pesca y distribución espacial de los recursos 70

Biodiversidad marina del litoral norperuano 74

04 Capítulo

Desafíos actuales para la sostenibilidad del ecosistema marino en el norte del Perú 79

Variabilidad oceanográfica y cambio climático. Impactos sobre los recursos pesqueros 80

Sobreexplotación pesquera y sus consecuencias sobre los recursos marinos 84

Pérdida de biodiversidad marina y sus implicaciones para el ecosistema 87

05 Capítulo 91

Materiales y métodos. Abordaje metodológico para la evaluación de riesgos ecológicos 91

Recopilación de información y trabajo con grupos de interés 92

Marco metodológico. Enfoques, niveles y modelo conceptual 94

El proceso ERAEP. Participación de grupos de interés y evaluación jerárquica de riesgos 97

06 Capítulo

Resultados y discusión. Evaluación de riesgos ecológicos en la pesquería del calamar gigante 108

Caracterización integral de la pesquería de calamar gigante en el norte del Perú 109

Análisis de escala, intensidad y consecuencia (Nivel 1) 122

Análisis de productividad y susceptibilidad (Nivel 2) 132

Discusión integradora. Variabilidad ambiental, impactos asociados y desafíos de gestión 136

07 Capítulo

<i>Conclusiones y perspectivas de gestión</i>	144
Hallazgos fundamentales de la evaluación de riesgos ecológicos	145
Relaciones entre variabilidad ambiental y dinámica poblacional	146
Perspectivas para la investigación y la gestión sostenible	147

Referencias	149
--------------------	-----

Listado de Tablas

Tabla 1. Fuentes de riesgo ambiental en el ecosistema marino peruano.	50
Tabla 2. Impactos ambientales y ecológicos por efectos de la actividad pesquera.	53
Tabla 3. Puntajes de escala espacial en el análisis SICA	100
Tabla 4. Puntajes de escala temporal en el análisis SICA	100
Tabla 5. Puntajes de intensidad en el análisis SICA	101
Tabla 6. Puntajes de consecuencia en el análisis SICA	101
Tabla 7. Puntajes de confianza en el análisis SICA	102
Nota: Olivares Bernal (2017).	102
Tabla 8. Puntajes de susceptibilidad para especies	103
Tabla 9. Puntajes de susceptibilidad para especies objetivo	104
Tabla 10. Puntajes de susceptibilidad para especies PAE	104
Tabla 11. Puntajes de productividad para especies objetivo y PAE	105
Tabla 12. ERAEP - Características generales de la pesquería	110
Tabla 13. Consecuencias para la especie objetivo en el Nivel 1 SICA	123
Tabla 18. Resumen de puntajes de consecuencia para todas las combinaciones actividad-componente en el Nivel 1 SICA	123
Tabla 19. Resumen de Consecuencias promedio Y>2	128
Tabla 20. Especies PAE (protegidas, amenazadas y en peligro de extinción)	133

Listado de Figuras

Figura 1. Basura acuática recolectada en limpiezas de playas, Perú 1999-2012 52

Figura 2. Masa de aguas superficiales frente al Perú 61

Figura 3. Masas de agua frente a Perú bajo diversas condiciones oceanográficas 62

Figura 4. Esquema de la circulación oceánica superficial y subsuperficial para el Pacífico Tropical Sur Oriental 66

Figura 5. Principales áreas de surgencia en el sistema de la corriente de Humboldt del Perú 67

Figura 6. Desembarques (t) de las principales especies, según lugar 70

Figura 7. Distribución de zonas de pesca artesanal de la pota 1997 - 2014 72

Figura 8. Principales zonas de pesca de la flota industrial de calamar gigante entre 1999 - 2011 73

Figura 9. Números preliminares de las familias, géneros y especies marinas en la costa peruana 76

Figura 10. Esquema jerárquico de los niveles de evaluación de riesgo del ERAEP 98

Figura 11. Especie objetivo: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza 129

Figura 12. Bycatch y byproduct: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza 130

Figura 13. Especies PAE: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza 130

Figura 14. Hábitats: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza 131

Figura 15. Comunidades: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza 131

Figura 16. PSA de especies PAE 136

INTRODUCCIÓN

La pesquería del calamar gigante en el norte del Perú. Dimensiones socioeconómicas y desafíos ambientales

Importancia socioeconómica y evolución histórica de la pesquería

En el litoral norte del Perú, particularmente en las ciudades costeras de la región Piura, la pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*), conocido localmente como pota, ha adquirido una relevancia comparable a la que históricamente ha tenido la merluza en términos de impacto socioeconómico. Este recurso constituye el sustento de miles de familias dedicadas a la pesca artesanal, configurando un entramado productivo que se extiende desde las labores de extracción hasta las actividades de procesamiento y comercialización. La evolución de esta pesquería muestra un cambio significativo en la composición de la flota extractiva: hasta el año 2002, la pesca industrial predominaba en la captura de esta especie, pero a partir de ese periodo se produjo una transición hacia un modelo donde la flota artesanal tomó el liderazgo, superando a la industria en aproximadamente 150,000 toneladas métricas. Esta tendencia se consolidó en 2011, cuando se registró una captura nacional de 350,000 toneladas de pota, de las cuales el 70% fue desembarcado en el puerto de Paita, consolidando a esta localidad como el epicentro de la actividad pesquera vinculada a esta especie. De acuerdo con los datos proporcionados por el Ministerio de la Producción, la cadena productiva asociada a la pota genera empleo para aproximadamente 25,000 personas

anualmente, lo que evidencia su papel fundamental en la dinamización de las economías locales y en la mitigación de la pobreza en zonas costeras tradicionalmente postergadas. Este fenómeno no es exclusivo del Perú, ya que en países como Chile, México y Estados Unidos se han observado desarrollos similares en las pesquerías de calamar gigante, consolidando a esta especie como un recurso de importancia global en las últimas dos décadas.

La magnitud operativa de esta pesquería se refleja en el número de embarcaciones dedicadas a la extracción del recurso. Actualmente, alrededor de 2,500 embarcaciones artesanales se encuentran registradas para la captura de calamar gigante en territorio peruano, constituyendo una flota que opera con diferentes niveles de tecnificación y capacidad de almacenamiento. El análisis de la distribución geográfica de los desembarques correspondientes a 2014 revela una concentración notable de la actividad en la zona norte del país, donde se registró el 91% de la captura nacional. Los principales puertos de desembarque fueron Paita, con un 50.7% del total; Talara, con un 32.9%; Puerto Rico, con un 6.4%; y Máncora, con un 1%. Estas localidades han experimentado un crecimiento demográfico y económico significativo asociado a la bonanza pesquera, con la consecuente transformación de sus estructuras urbanas y sociales. Las técnicas de pesca empleadas presentan una marcada preferencia por el método conocido como pinta, que utiliza anzuelos y representa el 98.32% de las capturas, mientras que las artes de cerco y cortina contribuyen con porcentajes marginales del 0.05% y 1.63% respectivamente. Las áreas de pesca identificadas se concentran en la franja marítima comprendida entre Caleta Cruz y las islas Lobos de Afuera, a menos de 50 millas náuticas de la costa, un corredor que coincide con las principales zonas de desove de la especie. Desde una perspectiva

latitudinal, el 85% de la extracción se realiza entre los 4 y 5 grados de latitud sur, lo que evidencia una alta especialización espacial de la flota artesanal en esta porción del litoral norperuano. Esta concentración espacial plantea interrogantes sobre los posibles efectos locales de la presión pesquera sobre las agregaciones reproductivas del recurso y sobre otros componentes del ecosistema que comparten este mismo hábitat.

Interacciones ecológicas y dinámica oceanográfica del hábitat del calamar gigante

El conocimiento científico disponible sobre las interacciones tróficas del calamar gigante revela relaciones complejas con otras especies comerciales de importancia en el ecosistema marino peruano. Se ha documentado que esta especie presenta conductas de canibalismo, alimentándose de individuos juveniles de su propia población, así como de otras especies como la merluza, los eufaúsidos y la anchoveta. Estas interacciones evidencian el rol del calamar gigante como depredador tope en la red trófica pelágica, con implicaciones potenciales sobre la estructura y dinámica de las poblaciones de sus presas. Estudios realizados en el Golfo de California y en aguas chilenas han demostrado que *Dosidicus gigas* puede consumir hasta el 10% de su peso corporal diario en presas, ejerciendo una presión depredadora significativa sobre los ecosistemas que habita. En el contexto peruano, la alta abundancia de calamar gigante en los últimos años podría estar modificando las interacciones tróficas tradicionales, con efectos cascada que aún no han sido completamente caracterizados. Sin embargo, persisten importantes vacíos de conocimiento respecto a los impactos que las técnicas de pesca empleadas, particular-

mente el método de pinta con anzuelos, podrían generar sobre especies no objetivo, como tortugas marinas, aves marinas, mamíferos marinos y otros organismos de la fauna acompañante. La ausencia de estudios sistemáticos sobre este aspecto representa una limitación significativa para la implementación de medidas de manejo pesquero con enfoque ecosistémico, capaces de mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad marina asociada. Organismos como la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*), que frecuentan las aguas del norte peruano, podrían estar siendo afectadas por el enmallamiento en artes de pesca o por la interacción con los anzuelos utilizados en la pesca de pota, aunque no existen registros sistemáticos que permitan cuantificar la magnitud de estas capturas incidentales.

La pesquería de calamar gigante se desarrolla en un contexto oceanográfico caracterizado por una alta variabilidad ambiental a diferentes escalas temporales, que influye directamente sobre la abundancia, la biomasa, la estructura de edad y los patrones de distribución de los recursos pesqueros. El sistema de corrientes y masas de agua que interactúan frente al litoral norperuano determina condiciones hidrográficas particulares que modulan la productividad primaria y, por ende, la disponibilidad de alimento para las poblaciones de calamar. Las Aguas Costeras Frías (ACF) predominan durante la mayor parte del año hasta la zona comprendida entre Sechura y Paita, aportando nutrientes que sustentan una alta productividad. Durante la temporada de verano, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) extienden su influencia hasta Sechura y Lambayeque, y en el caso de las ATS, hasta Talara, generando condiciones de mayor temperatura y salinidad. Eventos de mayor escala, como el fenómeno El Niño, pueden modificar drásticamente este

patrón, permitiendo que las AES alcancen latitudes tan australes como la zona central del Perú. La alta presencia del recurso pota ha sido asociada con zonas de mezcla entre las Aguas Tropicales Superficiales y las Aguas Costeras Frías (Csirke et al., 2015), lo que sugiere que los frentes oceanográficos constituyen hábitats preferenciales para esta especie. Estos frentes actúan como zonas de convergencia donde se acumula biomasa de presas, creando condiciones óptimas para la alimentación y reproducción del calamar gigante. La variabilidad interanual e interdecadal de estos sistemas oceanográficos determina, por tanto, las fluctuaciones en la disponibilidad del recurso y condiciona el éxito de la pesquería en diferentes años.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), de origen oceánico y alta salinidad, constituyen otro componente relevante del sistema hidrográfico regional, pudiendo aproximarse a la costa en cualquier época del año y ejerciendo una influencia particularmente notable en la zona comprendida entre Talara y Sechura. A estos patrones de circulación se superponen procesos de surgencia o afloramiento costero de aguas frías y ricas en nutrientes, que ocurren a escala estacional y promueven una elevada producción primaria en celdas de afloramiento distribuidas a lo largo de la costa peruana (Morón, 2000). Una de estas celdas se localiza frente a Sechura y Paita, constituyendo un área de alta productividad que sustenta una compleja red trófica. Adicionalmente, procesos de escala interanual como El Niño y la recurrencia de ondas Kelvin en los últimos cinco años introducen perturbaciones adicionales al sistema. La corriente subsuperficial conocida como Extensión Sur de la Corriente de Cromwell, cuya isoterma de 15°C se ubica típicamente a unos 150 metros de profundidad, ejerce una influencia significativa desde Sechura hacia el norte, contribu-

yendo a la configuración de las condiciones térmicas y de circulación en niveles intermedios de la columna de agua. Esta corriente subsuperficial transporta aguas relativamente cálidas y ricas en nutrientes hacia el sur, modulando las condiciones de temperatura y disponibilidad de oxígeno en niveles intermedios, que son críticos para las migraciones verticales diarias que realiza el calamar gigante. Durante el día, la especie se refugia en aguas profundas y frías para evitar depredadores, mientras que asciende a la superficie durante la noche para alimentarse. La profundidad de la isoterma de 15°C define, por tanto, el límite superior del hábitat diurno de la especie y condiciona su disponibilidad para la flota pesquera.

Perspectivas futuras y desafíos para la gestión sostenible

El cambio climático global representa una amenaza adicional para la estabilidad de los ecosistemas marinos, con efectos particularmente pronunciados en el incremento de la temperatura superficial del océano, la acidificación de las aguas y la modificación de los patrones de circulación oceánica. Proyecciones recientes indican que para el año 2030, la zona norte del mar peruano experimentará un aumento en la temperatura superficial costera, con consecuencias potencialmente adversas para la fauna marina que habita en esta región (Gutiérrez et al., 2010). Este escenario de calentamiento podría modificar los patrones de distribución del calamar gigante, así como la disponibilidad de sus presas, introduciendo nuevos elementos de incertidumbre en la gestión de esta pesquería. La comprensión de las respuestas de la especie a las variaciones ambientales se vuelve, por tan-

to, un componente esencial para el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático en el sector pesquero. Estudios realizados en otras regiones han documentado que *Dosidicus gigas* presenta una alta plasticidad fenotípica, con capacidad para ajustar su ciclo de vida, su tasa de crecimiento y su talla máxima en respuesta a condiciones ambientales cambiantes. Esta plasticidad podría conferirle cierta resiliencia frente al calentamiento global, pero también introduce complejidad en la modelización de sus poblaciones y en la predicción de su respuesta a escenarios climáticos futuros.

En lo que respecta a la evaluación del estado de explotación del recurso, desde 1999 las estimaciones de biomasa de calamar gigante en el mar peruano se han basado principalmente en evaluaciones hidroacústicas, complementadas más recientemente con series de tiempo de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) que han sido incorporadas en modelos de producción excedente. Estos métodos de evaluación han arrojado estimaciones compatibles con los altos niveles de captura observados y con una condición de subexplotación del stock (Csirke et al., 2014). No obstante, la aparente sostenibilidad de los niveles actuales de extracción contrasta con el limitado conocimiento disponible sobre los impactos ecológicos más amplios de esta pesquería. Preguntas fundamentales permanecen sin respuesta respecto a los efectos de la actividad extractiva sobre la integridad del ecosistema, la fauna acompañante, las especies amenazadas o en peligro de extinción, y los hábitats críticos para la reproducción y alimentación de múltiples organismos marinos. La pesca con anzuelos, aunque selectiva en comparación con otras artes de pesca, no está exenta de impactos, ya que los anzuelos perdidos o descartados pueden continuar pescando de manera incidental (pesca fantasma) durante

largos periodos, afectando a organismos no objetivo. Además, la operación de la flota genera residuos sólidos, emisiones de carbono y ruido submarino, cuyos efectos acumulativos sobre el ecosistema no han sido evaluados. Esta brecha de conocimiento justifica plenamente la realización de investigaciones orientadas a evaluar los riesgos ecológicos asociados a la pesquería del calamar gigante, cuyos resultados puedan servir como insumo técnico para la toma de decisiones por parte de las entidades gestoras de la pesca a nivel regional y nacional, como el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), así como para los actores involucrados en esta actividad, incluyendo a los pescadores artesanales y a las empresas exportadoras del recurso. La implementación de un enfoque ecosistémico para la gestión pesquera requerirá, entre otros aspectos, el establecimiento de sistemas de monitoreo de capturas incidentales, la zonificación de áreas de pesca para proteger zonas de desove y reclutamiento, y el desarrollo de capacidades entre los pescadores para adoptar prácticas más sostenibles. La participación activa de los propios pescadores en el diseño e implementación de estas medidas resulta fundamental para su efectividad, ya que son ellos quienes poseen el conocimiento empírico más detallado sobre el comportamiento del recurso y la dinámica del ecosistema. En un contexto de creciente demanda internacional de productos pesqueros sostenibles, la adopción de estándares ambientales y sociales por parte de la flota artesanal de pota podría abrir nuevas oportunidades de mercado y generar beneficios económicos adicionales para las comunidades costeras del norte peruano.

01 Capítulo

***FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS DE LA
PESQUERÍA DEL CALAMAR GIGANTE EN EL
NORTE DEL PERÚ. UNA APROXIMACIÓN A LA
EVALUACIÓN DE RIESGOS ECOLÓGICOS***

Contextualización de la problemática pesquera en el litoral norperuano

La actividad pesquera en el Perú ha mantenido históricamente una estructura productiva sustentada en los recursos marinos pelágicos, destacando de manera preponderante la anchoveta (*Engraulis ringens*) como el principal componente de los desembarques nacionales, seguido por especies como el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus*). No obstante, en el transcurso de la última década se ha evidenciado un incremento sustancial en las capturas de recursos que hasta hace algunos años ocupaban un lugar secundario en las estadísticas pesqueras nacionales. Entre estos recursos emergentes, el calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*) y el dorado o perico (*Coryphaena hippurus*) han cobrado una relevancia particular, configurando nuevas dinámicas extractivas que han transformado tanto la estructura de la flota como los patrones de comercialización y exportación. Este fenómeno de diversificación de las capturas responde a múltiples factores, entre los que se incluyen las fluctuaciones oceanográficas asociadas a eventos El Niño, la variabilidad en la abundancia de las especies tradicionales, y el desarrollo de mercados internacionales con alta demanda de productos como el calamar gigante congelado. La creciente importancia de estos recursos ha generado la necesidad de desarrollar conocimientos específicos sobre su biología, ecología y dinámica poblacional, así como sobre los impactos asociados a su explotación.

En este contexto, la pesca artesanal se erige como una de las actividades socioeconómicas de mayor trascendencia para las comunidades costeras del Perú, cumpliendo un doble propósito de carácter social. En primer lugar, constituye una fuente funda-

mental de empleo e ingresos para miles de familias, contribuyendo de manera significativa a la mitigación de la pobreza en zonas donde las alternativas laborales son limitadas. En segundo lugar, provee una oferta alimentaria de alta calidad proteica para el consumo humano directo, abasteciendo los mercados locales y nacionales con productos frescos provenientes de sus desembarques. La cadena de valor de la pesca artesanal abarca desde las actividades extractivas propiamente dichas hasta los procesos de comercialización primaria, transformación y, en el caso de recursos como la pota, la exportación bajo la modalidad de productos congelados. Esta integración vertical ha permitido que los beneficios económicos de la pesquería se distribuyan a lo largo de la cadena, aunque con desigualdades significativas entre los distintos eslabones. La magnitud de esta actividad se refleja en el número de pescadores involucrados, en la cantidad de embarcaciones que componen la flota artesanal y en el volumen de productos que anualmente ingresan a los circuitos de comercialización nacional e internacional.

La zona norte del Perú, con especial énfasis en la región Piura, concentra una diversidad de pesquerías artesanales que explotan recursos con diferentes características ecológicas y requerimientos de manejo. En la Bahía de Sechura se desarrolla una importante actividad extractiva de invertebrados bentónicos, destacando la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), que constituye uno de los principales productos de exportación del sector acuícola y pesquero regional. En la columna de agua y en la plataforma continental se capturan peces pelágicos como la anchoveta y el perico, así como especies bentodemersales como la merluza (*Merluccius gayi peruanus*). El calamar gigante, por su parte, es extraído por pescadores artesanales que operan desde

diversos puertos y caletas de la región, incluyendo Bayovar, Paita, Talara, El Ñuro, Los Órganos y Máncora. Esta multiplicidad de recursos y de áreas de pesca genera una compleja trama de interacciones socioeconómicas y ecológicas que requiere de una gestión integrada y con enfoque ecosistémico, capaz de armonizar los objetivos de desarrollo económico con la conservación de la biodiversidad marina y la sostenibilidad de los recursos a largo plazo.

Características biológicas y ecológicas del calamar gigante como especie objetivo

El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se distribuye a lo largo de la costa peruana en un amplio rango batimétrico y geográfico, con presencia confirmada desde las 10 millas náuticas hasta distancias superiores a las 500 millas desde la línea de costa. Esta especie presenta un comportamiento migratorio complejo caracterizado por movimientos verticales diarios de gran amplitud, que pueden abarcar desde la superficie hasta profundidades superiores a los 650 metros. Durante el día, los individuos tienden a concentrarse en aguas profundas y frías, probablemente como estrategia para evitar depredadores y optimizar su eficiencia metabólica, mientras que durante la noche ascienden hacia capas superficiales para alimentarse, siguiendo las migraciones verticales de sus presas. En menor medida, el calamar gigante realiza migraciones latitudinales que pueden abarcar varios cientos de millas, desplazándose a lo largo del margen continental en respuesta a cambios en la disponibilidad de alimento o a variaciones en las condiciones ambientales. Un aspecto de particular interés es la predominancia de los ejemplares de mayor talla en la zona nerítica, es decir, sobre la plataforma continental, donde las con-

diciones oceanográficas y la mayor disponibilidad de presas favorecen su crecimiento y maduración.

Como depredador tope en la red trófica pelágica, el calamar gigante exhibe un comportamiento alimentario altamente agresivo y oportunista, con un espectro trófico amplio que incluye diversas presas de origen animal. La disponibilidad de alimento constituye un factor determinante en su distribución geográfica, ejerciendo una influencia que puede superar a la de parámetros ambientales como la temperatura o la salinidad. Los análisis de contenido estomacal revelan que la dieta de *Dosidicus gigas* está compuesta principalmente por cefalópodos, que representan el 26.4% en peso de los alimentos consumidos, seguidos por peces mesopelágicos como *Vinciguerria* (24.4%) y miembros de la familia *Myctophidae* (18.3%). Esta preferencia por presas de origen mesopelágico refleja la capacidad de la especie para explotar recursos asociados a la capa de dispersión profunda, así como su rol como conector entre los ecosistemas de aguas superficiales y profundas. La plasticidad trófica del calamar gigante, evidenciada por su capacidad para ajustar su dieta en función de la disponibilidad de presas, le confiere una notable capacidad de adaptación a condiciones ambientales cambiantes, lo que podría explicar su éxito poblacional en diferentes contextos oceanográficos.

El desarrollo histórico de la pesquería de calamar gigante en el Perú presenta una trayectoria marcada por cambios significativos en la composición de la flota extractiva y en los volúmenes de captura. A inicios de la década de 1990, la extracción de esta especie estuvo dominada por una flota industrial extranjera que operaba bajo licencia en aguas jurisdiccionales peruanas, en paralelo con una incipiente pesquería artesanal local. Con el transcurso del tiempo, la flota artesanal fue incrementando su parti-

cipación en las capturas hasta convertirse en el actor principal de esta pesquería. Los volúmenes de extracción alcanzaron cifras notables en la primera década del siglo XXI, con 559,000 toneladas registradas en 2008 y 506,000 toneladas en 2014, todas ellas obtenidas exclusivamente por la flota artesanal local. La magnitud de estas cifras posiciona a la pesquería de pota como una de las más importantes del país en términos de volumen desembarcado, solo superada por la anchoveta destinada a la industria de harina y aceite de pescado. La relevancia socioeconómica de esta actividad trasciende los aspectos productivos, ya que la cadena de valor asociada genera empleo directo e indirecto para decenas de miles de personas, desde los pescadores embarcados hasta los trabajadores de plantas de procesamiento y los operadores logísticos y comerciales.

Marco conceptual y aplicaciones de la evaluación de riesgos ecológicos en pesquerías

En el ámbito de la gestión pesquera internacional, el estudio de los riesgos ecológicos derivados de las actividades extractivas ha adquirido una relevancia creciente durante las últimas dos décadas, configurándose como un enfoque complementario a las evaluaciones tradicionales basadas exclusivamente en el estado de los stocks objetivo. La preocupación por los impactos de la pesca sobre los ecosistemas marinos se ha intensificado ante la evidencia de la disminución de numerosas pesquerías a nivel global debido a la sobrepesca, así como por los efectos adversos de las artes de pesca sobre hábitats sensibles, especies amenazadas y la estructura de las comunidades ecológicas. La adopción del enfoque ecosistémico para la gestión pesquera, promovido

por organizaciones internacionales como la FAO, ha impulsado el desarrollo de metodologías que permiten identificar, caracterizar y priorizar los riesgos asociados a las diferentes actividades pesqueras. Entre estas metodologías, la evaluación de riesgos ecológicos por efectos de la pesca (ERAEP) se ha consolidado como una herramienta particularmente útil para la toma de decisiones en contextos de incertidumbre y limitación de información.

En el Perú, las investigaciones orientadas a la evaluación de riesgos ecológicos asociados a las pesquerías son todavía incipientes, aunque se ha observado un creciente interés en la aplicación de estas metodologías desde finales de la década del 2000. Un hito importante en este proceso fue el desarrollo, en el año 2010, de una evaluación de riesgo ecológico para la pesquería de anchoveta del stock norte-centro, llevada a cabo por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) mediante un taller participativo que convocó a 29 representantes de los diferentes usuarios y grupos de interés involucrados en esta pesquería. Este taller, cuyos resultados fueron publicados por Wosnitza Mendo et al. (2010), abordó la evaluación desde tres dimensiones complementarias: el bienestar ecológico, el bienestar humano y la capacidad de logro. Mediante un proceso estructurado de identificación y priorización de problemas, se clasificaron los riesgos asociados a la pesquería considerando el nivel de impacto potencial y la probabilidad de ocurrencia. Un hallazgo relevante de este ejercicio fue la identificación de 99 problemas de riesgo, de los cuales más de dos tercios fueron clasificados por consenso como de nivel alto o extremo, evidenciando la complejidad de los desafíos que enfrenta la gestión de esta pesquería.

Posteriormente, en el marco del Proyecto GEF PNUD HUMBOLDT, se desarrollaron durante el año 2012 talleres de evaluación de riesgo ecológico en tres sitios piloto ubicados en diferentes

latitudes del litoral peruano: la Isla Lobos de Tierra (Lambayeque), las Islas Ballestas (Pisco) y Punta San Juan de Marcona (Proyecto GEF PNUD Humboldt, 2012). Cada uno de estos talleres se orientó a evaluar los riesgos asociados a pesquerías específicas que operan en cada localidad. En el caso de la Isla Lobos de Tierra, la evaluación se centró en los recursos bentónicos extraídos por comunidades de pescadores artesanales de la Región Lambayeque y de la Bahía de Sechura, identificando como especies objetivo prioritarias a la concha de abanico, la concha fina, el pulpo y el percebe. En las Islas Ballestas, el foco de la evaluación fue la pesquería artesanal de anchoveta orientada al consumo humano directo, que opera desde el puerto de San Andrés (Pisco). En Punta San Juan, finalmente, la evaluación se orientó nuevamente a recursos bentónicos explotados por pescadores artesanales del Distrito de Marcona, entre los que destacan el chanque, la lapa, el pepino de mar, el erizo y el pulpo. Este ejercicio de evaluación participativa demostró la utilidad de la metodología ERAEP para incorporar el conocimiento empírico de los pescadores en el análisis de riesgos, así como para identificar prioridades de investigación y gestión en diferentes contextos pesqueros.

La aplicación de la metodología ERAEP continuó en años posteriores, con un nuevo taller realizado en 2014 en Lambayeque, enfocado esta vez en la pesquería artesanal de peces asociada a la Isla Lobos de Tierra. Más recientemente, en mayo y junio de 2016, se llevó a cabo en la sede regional de Ilo del IMARPE un taller orientado a evaluar el riesgo ecológico asociado al recurso chanque (*Concholepas concholepas*), una especie de alto valor comercial que sustenta importantes pesquerías en el sur del país (J. Macalupú, comunicación personal). A pesar de estos avances, la información disponible sobre evaluaciones de riesgo ecológico en

el Perú sigue siendo limitada en comparación con la generada en otras regiones del mundo, lo que evidencia la necesidad de continuar fortaleciendo las capacidades institucionales y de investigación en este campo.

Referentes internacionales en la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos ecológicos

La experiencia internacional en la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos ecológicos asociados a la pesca es considerablemente más extensa que la desarrollada en el Perú, destacando particularmente los trabajos realizados en Australia, donde estas herramientas han sido incorporadas de manera sistemática en los procesos de gestión pesquera. Hobday et al. (2004), desarrollaron una evaluación de riesgo ecológico para la pesquería de atún y peces picudos del este de Australia, aplicando una metodología que combinaba análisis de niveles progresivos con la participación de los grupos de interés en reuniones presenciales y consultas electrónicas. Para esta pesquería, se identificaron cinco subpesquerías con diferentes artes de pesca: palangre pelágico, red de cerco, caña, línea menor y chinchorro. El análisis se centró en la subpesquería de palangre, considerada como la de mayor potencial impacto sobre los ecosistemas, mientras que las restantes fueron evaluadas con un nivel de detalle menor. Este enfoque diferencial permitió concentrar los recursos analíticos en las actividades con mayor riesgo, optimizando así el proceso de evaluación.

En el contexto de la pesquería de la isla Macquarie, ubicada al sur entre Australia y Nueva Zelanda, Daley et al. (2007), desa-

rrollaron una evaluación de riesgo ecológico centrada en la subpesquería demersal de arrastre. Un hallazgo relevante de este estudio fue la identificación de las interacciones con aves marinas como el principal riesgo ecológico asociado a la pesca de arrastre de merluza negra, especialmente debido a la particular vulnerabilidad de las poblaciones de albatros errante que habitan en la isla. Otro tema de preocupación identificado en esta evaluación fue el impacto de las redes de arrastre sobre los tiburones durmientes y los invertebrados bentónicos, cuyas poblaciones podrían estar siendo afectadas por la actividad extractiva. Este estudio ilustra la capacidad de la metodología ERAEP para identificar riesgos no solo sobre las especies objetivo, sino también sobre componentes del ecosistema que no son directamente explotados comercialmente.

Furlani et al. (2007), aplicaron la metodología ERAEP a la subpesquería sur del calamar gigante en aguas australianas, un caso de particular relevancia por su similitud con la pesquería de pota en el Perú. En este análisis, los autores identificaron tres problemas clave asociados a riesgos externos que escapaban al control directo de la gestión pesquera: la interacción con otras pesquerías de la región que afectan a especies amenazadas y sus comunidades asociadas; los impactos de actividades extractivas sobre los componentes del hábitat; y los efectos de actividades no extractivas sobre el hábitat. Un hallazgo significativo de este estudio fue que, para la subpesquería sur del calamar gigante, la evaluación concluyó en el nivel 1, sin que se identificaran riesgos suficientes para requerir un análisis de nivel 2. Este resultado sugiere que, al menos en el contexto australiano, la pesquería de calamar gigante con anzuelos presenta un perfil de riesgo relativamente bajo en comparación con otras actividades pesqueras,

aunque esta conclusión debe ser contextualizada en función de las particularidades ecológicas y operativas de cada región.

En el ámbito del Atlántico, Cortés et al. (2009), aplicaron la evaluación de riesgos ecológicos a once especies de elasmobranchios pelágicos, incluyendo diez especies de tiburones y una raya, con el objetivo de evaluar su vulnerabilidad frente a la pesquería de palangre pelágico. Los resultados de este estudio indicaron que la mayoría de estas especies presentan una baja productividad intrínseca, combinada con diferentes niveles de susceptibilidad a las artes de pesca, lo que las sitúa en una situación de riesgo elevado. Particularmente vulnerables resultaron el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), el marrajo (*Isurus oxyrinchus*) y el zorro ojón (*Alopias superciliosus*), cuyas poblaciones se agruparon cerca de la zona de alto riesgo en la trama de productividad susceptibilidad. Este estudio ejemplifica la utilidad de la metodología ERAEP para evaluar especies no objetivo que, aunque no son el foco de las pesquerías, pueden experimentar impactos significativos como resultado de las capturas incidentales.

La revisión de estos antecedentes internacionales permite constatar que la aplicación de metodologías de evaluación de riesgos ecológicos ha sido predominantemente impulsada por investigadores australianos, seguidos en menor medida por norteamericanos y europeos. En el contexto sudamericano, el Perú se posiciona como uno de los países pioneros en la adopción progresiva de estas herramientas, especialmente a través de las actividades impulsadas por el Proyecto PNUD GEF Humboldt, en el cual el Instituto del Mar del Perú ha tenido una participación protagónica. Esta tendencia hacia la incorporación de enfoques de riesgo en la gestión pesquera es altamente positiva, ya que permite orientar los esfuerzos de investigación y manejo hacia

los aspectos más críticos desde la perspectiva ecológica. Sin embargo, persisten importantes vacíos de información que limitan la aplicación plena de estas metodologías, particularmente en lo que respecta a la caracterización de las interacciones entre las pesquerías y las especies protegidas, amenazadas o en peligro de extinción, así como a la evaluación de los impactos sobre hábitats sensibles y sobre la estructura de las comunidades ecológicas. La continuidad y profundización de estos estudios es fundamental para apoyar la planeación de estrategias de mejora en el conocimiento, protección y conservación de los recursos pesqueros en el marco de una gestión sostenible con enfoque ecosistémico.

Fundamentos conceptuales y normativos para la evaluación de riesgos ecológicos en pesquerías

Estructura jerárquica de la metodología ERAEP

La metodología conocida como ERAEP, acrónimo de Evaluación de Riesgos Ecológicos por Efectos de la Pesca, constituye una herramienta analítica de amplio reconocimiento internacional cuyo desarrollo ha sido producto de la colaboración entre la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) de Investigación Marina y Atmosférica y la Autoridad Australiana de Administración Pesquera. Esta metodología, cuya versión 9.2 representa el estado actual de su evolución, proporciona un marco jerárquico estructurado que permite llevar a cabo una evaluación exhaustiva y sistemática de los riesgos ecológicos derivados de las actividades pesqueras. El enfoque metodológico se organiza en torno a cinco componentes ecológicos fundamentales que abarcan la totalidad de los elementos susceptibles de

ser afectados por la extracción pesquera: las especies objetivo, que constituyen el blanco directo de la actividad extractiva; las especies subproducto de la captura secundaria, que son retenidas comercialmente aunque no constituyen el objetivo principal; las especies amenazadas, en peligro de extinción y protegidas, conocidas como especies PAE, que requieren una atención especial debido a su vulnerabilidad; los hábitats, entendidos como los espacios físicos que sustentan las comunidades biológicas; y las comunidades ecológicas, que representan el conjunto de interacciones bióticas que configuran la estructura del ecosistema. Esta estructura pentapartita permite abordar de manera integral los múltiples aspectos involucrados en la sostenibilidad de las pesquerías, superando los enfoques tradicionales centrados exclusivamente en las poblaciones de las especies objetivo.

La aplicación práctica de los métodos ERAEP a una pesquería determinada se concibe como un proceso secuencial de selección o filtrado, mediante el cual se avanza progresivamente hacia una evaluación cuantitativa del riesgo ecológico para los diferentes componentes del ambiente marino. Este proceso se estructura en niveles jerárquicos que parten de una premisa precautoria: al inicio del procedimiento, se asume que todos los componentes ecológicos se encuentran en situación de alto riesgo, y los sucesivos pasos metodológicos tienen como función identificar aquellos elementos que pueden ser descartados por presentar niveles de preocupación insignificantes. La etapa inicial, denominada alcance, tiene como propósito filtrar aquellas actividades pesqueras que no ocurren efectivamente en la pesquería bajo análisis, eliminando así componentes que no son relevantes para el contexto específico de evaluación. El Nivel I constituye un tamiz más detallado que permite identificar las actividades que, aunque

presentes en la pesquería, pueden considerarse como de bajo impacto sobre los componentes ecológicos, y en algunos casos puede llevar al filtrado de componentes ecológicos completos cuando la evidencia disponible así lo justifica. Este enfoque escalonado permite optimizar los recursos analíticos, concentrando los esfuerzos de evaluación detallada en aquellos aspectos que efectivamente representan un riesgo significativo para la integridad del ecosistema marino.

El Nivel 2 del proceso ERAEP representa una fase de priorización más refinada, orientada a la identificación de especies individuales, hábitats y comunidades que se encuentran en situación de riesgo como consecuencia de los impactos directos de la actividad pesquera. A diferencia de los niveles previos, que trabajan con categorías amplias de componentes ecológicos, el Nivel 2 se focaliza en elementos específicos que requieren una atención prioritaria. Los métodos empleados en este nivel no pretenden proporcionar medidas absolutas de riesgo, sino que combinan información sobre dos dimensiones fundamentales: la productividad de las especies o la resiliencia de los hábitats, por un lado, y la exposición o susceptibilidad a los efectos de la pesca, por otro. La integración de estas dos dimensiones permite generar una evaluación relativa del riesgo potencial, entendido como la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre los componentes evaluados. Una característica distintiva de este nivel es su enfoque preventivo frente a la incertidumbre, que deliberadamente privilegia la identificación de falsos positivos (componentes señalados como riesgosos cuando en realidad no lo son) sobre la ocurrencia de falsos negativos (componentes que presentan riesgo pero no son identificados como tales). Esta asimetría en el manejo de la incertidumbre refleja el principio precautorio que subyace a la me-

todoología, reconociendo que las consecuencias de no identificar un riesgo real son potencialmente más graves que las de invertir esfuerzos adicionales en evaluar un riesgo que posteriormente se demuestra inexistente.

Es importante señalar que la lista de especies de alto riesgo o hábitats identificados en el Nivel 2 no debe interpretarse como un diagnóstico concluyente de que todos ellos se encuentran efectivamente en una situación de alto riesgo derivada de la pesca. Por el contrario, este nivel de evaluación debe entenderse como un proceso de selección destinado a identificar aquellos componentes que requieren una investigación más detallada para determinar con mayor precisión su situación real. Algunos de los componentes identificados en esta fase pueden requerir solo un esfuerzo adicional modesto de investigación para ser reclasificados como falsos positivos, es decir, para demostrar que su riesgo es menor de lo inicialmente estimado. Para otros componentes, los gestores pesqueros y la industria pueden decidir, con base en la información disponible en el Nivel 2, implementar medidas de manejo preventivas sin esperar a contar con evaluaciones más detalladas. Finalmente, aquellos componentes para los cuales persiste una incertidumbre significativa después del Nivel 2, y que se considera que potencialmente enfrentan riesgos sustanciales, pueden requerir un análisis más profundo utilizando métodos de Nivel 3, cuyo propósito es evaluar niveles absolutos de riesgo mediante aproximaciones cuantitativas más sofisticadas que incorporan modelización de poblaciones, análisis de sensibilidad y escenarios de manejo alternativos.

Fundamentos normativos para la gestión de riesgos ambientales en el Perú

En el contexto normativo peruano, el Ministerio del Ambiente se erige como la Autoridad Ambiental Nacional, constituyéndose en el ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Este organismo tiene como función principal generar y promover el uso de instrumentos operativos diseñados, normados y aplicados para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental, la cual fue aprobada mediante Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. El Ministerio del Ambiente ha venido abordando de manera sistemática la problemática ambiental nacional a través de dos líneas de acción complementarias: la elaboración y aprobación de normas que establecen los marcos regulatorios para la protección del ambiente, y la promoción de proyectos orientados a mejorar la calidad ambiental del país. Esta estructura institucional reconoce la importancia de contar con herramientas técnicas que permitan a las autoridades ambientales de los diferentes niveles de gobierno realizar evaluaciones rigurosas de los riesgos asociados a las actividades humanas, incluyendo aquellas de origen pesquero que constituyen el objeto de análisis del presente estudio.

Como parte de estos esfuerzos, el Ministerio del Ambiente elaboró en 2010 una guía metodológica concebida como herramienta de apoyo para la Gestión Ambiental, puesta a disposición de las autoridades de los gobiernos regionales para que los profesionales a cargo de las Gerencias de Recursos Naturales y Medio Ambiente, o sus equivalentes en las diferentes regiones, puedan desarrollar evaluaciones ambientales con un marco metodológico común. Esta guía tiene como finalidad última determinar los

niveles de riesgos en un área geográfica determinada, basándose en indicadores y criterios de evaluación estandarizados que permiten comparar situaciones diversas y priorizar intervenciones. La guía proporciona un marco conceptual que armoniza la terminología nacional e internacional, estableciendo nociones básicas en temas ambientales que facilitan la comunicación entre los diferentes actores involucrados en los procesos de evaluación y gestión. Este esfuerzo de estandarización conceptual resulta particularmente relevante en un contexto donde coexisten diferentes tradiciones disciplinarias y enfoques metodológicos, y donde la claridad terminológica es condición necesaria para una toma de decisiones informada.

La estructura metodológica propuesta por la guía del Ministerio del Ambiente establece un proceso secuencial que se inicia con una evaluación preliminar, orientada al estudio y análisis de un problema o situación emergente que requiere atención. Esta fase inicial implica la identificación de escenarios del entorno a evaluar, considerando tres dimensiones fundamentales que deben ser abordadas de manera integrada: el entorno humano, que incluye los aspectos relacionados con la salud y el bienestar de las poblaciones; el entorno ecológico, que abarca los componentes del ambiente natural susceptibles de ser afectados; y el entorno socioeconómico, que considera las estructuras productivas, las dinámicas de empleo y los medios de vida de las comunidades involucradas. La estimación de los niveles de riesgo en cada una de estas tres dimensiones constituye el producto central de la evaluación, y requiere la integración de información proveniente de diferentes fuentes, incluyendo datos de monitoreo ambiental, análisis de balances de masa y energía, y evaluaciones del grado de vulnerabilidad de las poblaciones frente a eventos de origen

antrópico o natural. La guía establece que la recopilación de datos de campo debe ser orientada a estudiar, analizar, comparar y enmarcar los hallazgos dentro de los rangos o parámetros establecidos por la normatividad nacional o internacional, asegurando así que las evaluaciones se basen en estándares reconocidos. La estimación del riesgo ambiental se realiza a través de un sistema de matrices que permiten integrar la información de manera estructurada, generando cuadros resumen en los que se identifica el nivel de riesgo en una escala que va desde la ausencia de riesgo hasta el riesgo alto. Esta aproximación metodológica, alineada con los principios del enfoque ecosistémico y con los estándares internacionales de evaluación de riesgos, constituye un instrumento de orientación para los especialistas y evaluadores de los gobiernos regionales, con el propósito de uniformizar lineamientos y criterios para la estimación del riesgo durante las evaluaciones ambientales. En el contexto actual, las evaluaciones de riesgo ambiental se han consolidado como una necesidad técnica de primer orden, requerida por las autoridades nacionales para estimar los posibles daños ambientales que pudieran generarse por diversos factores de origen antrópico y natural, permitiendo así la implementación de medidas preventivas y correctivas oportunas.

02 Capítulo

***RIESGOS AMBIENTALES EN EL ECOSISTEMA
MARINO. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y
EVALUACIÓN***

Definición y alcance del riesgo ambiental en contextos marinos

El concepto de riesgo ambiental se refiere a la probabilidad de que ocurra un daño o catástrofe en el medio ambiente como consecuencia de un fenómeno natural o de una acción de origen humano. Esta noción constituye un campo particular dentro del más amplio espectro de los riesgos, los cuales pueden ser objeto de evaluación y prevención mediante metodologías específicas que permiten identificar, caracterizar y cuantificar las amenazas potenciales. En términos más precisos, desde la perspectiva de la gestión ambiental, el riesgo ambiental se define como la probabilidad de que un peligro, ya sea de origen natural o antropogénico, afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad en un lugar y tiempo determinados (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010). Esta definición incorpora dos dimensiones fundamentales: la probabilidad de ocurrencia del evento adverso y la magnitud de sus consecuencias sobre los componentes del ecosistema. La evaluación del riesgo ambiental, por su parte, constituye un proceso sistemático mediante el cual se determina si existe una amenaza potencial que comprometa la calidad de los recursos naturales básicos, como el agua, el aire o el suelo, poniendo en peligro la salud humana como consecuencia de la exposición a sustancias tóxicas presentes en un sitio determinado. Este proceso incluye la identificación de compuestos tóxicos provenientes de actividades industriales, fuentes de contaminación difusas o puntuales, y define un rango o magnitud para el riesgo que permite priorizar intervenciones y asignar recursos de manera eficiente.

En el ámbito nacional, la Guía para la Evaluación de Riesgos Ambientales elaborada por el MINAM (2010), establece un marco

metodológico que utiliza datos de campo para estudiar, analizar, comparar y enmarcar los hallazgos dentro de los rangos o parámetros establecidos por la normatividad nacional e internacional. Este enfoque conduce a la estimación del riesgo ambiental mediante un sistema de matrices que aborda tres entornos interdependientes: el entorno humano, que considera los impactos sobre la salud y el bienestar de las poblaciones; el entorno ambiental o ecológico, que evalúa los efectos sobre los ecosistemas y su biodiversidad; y el entorno socioeconómico, que analiza las consecuencias sobre las estructuras productivas, el empleo y los medios de vida de las comunidades. El resultado de este proceso se sintetiza en un cuadro resumen que identifica el nivel de riesgo en una escala ordinal que va desde la ausencia de riesgo hasta el riesgo alto, proporcionando así una base técnica para la toma de decisiones. Sin embargo, es importante señalar que esta aproximación metodológica ha sido desarrollada predominantemente para ecosistemas terrestres, y no existe una guía o técnica de evaluación nacional específicamente diseñada para determinar los riesgos ambientales en el contexto ecológico marino derivados de la pesca de especies determinadas. En el caso particular de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en la zona norte del Perú, este vacío metodológico adquiere especial relevancia debido a la magnitud de la pesquería y a la necesidad de contar con herramientas de evaluación adecuadas para su gestión sostenible. Este vacío es subsanado mediante la aplicación de la técnica ERAEP (Evaluación de Riesgos Ecológicos por Efectos de la Pesca), la cual se fundamenta en cinco componentes ecológicos establecidos con base en estándares internacionales: las especies objetivo, que constituyen el blanco directo de la actividad extractiva; las especies de captura incidental o descarte, que son devueltas al mar; las especies protegidas, amenazadas y en peligro de extinción (es-

pecies PAE); los hábitats que sustentan las comunidades biológicas; y las comunidades ecológicas en su conjunto, considerando las interacciones tróficas y la estructura del ecosistema.

Orígenes y fuentes de riesgo en el ecosistema marino costero

La diversificación de las actividades antropogénicas en la costa peruana ha generado un proceso de deterioro ambiental cuyas manifestaciones se hacen cada vez más evidentes, lo que conlleva a la gestión ambiental y a la mitigación de la contaminación una importancia creciente en la agenda de las políticas públicas. Las fuentes que, de manera directa o indirecta, afectan la calidad del ecosistema marino costero son múltiples y diversas, abarcando desde aportes atmosféricos que transportan contaminantes desde fuentes terrestres distantes, hasta descargas de origen terrestre provenientes de actividades industriales, agrícolas y urbanas, así como fuentes marítimas asociadas al transporte naval y a las operaciones pesqueras. Entre las actividades económicas que se desarrollan en la zona costera y que ejercen presión sobre el ecosistema marino se encuentran las pesqueras, acuícolas, petroleras, mineras metálicas y no metálicas, metalúrgicas, agrícolas, energéticas, turísticas y recreativas, comerciales, industriales manufactureras, de transporte marítimo y de urbanización costera. Esta multiplicidad de actividades, cada una con sus propias características operativas y perfiles de impacto, genera una compleja trama de presiones ambientales cuyos efectos sinérgicos y acumulativos son aún insuficientemente comprendidos.

A lo largo del litoral peruano, ciudades costeras como Chimbote, Callao, Paita, Supe, Pisco, Talara e Ilo han sido identificadas como centros potenciales de contaminación debido a la concentración de actividades productivas en estas localidades y al crecimiento acelerado de sus poblaciones (Cabrera et al., 2005). Estos autores señalan que la diversidad industrial, la producción pesquera, el desarrollo urbanístico, el transporte marítimo de diferentes calados y las diversas fuentes de contaminación convergen e interactúan de manera compleja en la zona marino costera, generando impactos de diversa naturaleza que afectan tanto la calidad ambiental como la sostenibilidad de los recursos pesqueros. Es importante distinguir entre los riesgos de origen natural y aquellos de origen antropogénico, ya que esta diferenciación tiene implicaciones significativas para las estrategias de manejo y mitigación. Entre los riesgos naturales que afectan el ecosistema marino peruano se encuentran fenómenos como El Niño, las ondas Kelvin, La Niña, los tsunamis y las mareas rojas o proliferaciones algales nocivas, los cuales pueden alterar drásticamente las condiciones oceanográficas y afectar la abundancia y distribución de los recursos pesqueros. Por su parte, los riesgos de origen antropogénico incluyen diversas formas de contaminación marina, tales como derrames de petróleo, acumulación de materiales plásticos, descarga de efluentes domésticos sin tratamiento adecuado, operación de emisarios submarinos; así como efectos derivados del cambio climático global, entre los que se cuentan la elevación del nivel del mar, la erosión costera y la pérdida de biodiversidad; además de la depredación y sobreexplotación de los recursos marinos. La Tabla 1 presenta un listado sistemático de las diversas causas o fuentes de riesgo ambiental que pueden ocurrir en el ambiente marino peruano, proporcionando un marco de referencia

para la identificación y priorización de los problemas ambientales en el sector costero.

Tabla 1. Fuentes de riesgo ambiental en el ecosistema marino peruano.

RESIDUOS LÍQUIDOS PROVENIENTES DE BUQUES	Aguas Sucias y Mezclas Oleosas
	Agua de Lastre
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y EFLUENTES	Aguas Residuales Domésticas
	Efluentes de la Actividad Pesquera
EMISIONES DE LA ACTIVIDAD PESQUERA	
METALES PESADOS	Metales Pesados en Traza en el Ambiente Marino
	Evaluaciones Toxicológicas en Organismos Marinos
CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPs)	Evaluaciones de Residuos de COPs en Áreas Costeras
RESIDUOS SÓLIDOS	Basura Marina
	Residuos de la Industria de Construcción y Demolición
HIDROCARBUROS	Derrames de Hidrocarburos
	Hidrocarburos en Agua de Mar Superficial
ALTERACIÓN FÍSICA Y DESTRUCCIÓN DEL HABITAT	Construcciones
	Pesca de arrastre
CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MARINA	

Nota: Olivares Bernal (2017).

Como se observa en la tabla anterior, la mayoría de los riesgos ambientales y problemas de contaminación que afectan al mar peruano están relacionados con los residuos líquidos prove-

nientes de los buques, incluyendo aguas sucias, mezclas oleosas y agua de lastre; con las aguas residuales domésticas y los efluentes industriales, particularmente aquellos generados por la actividad pesquera; con las emisiones de diverso tipo; y con los residuos sólidos, tanto de origen doméstico como aquellos provenientes de la industria de construcción y demolición, de las embarcaciones y de la propia actividad pesquera, incluyendo la basura marina. Asimismo, se destaca la relevancia de los problemas asociados a metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes (COPs), hidrocarburos, alteración física y destrucción del hábitat, así como la contaminación acústica marina, un aspecto emergente cuyos efectos sobre la fauna marina, especialmente sobre cetáceos y otras especies sensibles al ruido, comienzan a ser reconocidos en la literatura científica internacional.

Impactos específicos de la actividad pesquera sobre el ecosistema marino

La actividad pesquera genera una diversidad de impactos sobre el ambiente marino que trascienden el efecto directo sobre las poblaciones de las especies objetivo, afectando también a otras pesquerías asociadas y a la integridad general del ecosistema. Entre estos impactos, la contaminación marina ocupa un lugar preponderante, manifestándose a través de múltiples vías. Las embarcaciones pesqueras descargan al mar grandes volúmenes de aguas ricas en grasas, sólidos suspendidos y materia orgánica provenientes de las operaciones de procesamiento a bordo; detergentes utilizados en las labores de limpieza; compuestos orgánicos derivados de restos de alimentos; y coliformes fecales debido a la carencia de sistemas adecuados de disposición de excretas. A

esta contaminación de origen operativo se suma la eliminación indiscriminada de residuos plásticos, incluyendo bolsas, botellas vacías, redes y aparejos de pesca en desuso. Fajardo (2013), documenta que, del total de basura acuática recolectada en las playas del Perú durante las campañas de limpieza realizadas entre 1999 y 2012, el 55% correspondió a materiales plásticos, con más de un millón doscientas mil unidades recogidas. El segundo tipo de material más encontrado fue la espuma de poliestireno, con un 12%, mientras que la madera alcanzó un 11%. Si se proyecta este escenario a un contexto marino en el que operan miles de embarcaciones industriales y artesanales, con un promedio de ocho tripulantes por embarcación y carencia de controles ambientales efectivos, la magnitud de la basura que podría estar siendo arrojada al mar resulta preocupante. Sin embargo, no existen estudios sistemáticos sobre la cantidad y composición de la basura acuática en el mar peruano que permitan cuantificar con precisión el impacto que esta actividad ejerce sobre el ambiente marino.

Figura 1. Basura acuática recolectada en limpiezas de playas, Perú 1999-2012

Totales Nacionales 1999 - 2012		
Tipo de Basura	Unidades recogidas	Porcentaje %
Plástico	1267842	55
Hule/ Espuma	268668	12
Vidrio	125960	5
Papel	175677	8
Tela (Trapo)	44544	2
Hule o Goma	61695	3
Metal	119637	5
Madera	254825	11
TOTAL	2318848	100%

Nota: Olivares Bernal (2017).

La sobrepesca constituye uno de los principales problemas ecológicos que enfrentan los océanos a nivel mundial, con efec-

tos que se extienden más allá de las poblaciones de los recursos objetivo. Esta actividad afecta también a las especies de fauna acompañante que comparten el hábitat y forman parte de la red trófica, ya sea como consumidores o como presas. En este sentido, el efecto negativo de la pesquería puede resultar más perjudicial sobre los ecosistemas marinos y costeros que otras alteraciones causadas por las poblaciones humanas, como la contaminación química, la disminución de la calidad del agua o incluso el calentamiento global (CEDEPESCA, 2010). La acción combinada de factores ambientales y de la presión pesquera produce cambios observables en las poblaciones de peces, evidenciándose en la reducción de las tallas medias, los pesos y las edades en las áreas principales de pesca, así como en alteraciones de la función reproductiva y modificaciones en los patrones de alimentación. La Tabla 2 sintetiza los principales impactos ambientales y ecológicos derivados de la actividad pesquera, organizándolos en categorías que abarcan desde la translocación de especies asociada a la acuicultura hasta la modificación de hábitats por anclaje y navegación, pasando por la pérdida de biodiversidad, el incremento de la pesca incidental, la reducción de biomasa de especies comerciales y la sobreexplotación de recursos pesqueros.

Tabla 2. Impactos ambientales y ecológicos por efectos de la actividad pesquera.

Translocación de especies	Acuicultura	Actividades
Cambios significativos en las comunidades marinas	Pérdida de biodiversidad marina	Pérdida de equipos de pesca
Pesca	Incremento de la pesquería informal y desarrollo de pesquerías destructivas	Recolección de carnada

Translocación de especies	Acuicultura	Actividades
Pesca incidental	Daños sobre la estructura y función del hábitat	Anclaje/amarradero
Reducción en los volúmenes de desembarques de recursos costeros	Modificación y/o degradación de hábitats	Navegación
Incremento de juveniles en la pesca	Otras pesquerías y/o métodos de captura	Procesamiento a bordo
Reducción de biomasa de algunas especies	Otras actividades extractivas	Aprovisionamiento en alta mar
Disminución de pesquerías costeras	Otras actividades antropogénicas	Eliminación de Materia orgánica
Sobreexplotación de recursos pesqueros	Desechos	Desarrollo costero
Incremento de los descartes de captura	Contaminación química	Escapes

Nota: Olivares Bernal (2017).

La variabilidad interanual e interdecadal de los desembarques totales de recursos hidrobiológicos en el Perú, observada entre 1950 y 2012, refleja la influencia no solo de las acciones humanas, como la sobrepesca y las medidas regulatorias, sino también de la alta variabilidad inherente a la interacción océano atmósfera en el Pacífico Sur. Fenómenos como El Niño, que alteran drásticamente las condiciones oceanográficas, y la presencia de la Zona de Mínimo Oxígeno, que condiciona la distribución vertical de las especies, interactúan con la presión pesquera para determinar la dinámica de las poblaciones marinas. Esta complejidad subraya la necesidad de contar con herramientas de evaluación

que permitan desentrañar los efectos específicos de la pesca en el contexto de una variabilidad ambiental de alta magnitud.

Metodologías para la evaluación de riesgos ambientales y ecológicos

Las técnicas de evaluación de riesgo ambiental (ERA) comparten un elemento común: todas ellas consideran la recopilación sistemática de información como base para determinar el impacto ambiental de una actividad antrópica o natural determinada. La ERA se aplica en múltiples ámbitos, incluyendo la evaluación de nuevas tecnologías, la producción química industrial, el uso de pesticidas en agricultura, la industria de la construcción, entre otros sectores. En esencia, la ERA constituye una herramienta para recopilar información sobre el peligro y la exposición, analizar el riesgo de manera estructurada y generar insumos para la toma de decisiones informadas. Existen diversas técnicas específicas para evaluar los riesgos ambientales y ecológicos, cada una con sus propias fortalezas y limitaciones, y con distintos niveles de desarrollo y validación. La Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM (2011), constituye un instrumento que integra la normatividad ambiental peruana vigente en el proceso de análisis, evaluación y elaboración del informe técnico correspondiente. Para su aplicación efectiva, la información debe cumplir con ciertos criterios de calidad: debe estar alineada con los datos requeridos por la legislación; debe ser explicada de manera lógica, con datos que respalden las conclusiones de riesgo; debe ser verificable mediante procedimientos documentados; debe estar apoyada por estudios de buena calidad metodológica; y debe contar

con referencias a publicaciones o información pública generada mediante métodos válidos y confiables.

Dado que la Guía del MINAM está mayormente orientada a evaluar diversas actividades socioeconómicas, con énfasis en ecosistemas terrestres, y no aborda de manera específica la problemática ambiental del sistema marino costero y oceánico, se genera un vacío metodológico que debe ser llenado mediante herramientas específicamente diseñadas para el contexto marino. En este sentido, la técnica ERAEF (Evaluación de Riesgos Ecológicos por Efectos de la Pesca), descrita en detalle en el capítulo de Metodología, constituye una alternativa robusta y validada internacionalmente para abordar esta problemática. Esta técnica se estructura en torno a cinco componentes ecológicos fundamentales establecidos con base en estándares internacionales: las especies objetivo, que en el presente estudio corresponde a la pota o calamar gigante; las especies de captura incidental o descarte; las especies protegidas, amenazadas y en peligro de extinción (especies PAE); los hábitats que sustentan las comunidades marinas; y las comunidades ecológicas en su conjunto, considerando las complejas interacciones tróficas y la estructura del ecosistema. La robustez de esta metodología, que ha sido aplicada no solo en el Perú sino también en otras latitudes como Australia, Canadá y Estados Unidos, radica en su capacidad para integrar la abundante información biológica, ecológica y pesquera disponible sobre las pesquerías de especies como el calamar gigante, y para ser verificable mediante la participación activa de los grupos de interés o stakeholders, incluyendo pescadores, empresarios, gestores públicos y científicos. La técnica ERAEP se apoya en estudios de excelente calidad metodológica, así como en referencias, publicaciones e información pública generada por universidades e insti-

tutos especializados como el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), asegurando así la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el proceso de evaluación de riesgos ecológicos.

03 Capítulo

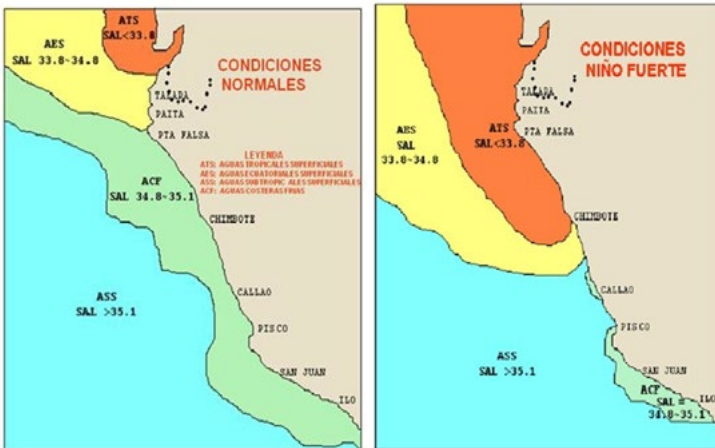
*CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DEL ÁREA
DE ESTUDIO. OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA Y
BIODIVERSIDAD EN EL NORTE DEL PERÚ*

Dinámica oceanográfica y masas de agua en el litoral norperuano

El mar que baña la zona norte del Perú constituye un escenario de notable complejidad oceanográfica, configurado por la interacción estacional de múltiples masas de agua, la recurrencia de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, la propagación de ondas Kelvin, la presencia de corrientes superficiales y subsuperficiales, los procesos de surgencia costera, la extensión de la zona de mínimo oxígeno y la ocurrencia de floraciones algales nocivas. A esta complejidad natural se suma el creciente impacto del cambio climático global, cuyos efectos sobre las condiciones oceanográficas y los ecosistemas marinos comienzan a manifestarse de manera cada vez más evidente. El Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH), que se extiende frente a las costas peruanas, presenta una estructura oceanográfica caracterizada por cuatro masas de agua superficiales definidas principalmente por sus propiedades de temperatura y salinidad (Morón, 2000). Las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) se localizan al norte de los 4°S, presentan salinidades inferiores a 34.0 unidades prácticas de salinidad (ups) y temperaturas superiores a 25°C, constituyendo el extremo más cálido del sistema. Las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) se caracterizan por salinidades entre 34.0 y 34.8 ups y temperaturas en el rango de 19°C a 25°C, extendiéndose hacia el norte de los 6°S durante la temporada de verano y replegándose hacia el norte en invierno. Las Aguas Costeras Frías (ACF) presentan salinidades entre 34.9 y 35.0 ups y temperaturas entre 14°C y 18°C, ocupando la franja costera hasta 30 millas náuticas en verano y hasta 50 millas náuticas en invierno. Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), por su parte, se

caracterizan por salinidades superiores a 35.1 ups y temperaturas mayores a 17°C, ubicándose por fuera de la corriente costera a lo largo de gran parte del litoral peruano. La Figura 1 ilustra la distribución espacial de estas masas de agua durante condiciones oceanográficas normales, mostrando la extensión de las ACF a lo largo del litoral, mientras que las ATS y AES se limitan hacia el norte de Punta Falsa. Durante eventos de El Niño fuerte, se observa un avance significativo de las ATS y AES hasta los 10.5°S, afectando el mar de la zona norte del Perú y restringiendo las ACF a la zona costera desde Pisco hacia el sur; paralelamente, se produce un acercamiento de las ASS a la zona costera, especialmente desde Huarmey hacia el sur.

Figura 2. Masa de aguas superficiales frente al Perú



Nota: Morón y Sarmiento (1999).

tos El Niño. Las ondas Kelvin oceánicas ecuatoriales constituyen uno de los procesos físicos remotos que impactan continuamente la costa peruana. Estas ondas de gravedad, modificadas por la rotación terrestre, viajan hacia el este en dirección a Sudamérica con velocidades de propagación promedio de 2 a 3 metros por segundo, demorando aproximadamente dos meses en arribar desde el centro del Pacífico ecuatorial hasta las costas sudamericanas. Su impacto puede ser de corta duración o, en otros casos, pueden constituir el inicio de un episodio El Niño (Mosquera, 2014). Los efectos de las ondas Kelvin sobre el sistema marino incluyen el aumento de la temperatura superficial del mar, la profundización de la termoclina, la elevación del nivel del mar, la generación de marejadas, y la alteración de los patrones de circulación superficial. Estos cambios afectan significativamente a los recursos pesqueros, especialmente en el norte del Perú, donde las condiciones oceanográficas son particularmente sensibles a estas perturbaciones.

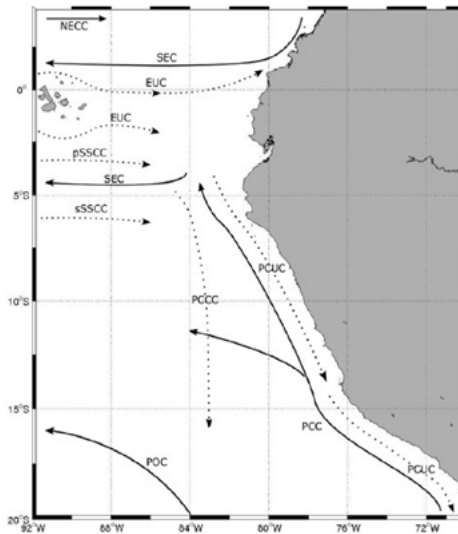
La circulación marina en el sistema peruano presenta una estructura compleja integrada por corrientes superficiales y subsuperficiales, cuyo conocimiento se sustenta en gran medida en cálculos geostroficados basados en datos hidrográficos colectados durante largos periodos. El sistema de corrientes superficiales dirigidas hacia el ecuador está compuesto por la Corriente Costera Peruana (CCP) y la Corriente Oceánica Peruana (COP), ambas transportan aguas de origen subantártico y en conjunto constituyen la Corriente Peruana. La CCP presenta velocidades de 4 a 5 centímetros por segundo, fluye entre los 78°W y la costa, es más intensa entre abril y septiembre, y transporta un volumen de 6 millones de metros cúbicos por segundo. La COP alcanza profundidades de hasta 700 metros, presenta mayores velocidades que la

CCP, se localiza al oeste de los 82°W, y durante el periodo julio octubre forma un solo flujo con la CCP, transportando un caudal de 8 millones de metros cúbicos por segundo. Entre ambas corrientes fluye una contracorriente denominada Corriente Peruana Subsuperficial (CPSS) o Corriente Subsuperficial Peruano Chilena, con velocidades que superan los 20 centímetros por segundo frente a Punta Falsa, debilitándose en su avance hacia el sur. Esta corriente se origina frente a Talara, extendiéndose unos 250 kilómetros mar adentro, con un flujo más intenso cerca de los 100 metros de profundidad (Domínguez et al., 2011).

La Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) constituye una corriente subsuperficial de particular importancia para la zona norte del Perú. Se inicia en la zona oceánica como un ramal que se dirige al norte hasta los 3° 6'N y hacia el sur donde se bifurca en dos ramales: uno costero y otro fuera de la costa próximo a los 84°W. El ramal costero, denominado ESCC, presenta un máximo superficial a los 4°S y un máximo subsuperficial a los 6°S, localizándose principalmente entre Paita y Punta Falsa (5° 6'S), pudiendo extenderse en la zona costera hasta Pimentel Chicama. Se ubica entre los 50 y 300 metros de profundidad y se caracteriza por temperaturas de 15 a 13°C, salinidades de 34.9 a 35.1 ups y contenido de oxígeno relativamente alto (>1 ml/L a 100 200 m de profundidad) (Morón, 2000). El comportamiento de la ESCC varía significativamente bajo diferentes escenarios climáticos. En mayo junio, se observa la mayor proyección latitudinal, alcanzando la zona de convergencia Pimentel Chicama, con la isoterma de 15°C localizada alrededor de los 100 120 metros y concentraciones de oxígeno disuelto de 1.2 ml/L. Durante condiciones normales, la ESCC se retrae hacia el norte (Punta Falsa), mientras que en condiciones El Niño se intensifica su proyección latitudinal y profun-

didad, y en condiciones La Niña muestra un repliegue latitudinal hacia Paita por acción de las ACF. Recientemente, Montes et al. (2010), han estudiado las conexiones entre el sistema de corrientes ecuatoriales (SCE) y el sistema de corrientes del Perú (SCP) en el Pacífico tropical Este mediante seguimiento Lagrangiano y modelación. Sus resultados identifican tres corrientes ecuatoriales subsuperficiales hacia el este: la contracorriente ecuatorial (EUC) o Corriente de Cromwell (1°N 1°S), la Contracorriente Subsuperficial sur primaria o jet primario Tsuchiya (pSSCC, entre 3° y 4°S), y la Contracorriente Subsuperficial sur secundaria o jet secundario Tsuchiya (sSSCC, entre 7° y 8°S). El diagnóstico Lagrangiano muestra que una parte significativa de ambos SSCCs contribuye sustancialmente a la alimentación de la Contracorriente Peruano Chilena (PCUC), mientras que solo una pequeña fracción de la EUC alimenta a este sistema. La Figura 4 presenta un esquema de la circulación oceánica superficial y subsuperficial para el Pacífico Tropical Sur Oriental, sintetizando los principales flujos identificados.

Figura 4. Esquema de la circulación oceánica superficial y subsuperficial para el Pacífico Tropical Sur Oriental



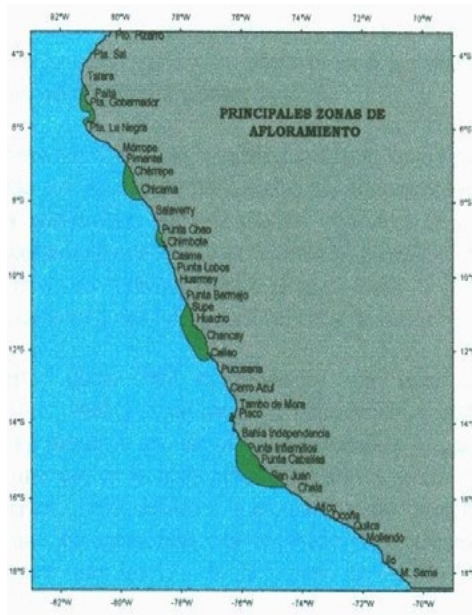
Nota: Olivares Bernal (2017).

Surgencias costeras y procesos de productividad primaria

El componente norte del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt se caracteriza por la ocurrencia de surgencia costera, un proceso de afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes que promueve una alta productividad primaria. Las celdas de surgencia más intensas se localizan a lo largo de la costa peruana, principalmente en las zonas de 4 5°S, 7 8°S, 11 12°S y 14 15°S. El nivel promedio de productividad primaria en esta región es considerado moderado ($150\ 300\ \text{gC m}^2\ \text{año}^{-1}$), correspondiente a una Clase II de productividad. Las aguas afloradas pueden proceder de profundidades inferiores a 120 metros, presentando tempe-

raturas entre 14 y 17°C, salinidades de 34.85 a 35.00 ups, oxígeno disuelto entre 2.0 y 4.0 ml/L, fosfatos de 1.0 a 2.5 $\mu\text{g at/L}$ y silicatos desde menos de 2.0 hasta más de 30 $\mu\text{g at/L}$ (Morón, 2000). Las surgencias se alimentan de diferentes masas de agua según su ubicación: al norte de los 6°S afloran aguas relativamente oxigenadas de la ESCC; al norte de los 12°S afloran aguas deficientes en oxígeno de la Corriente Peruana Subsuperficial; y al sur de los 14°S los afloramientos son alimentados por la mezcla de Aguas Templadas Subantárticas y Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (Zuta y Guillén, 1970). La Figura 5 muestra las principales áreas de surgencia en el sistema de la corriente de Humboldt del Perú.

Figura 5. Principales áreas de surgencia en el sistema de la corriente de Humboldt del Perú



Nota: Morón(2000).

La pesca artesanal. Caracterización y dinámica en el norte peruano

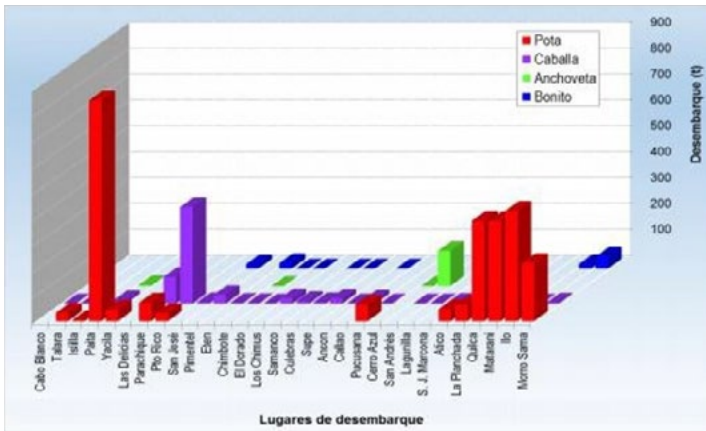
De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Pesca, la pesca artesanal en Perú se define como aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas sin empleo de embarcación o con embarcaciones de hasta 32.6 metros cúbicos de capacidad de bodega y hasta 15 metros de eslora, con predominio de trabajo manual, orientada principalmente a la extracción de recursos hidrobiológicos para atender la demanda interna de pescado fresco o enfriado (Martínez y Pérez, 2006). Galarza y Kámiche (2015), destacan que esta actividad ha estado ligada a la historia del país desde tiempos remotos, constituyendo una fuente de alimentación fundamental para la población. Para el año 2012, la pesca artesanal representó aproximadamente el 8% del total de los desembarques pesqueros cuando se considera exclusivamente el desembarque en fresco, y más del 49% del empleo total del sector pesquero (Produce, 2012; SNP, 2014). Aunque la actividad artesanal es pequeña en comparación con la pesca industrial en términos de volumen de captura (menos del 10% del total), involucra a un gran número de personas y abastece al mercado nacional con el 80% de los recursos pesqueros frescos. La ictiofauna marina peruana comprende alrededor de 736 especies, de las cuales entre 80 y 150 contribuyen significativamente a la pesca.

En la zona norte del Perú, el seguimiento de la pesca artesanal está a cargo del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) con sede en Paita. Durante el año 2015, se desembarcaron 209,323 toneladas de especies pelágicas, mostrando un ascenso del 765% con relación al año anterior. Del total registrado, el puerto de Parachique concentró el 97% de las descargas y Paita el 3%. La mayor

descarga provino de la flota de cerco industrial (acero y madera) con 89,164 toneladas, mientras que la flota artesanal aportó 1,566 toneladas. En comparación con 2014, la anchoveta experimentó un incremento del 592%, el bonito del 1,236%, la caballa del 2,447%, el perico del 9% y el atún aleta amarilla del 527%, mientras que la samasa y el barrilete mostraron descensos del 69% y 67% respectivamente. El desembarque de 70 especies demersales alcanzó las 6,094.8 toneladas en 2015, con los mayores volúmenes correspondientes a cachema (1,506.9 t, 24.9%), anguila común (1,445.9 t, 23.9%), lisa (993.8 t, 16.4%) y cabrilla (818.4 t, 13.5%). Los principales puertos de desembarque fueron Parachique (37.9%), Talara (35.3%) y Bayovar (25.3%). Se identificaron 479 áreas de pesca, distribuidas entre las flotas de Parachique, Bayovar y Talara, siendo esta última la que realizó sus faenas en el mayor número de caladeros (264), seguido de Parachique (143) y Bayovar (102). La gran mayoría de estas zonas de pesca fueron costeras, a distancias máximas de hasta 10 millas náuticas de la costa, entre Talara y Reventazón.

Para la pesquería de calamar gigante, durante la última semana de julio de 2016, el Reporte Semanal de Pesca Artesanal (ROSPA 30) registró desembarques de 4,300.7 toneladas (IMARPE, 2016b). La pota (*Dosidicus gigas*) continuó siendo el recurso más desembarcado (2,632.7 t, 61.2%), seguida por la caballa (*Scomber japonicus*) con 616.1 t (14.3%), la anchoveta (*Engraulis ringens*) con 140.6 t (3.3%) y el bonito (*Sarda chiliensis*) con 103.1 t (2.4%). El puerto de Paita fue el lugar con mayor desembarque (922.3 t, 21.5%), seguido por Ilo (514.6 t, 11.9%), Puerto Rico (412.2 t, 9.6%) y Quilca (390.2 t, 9.1%). La Figura 6 presenta los desembarques de las principales especies según lugar de descarga.

Figura 6. Desembarques (t) de las principales especies, según lugar



Nota: IMARPE (2016b).

Áreas de pesca y distribución espacial de los recursos

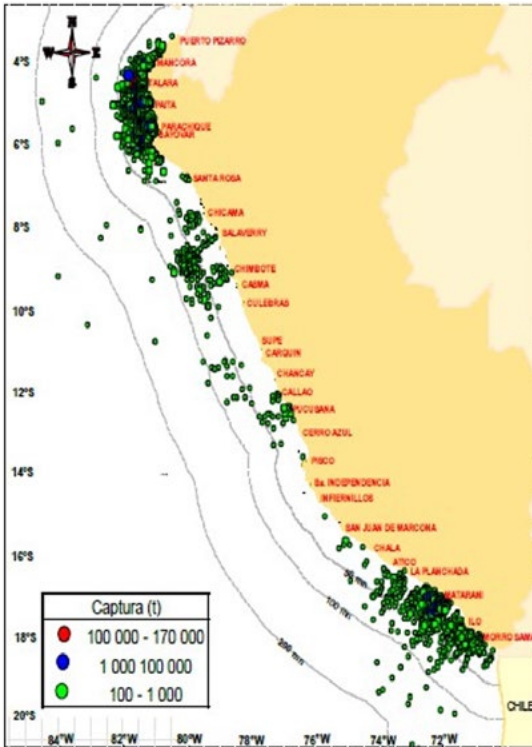
Las áreas de pesca para la flota industrial y artesanal en la región norte presentan una distribución espacial diferenciada según las especies objetivo y las artes de pesca empleadas. La flota cerquera industrial pescó anchoqueta desde Sechura ($05^{\circ}35'S$) hasta la isla Lobos de Tierra ($06^{\circ}45'S$), alcanzando hasta 35 millas náuticas de la costa, mientras que la flota artesanal lo hizo desde Sechura ($05^{\circ}30'S$) hasta Constante ($05^{\circ}42'S$), hasta 12 millas de la costa. El perico fue capturado desde Bayovar hasta el Callao, entre 40 y 400 millas náuticas de la costa, mientras que bonito y caballa se encontraron entre Bayovar y la isla Lobos de Tierra, a distancias de 10 a 20 millas náuticas (IMARPE, 2015). Las embarcaciones atuneras desembarcaron atún aleta amarilla y barrilete capturados en aguas internacionales de 250 a 400 millas náuti-

cas. El perico se encontró desde Punta Aguja hasta Chimbote entre 180 y 360 millas náuticas.

Para el caso del calamar gigante, Csirke et al. (2015), indican que las áreas con las más altas concentraciones están asociadas con los sistemas de afloramiento de la zona norte centro del Perú. Las mayores abundancias y mejores concentraciones de importancia comercial ocurren frente a la zona norte y central de la costa peruana, dentro de las 10 a 50 millas náuticas desde la costa en verano, y entre 40 y 90 millas náuticas en invierno y primavera. Durante 2015, la flota potera artesanal se distribuyó entre Talara (norte) y Casma (sur). Entre enero y agosto, las zonas de captura se localizaron entre Talara y la isla Lobos de Tierra (40 60 millas de la costa). A partir del cuarto trimestre, se observó una mayor dispersión del recurso tanto en latitud como en longitud, registrándose zonas de pesca frente a Casma entre 50 y 100 millas de la costa (IMARPE, 2016).

Entre 1997 y 2014, Yamashiro (2015), ha determinado cuatro grandes zonas de pesca artesanal de la pota en el litoral peruano, donde la zona norte se encuentra dentro de las 50 millas náuticas, mientras que las tres restantes se localizan más allá de las 100 millas, alcanzando incluso casi las 200 millas en la zona sur.

Figura 7. Distribución de zonas de pesca artesanal de la pota 1997 - 2014



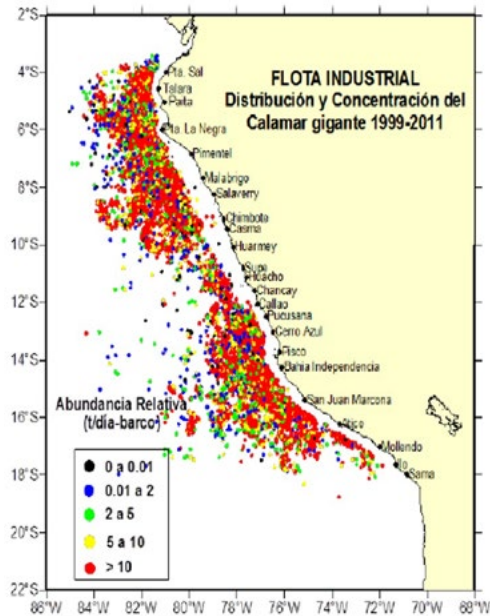
Nota: Yamashiro (2015).

Para la última semana de julio de 2016, las principales zonas de pesca de las especies con mayores registros de desembarque artesanal mostraron que la pota estuvo concentrada en el norte y sur del litoral. En el norte, las capturas mayormente provinieron de zonas ubicadas dentro del cuadrante $05^{\circ}15' 06''10'00''\text{LS } 81^{\circ}20' 81^{\circ}40'00''\text{LW}$. En el sur, las capturas se dieron entre las 13 a 50 millas náuticas de distancia a la costa, desde Tambo hasta Morro Sama, con una duración de 2 a 7 días (IMARPE, 2016).

Para el caso de la flota industrial, en general se observa que entre 1999 y 2011 existieron dos grandes zonas de pesca: una en-

tre Punta Sal y Huarney, y otra entre Callao y Mollendo, alcanzando hasta las 500 millas náuticas en ambos casos (Yamashiro, 2015). La flota industrial, compuesta por embarcaciones de mayor escala, ha mostrado históricamente una capacidad de desplazamiento hacia aguas más oceánicas en comparación con la flota artesanal, explotando concentraciones del recurso localizadas a mayores distancias de la costa. Esta diferenciación en las áreas de pesca entre ambos segmentos de la flota responde no solo a diferencias en la capacidad operativa de las embarcaciones, sino también a patrones de comportamiento del recurso que varían según la escala espacial y temporal.

Figura 8. Principales zonas de pesca de la flota industrial de calamar gigante entre 1999 - 2011



Nota: Yamashiro (2015).

La comparación entre las áreas de pesca utilizadas por la flota artesanal y la flota industrial revela un patrón de estratificación espacial que tiene implicaciones importantes para la gestión pesquera. Mientras que la flota artesanal concentra sus operaciones dentro de las primeras 50 a 100 millas náuticas desde la costa, la flota industrial se desplaza hacia zonas más oceánicas, alcanzando distancias superiores a las 500 millas náuticas en algunos casos. Esta complementariedad espacial sugiere que ambos segmentos de la flota explotan componentes poblacionales potencialmente diferentes del stock de calamar gigante, lo que debería ser considerado en los modelos de evaluación de stock y en el diseño de medidas de manejo diferenciadas. La identificación y caracterización de estas áreas de pesca constituye un insumo fundamental para la implementación de un enfoque ecosistémico en la gestión de la pesquería de pota en el Perú.

Biodiversidad marina del litoral norperuano

El mar peruano se ubica dentro de la región Biogeográfica Oceánica Tropical (norte, hasta 5°S ~ Paita) y el dominio Oceánico Peruano Chileno (desde 5°S hacia el sur). Esta posición biogeográfica confiere al litoral peruano una condición de transición que reúne elementos de dos mundos naturales: la biodiversidad del mar tropical al norte y la inusual productividad del mar frío al centro y sur. La costa norte, frente a Piura y Tumbes, constituye el punto de transición entre la corriente peruana y la corriente tropical proveniente del norte, cuyas temperaturas superiores a 20°C condicionan la existencia de especies y ecosistemas característicos, como los manglares. El rango latitudinal entre los 4° y los 5°S, zona de transición entre las provincias biogeográficas peruano

chilena y panameña, puede considerarse como el límite norte del ecosistema peruano de afloramiento costero, aunque su posición varía en escalas estacionales e interanuales.

La biodiversidad marina del Perú es excepcionalmente alta. Hasta el momento se han identificado alrededor de 750 especies de peces, 872 de moluscos, 412 de crustáceos, 45 de equinodermos y 240 de algas, además de quelonios, cetáceos y mamíferos marinos, de las cuales solo una pequeña fracción son explotadas comercialmente. Tarazona et al. (2003), realizaron una revisión panorámica de la biodiversidad marina del Perú, abarcando el ecosistema de surgencias costeras, las áreas marinas someras y el ecosistema de manglar del norte. Sus investigaciones sintetizan los números conocidos de familias, géneros y especies de la principal fauna marina, destacando que los grupos taxonómicos más estudiados son los peces con 1,070 especies, los crustáceos con 480 especies, y los moluscos con 1,024 especies, además de 602 especies de algas fitoplanctónicas. El número total de especies registradas alcanza 3,638. La figura 9 presenta un resumen de estos números preliminares.

Figura 9. Números preliminares de las familias, géneros y especies marinas en la costa peruana

Taxonomic Groups	Families	Genera	Species
<i>Algae</i>			
Bacillariophyta	35	57	168
Pyrophyta	19	35	209
Chlorophyta	-	-	37
Phaeophyta	-	-	31
Rhodophyta	-	-	157
Total			602
<i>Mollusca</i>			
Caudofoveata	1	1	1
Solenogastres	1	1	1
Polyplacophora	5	12	34
Monoplacophora	2	2	3
Gastropoda	88	129	573
Bivalvia	54	153	373
Scaphopoda	2	3	3
Cephalopoda	23	32	36
Total			1024
<i>Polychaeta</i>			
Errantia	29	111	207
Sedentaria	28	92	134
Total			341
Brachiopoda	2	2	2
<i>Crustacea</i>			
Ostracoda: Myodocopa	-	-	6
Curipedia	-	-	24
Isopoda	-	-	18
Amphipoda	-	-	18
Decapoda	8	10	17
Stomatopoda	67	208	397
Total			480
<i>Pisces</i>	194	549	1070
<i>Aves</i>	14	30	82
<i>Reptilia (Testudines)</i>	2	4	4
<i>Mammalia</i>			

Nota: Tarazona et al. (2003).

Un aspecto particularmente relevante para la zona norte es que alrededor del 67% de los moluscos marinos están restringidos al norte de 6°S, incluyendo especies como *Anadara* spp., *Pteria sterna*, *Ostrea* spp., *Chione subrugosa*, *Hexaplex* sp., *Melongena patula* y *Atrina maura* (Paredes et al., 1998). Una situación simi-

lar se presenta para los crustáceos, con representantes de origen panameño como *Sicyonia disdorsalis*, *Farfatepenaeus* spp., *Xiphopenaeus kroyeri* (plataforma continental) y *Nematocarcinus agassizii*, *Heterocarpus affinis*, *Hymenopenaeus doris* (pendiente continental). En cuanto a los peces, las familias restringidas a la región norte incluyen *Pristigasteridae* (4 especies), *Synoditidae* (5), *Triglidae* (7), *Centropomidae* (6), *Lutjanidae* (7), *Gobiidae* (14), *Achiriidae* (6), *Cynoglossidae* (10), *Balistidae* (4) y *Tetraodontidae*, evidenciando la riqueza ictiológica de esta zona de transición biogeográfica. Esta alta biodiversidad, combinada con la productividad excepcional de las aguas costeras, constituye la base de las pesquerías artesanales que sustentan a las comunidades del norte peruano y justifica la necesidad de una gestión pesquera con enfoque ecosistémico que asegure su sostenibilidad a largo plazo.

04 Capítulo

*DESAFÍOS ACTUALES PARA LA SOSTENIBILIDAD
DEL ECOSISTEMA MARINO EN EL NORTE DEL
PERÚ*

Variabilidad oceanográfica y cambio climático. Impactos sobre los recursos pesqueros

El Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH) se caracteriza por presentar una notable variabilidad oceanográfica, determinada en gran medida por la influencia de los eventos El Niño Oscilación Sur (ENOS) y La Niña, que modulan la dinámica de las masas de agua, la distribución espacial de las propiedades oceanográficas y los procesos biogeoquímicos fundamentales para el ecosistema, particularmente la producción primaria. La incidencia del ENOS actúa como un generador de cambios sustanciales en las condiciones oceanográficas del mar peruano, afectando principalmente a los recursos pelágicos mediante alteraciones en sus procesos biológicos, patrones de comportamiento y niveles poblacionales (CEDEPESCA, 2010). Durante eventos El Niño, el incremento de la temperatura superficial del mar, la profundización de la termoclina y la reducción de los nutrientes en la capa fótica afectan la disponibilidad de alimento para las especies pelágicas, provocando desplazamientos latitudinales, cambios en la estructura de tallas y, en casos extremos, reducciones significativas de la biomasa desovante. La intensidad y duración de estos impactos varían según la magnitud del evento, siendo los fenómenos extraordinarios como El Niño 1982 1983 y 1997 1998 aquellos que han generado las mayores alteraciones en la estructura del ecosistema marino peruano.

En las últimas décadas, el cambio climático global ha emergido como un factor adicional de perturbación del ambiente marino, cuyos efectos se suman a la variabilidad natural del sistema. En la zona norte del mar peruano, se ha observado que desde hace aproximadamente cinco años las ondas Kelvin se han hecho más

recurrentes, produciendo efectos como el calentamiento superficial del agua, la profundización de la termoclina, oleajes anómalos y marejadas inusuales. Estas ondas, que viajan desde el Pacífico ecuatorial central hacia las costas sudamericanas, transportan energía que modifica la estructura vertical de la columna de agua y puede desencadenar cambios en la disponibilidad de hábitats para las especies marinas. A pesar de las expectativas generadas en torno al evento El Niño 2015 2016, este fenómeno presentó características particulares que lo diferenciaron de eventos anteriores, destacándose la ausencia de precipitaciones significativas en la costa norte a pesar del calentamiento observado. Estas variaciones interanuales indudablemente han tenido algún tipo de impacto sobre la abundancia y distribución de los recursos pesqueros, como el calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Durante el periodo 2015 2016, este recurso mostró una declinación en su abundancia en la zona norte, desplazándose hacia el sur del Perú y afectando la actividad pesquera de las comunidades costeras de Piura, que dependen en gran medida de su extracción.

Los procesos de surgencia o afloramiento costero, que consisten en el ascenso de aguas frías y ricas en nutrientes impulsado por la acción del viento, constituyen uno de los mecanismos más importantes para la productividad del ecosistema marino peruano. Las bahías de Sechura y Paita se encuentran entre las zonas de afloramiento más relevantes del litoral norte. Aunque estos eventos ocurren durante todo el año a escala estacional, existe una alta variabilidad oceanográfica de origen local y remoto en diferentes escalas temporales, que incluye fluctuaciones intraestacionales, interanuales y decadales. Esta variabilidad determina cambios importantes en el frente ecuatorial, en la extensión sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) y en la intensidad y ubi-

cación de los afloramientos costeros, afectando directamente la abundancia y distribución de los recursos biológicos (Graco et al., 2007). La ESCC, una corriente subsuperficial que se localiza entre los 100 y 300 metros de profundidad frente a Paita y Sechura, juega un rol fundamental en la oxigenación de las capas intermedias de la columna de agua. Guevara y Wosnitza Mendo (2009), utilizando la profundidad de la isoterma de 15°C como indicador de la intensidad de la ESCC, identificaron tres periodos distintivos entre 1970 y 2005. Durante la década de 1980, esta corriente se habría localizado a mayor profundidad, favoreciendo una mejor oxigenación del fondo marino. A partir de fines de la década de 1980 y comienzos de la de 1990, la ESCC se habría vuelto menos profunda, con implicaciones para la disponibilidad de oxígeno en los hábitats de especies bentodemersales y para la distribución vertical del calamar gigante.

La acidificación del océano, consecuencia directa del incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico como resultado de las actividades humanas, constituye una amenaza creciente para los ecosistemas marinos, particularmente en áreas de surgencia costera como las bahías de Sechura y Paita. El aumento de la acidez del agua afecta a las comunidades de invertebrados bentónicos calcificadores, incluyendo especies de alto valor comercial como la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), así como otros moluscos y crustáceos. Entre las especies más amenazadas por este proceso se encuentran los corales, cangrejos, langostas, almejas y ostras, organismos que dependen del carbonato de calcio para la formación de sus estructuras esqueléticas. La acidificación afecta no solo la capacidad de calcificación, sino también procesos fisiológicos como el desarrollo embrionario, el crecimiento y la reproducción. Un descenso significativo en

las poblaciones de peces, moluscos y crustáceos tendría un impacto considerable en la seguridad alimentaria mundial, considerando que en 2006 el pescado representó al menos el 15% de la ingesta media de proteínas animales para 2,900 millones de personas. Además, afectaría negativamente los medios de vida de los 47.5 millones de pescadores y maricultores en el mundo, así como de otros 120 millones de personas empleadas en la industria pesquera global, que en conjunto sustentan aproximadamente al 8% de la población mundial.

Asociado al incremento del CO₂ y al calentamiento global, la zona de mínimo oxígeno (ZMO) en el norte del mar peruano se ha ido haciendo más superficial en las últimas décadas. Esta condición de hipoxia severa ha sido identificada como un factor determinante en la varazón costera de especies bentodemersales, incluyendo macroalgas, lenguados, morenas, tapaderas, langostinos e incluso el crustáceo múnida, que habita a profundidades de 150 a 200 metros. La expansión y somerización de la ZMO reducen el hábitat disponible para especies que requieren aguas bien oxigenadas, comprimiendo su distribución hacia capas superficiales o desplazándolas latitudinalmente. El calentamiento del océano también ha contribuido a la ocurrencia de floraciones algales nocivas (FANs), comúnmente conocidas como mareas rojas. Reguera (2002), señala que en Sudamérica se ha observado en las últimas dos décadas un incremento aparente en la intensidad, duración y distribución geográfica de estos fenómenos. Delgado (2003), coincide en que se ha registrado un aumento en número, extensión geográfica, frecuencia, número de especies responsables, intensidad y daños producidos por microalgas nocivas. Estos organismos pueden obstruir o producir lisis de los sistemas de filtración y respiración en los organismos marinos, causando mortalidades masivas.

La permanencia prolongada de las mareas rojas en el litoral peruano ha ocasionado cambios evidentes en la calidad del agua, asociados a aguas verdes lechosas con fuerte olor a sulfuros debido a condiciones de anoxia. Cuando estos fenómenos se localizan en áreas con circulación restringida, como las bahías, donde la renovación constante del agua es limitada, los efectos son particularmente severos. Un ejemplo paradigmático es el impacto sobre los cultivos de concha de abanico en la Bahía de Sechura, donde eventos de marea roja han generado pérdidas económicas significativas. Las pérdidas económicas producidas por las mareas rojas en el Perú son sustanciales. De acuerdo con información proporcionada por productores, la falta de oxígeno generada por estos eventos afectó el 50% de la producción de los corrales de fondo utilizados para el cultivo de concha de abanico en la Bahía de Samanco, Chimbote (AQUAHOY, 2008). En febrero de 2012, en Piura, se estimaron pérdidas cercanas a los 2 millones de soles como consecuencia de un evento similar, evidenciando la vulnerabilidad de la acuicultura y la pesca artesanal frente a las fluctuaciones ambientales exacerbadas por el cambio climático.

Sobreexplotación pesquera y sus consecuencias sobre los recursos marinos

La sobrepesca constituye uno de los principales problemas ecológicos que enfrentan los océanos a nivel mundial, con efectos que trascienden las poblaciones de las especies objetivo para afectar también a las especies de fauna acompañante y a aquellas que comparten el mismo hábitat como parte de la red trófica, ya sea como consumidores o como presas. La magnitud de la explotación comercial de las pesquerías mundiales es alarmante: más de la

mitad de las pesquerías mundiales se encuentran agotadas y una tercera parte están diezmadas. Asimismo, se estima que entre el 30% y el 35% de los medioambientes marinos críticos han sido destruidos por actividades humanas. En este contexto, el efecto negativo de la pesca sobre los ecosistemas marinos y costeros puede resultar más perjudicial que otras alteraciones causadas por las poblaciones humanas, como la contaminación, la disminución de la calidad del agua o el propio calentamiento global.

El Perú, como segunda nación pesquera del mundo después de China, enfrenta desafíos significativos en la gestión sostenible de sus recursos marinos. La sobreexplotación de especies emblemáticas como la anchoveta y la merluza puede generar desequilibrios en el sector pesquero con consecuencias económicas y sociales de gran magnitud. Desde el boom de la harina de pescado que comenzó en la década de 1960, la pesquería peruana se ha consolidado como una de las más importantes del mundo, teniendo como principal componente al recurso anchoveta. El colapso de esta pesquería en la década de 1970 impulsó la diversificación de las capturas hacia otros recursos pelágicos como la sardina, el jurel y la caballa. Precisamente la sardina fue una de las especies que sufrió una sobreexplotación severa para la producción de harina de pescado, llegando prácticamente a desaparecer de las capturas comerciales durante varios años.

En la zona norte del Perú, un caso emblemático de sobreexplotación es el de la merluza (*Merluccius gayi peruanus*), cuyas capturas actuales representan apenas el 15% de lo que se capturaba hace quince años. De las 15 a 16 empresas que operaban alrededor de esta pesquería, actualmente solo subsisten cuatro. Esta situación llevó al cierre de la pesquería entre 2000 y 2003 con el objetivo de promover su recuperación, aunque a pesar de estas medi-

das el recurso no ha alcanzado los niveles de biomasa observados en la década de 1990. Actualmente, se implementan sistemas de cuotas con vedas reproductivas como medidas regulatorias para mantener la sostenibilidad del recurso, aunque persiste la preocupación sobre la efectividad de estas medidas en un contexto de alta variabilidad ambiental y presión pesquera. Situación similar experimenta la anguila (*Ophisthus pacifici*), especie que muestra niveles de captura muy bajos en la zona norte debido al elevado esfuerzo pesquero, agravado por sus características biológicas de crecimiento lento, con edades que pueden alcanzar hasta 12 años, lo que implica una recuperación poblacional a largo plazo.

Las especies costeras litorales como la cabrilla, cachema, suco y lisa también han sentido los impactos de la sobreexplotación. Actualmente, muchas de estas especies ya no alcanzan la talla media de captura establecida en la normatividad del Ministerio de la Producción (PRODUCE). La demanda generada por el boom gastronómico y por los compromisos de exportación derivados de los Tratados de Libre Comercio (TLC) ha impulsado el incremento de plantas de procesamiento de mariscos y, con ello, un aumento en la intensidad y el esfuerzo pesquero que estaría afectando seriamente la disponibilidad de recursos nectónicos y bentónicos a nivel nacional. Los diversos tipos de pesca desarrollados en el ámbito marítimo suman volúmenes importantes de productos hidrobiológicos extraídos anualmente, creando una situación que, en ausencia de mecanismos de regulación efectivos, podría conducir a la depredación de los recursos.

En respuesta a esta problemática, la política pesquera nacional ha establecido períodos y volúmenes de extracción en función de la biomasa disponible, buscando garantizar la sostenibilidad de la explotación. Sin embargo, la extracción ha estado deter-

minada en gran medida por el valor comercial de los productos, generando diferentes niveles de presión sobre las poblaciones de peces, mariscos y otras especies. Las necesidades de la industria pesquera determinan no solo el aprovechamiento de recursos relativamente abundantes como la anchoveta, sino también de volúmenes significativos de otras especies aptas para consumo humano directo. El ordenamiento pesquero para el calamar gigante se ha sustentado en un conjunto de dispositivos legales que han evolucionado en las últimas décadas. Entre ellos destacan el Decreto Supremo N° 005 91 PE (1991), que estableció el Reglamento para la Operación de Barcos Calamareros; la Resolución Ministerial N° 155 94 PE (1994), que aprobó el Plan de Ordenamiento Pesquero del Calamar gigante; el Decreto Supremo N° 013 2001 PE (2001), que estableció el Reglamento de Ordenamiento de la Pesquería del Calamar Gigante o pota (*Dosidicus gigas*); la Resolución Ministerial N° 286 2010 PRODUCE (2010), que reguló las faenas de pesca fuera de las 80 millas náuticas de la línea de costa; el Decreto Supremo N° 014 2011 PRODUCE (2011), que actualizó el Reglamento de Ordenamiento Pesquero; y la Resolución Ministerial N° 036 2012 PRODUCE (2012), que estableció una cuota de captura de 500,000 toneladas para el año 2012.

Pérdida de biodiversidad marina y sus implicaciones para el ecosistema

Los ecosistemas oceánicos enfrentan una situación de grave peligro, encontrándose próximos a sufrir una masiva extinción de especies marinas. Un estudio publicado en la revista *Science*, desarrollado por especialistas de la Universidad Macquarie en Sídney, concluye que lo que está por suceder con la fauna mari-

na es consecuencia directa del comportamiento humano y de los efectos del cambio climático. Las principales amenazas que se ciernen sobre la biodiversidad marina incluyen la extracción excesiva de recursos vivos del mar, tanto por sobrepesca como por el daño colateral que infringen las redes que arrasan el lecho marino; la destrucción de los hábitats naturales; la contaminación del agua; el aumento de la temperatura; la invasión de especies no nativas; y la acidificación del mar. En los últimos años, la basura plástica continúa matando la vida marina, mientras que la contaminación procedente de tierra está creando áreas de aguas costeras prácticamente sin oxígeno.

El Perú se encuentra entre los países con mayor biodiversidad del mundo, contando con recursos naturales abundantes y diversificados que incluyen recursos marinos (plancton, necton, bentos), guano de islas, hidrocarburos, depósitos de minerales metálicos y no metálicos, y rocas minerales industriales como las diatomitas. En el ámbito marino, existe una gran diversidad de recursos demersales que habitan los fondos de la plataforma continental, principalmente al norte de los 10°S, donde la merluza constituye el principal componente con más del 60% del total, acompañada de aproximadamente 70 especies de importancia comercial utilizadas regularmente para consumo humano directo. Estas especies son capturadas principalmente por la pesca artesanal, mostrando un ligero incremento desde 1951 hasta 1984, seguido de un descenso paulatino hasta la actualidad. Esta situación evidencia la existencia de un problema ambiental significativo relacionado con los descartes de la pesca, que no son registrados oficialmente y que afectan no solo a la especie objetivo sino también a la fauna acompañante.

La pesquería de la merluza se realiza mediante arrastres en el fondo marino, especialmente entre Paita y Máncora, afectando la biodiversidad bentónica. Los arrastres de fondo destruyen hábitats de organismos como gusanos poliquetos, crustáceos y moluscos, cuyas estructuras bentónicas pueden tener recuperación lenta o incluso experimentar pérdida total. La fauna acompañante de la merluza, que incluye diversas especies de peces e invertebrados, es generalmente devuelta al mar, pero en condiciones que comprometen su supervivencia debido al daño físico sufrido durante el proceso de captura y manipulación. En la actualidad, resulta difícil estimar la magnitud de la pérdida de biodiversidad marina debido a la falta de investigaciones sistemáticas que permitan cuantificar espacio temporalmente el inventario de especies de los diversos grupos taxonómicos. Esta falencia constituye un desafío significativo para las instituciones académicas, científicas y organizaciones no gubernamentales, que deben priorizar sus recursos humanos y económicos para avanzar en el conocimiento y conservación de la biodiversidad marina del Perú. La falta de información de base impide evaluar adecuadamente los impactos de las actividades humanas sobre los ecosistemas marinos y diseñar estrategias de manejo efectivas que concilien el desarrollo socioeconómico con la conservación de la biodiversidad.

05 Capítulo

***MATERIALES Y MÉTODOS. ABORDAJE
METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE
RIESGOS ECOLÓGICOS***

Recopilación de información y trabajo con grupos de interés

La presente investigación se desarrolló a partir de una estrategia metodológica mixta que combinó la recopilación sistemática de información documental con la participación activa de los actores involucrados en la pesquería del calamar gigante en el norte del Perú. La fase de recopilación de información consistió en la consulta y acopio de fuentes técnicas y científicas diversas, incluyendo textos académicos, tesis de pregrado y posgrado, revistas científicas nacionales e internacionales, informes y boletines del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), artículos publicados en diarios escritos y digitales, así como sitios web especializados en temas pesqueros y oceanográficos. Esta etapa documental tuvo como propósito construir una base de conocimiento sólida que permitiera contextualizar la problemática de la pesquería y fundamentar las decisiones metodológicas posteriores. La selección de las fuentes se orientó por criterios de relevancia temática, actualidad de la información y rigor científico, priorizando aquellas publicaciones indexadas en bases de datos reconocidas como Scopus, Web of Science y EBSCO, así como los informes técnicos generados por las instituciones con competencia en la gestión pesquera nacional.

El trabajo de campo constituyó un componente fundamental de la metodología, desarrollándose mediante un taller participativo realizado en el auditorio del Instituto del Mar del Perú en el puerto de Paita. Este espacio de encuentro convocó a los grupos de interés o stakeholders directamente vinculados con la pesquería de pota en la región norte, entre los que se incluyeron representantes del IMARPE, empresas pesqueras industriales, gremios

de pescadores artesanales, académicos de universidades locales, funcionarios de la Dirección Regional de la Producción (GRL) y organizaciones no gubernamentales vinculadas a la conservación marina. La participación de estos actores resultó esencial para capturar el conocimiento empírico acumulado por quienes operan cotidianamente en la pesquería y para incorporar múltiples perspectivas en la evaluación de riesgos. Durante el taller, se aplicaron formularios estandarizados diseñados específicamente para la técnica ERAEF (Evaluación de Riesgos Ecológicos por Efectos de la Pesca), en los cuales se consignaron tanto los datos provenientes de la literatura científica como las apreciaciones basadas en la experiencia de los participantes. Este enfoque participativo permitió combinar la evidencia científica disponible con el conocimiento tácito de los pescadores, técnicos y gestores, enriqueciendo así la caracterización de los riesgos asociados a la actividad pesquera.

El trabajo de gabinete comprendió el procesamiento y análisis de la información recolectada durante las fases documental y de campo. Esta etapa incluyó la sistematización de los datos consignados en los formularios ERAEF, la confirmación de la hipótesis nula planteada en la investigación, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los diferentes niveles de evaluación de riesgos, y finalmente la elaboración del informe final que sintetiza los hallazgos del estudio. El procesamiento de la información se realizó utilizando herramientas estadísticas descriptivas y de análisis cualitativo, según la naturaleza de los datos recopilados. Los equipos y materiales utilizados en el desarrollo de la investigación incluyeron los formularios ad hoc diseñados exclusivamente para la técnica ERAEF, que fueron completados por los grupos de interés durante el taller de trabajo. Para documentar

las sesiones participativas se empleó una cámara fotográfica y de video, permitiendo registrar las intervenciones y discusiones que sustentaron la asignación de puntajes de riesgo. El procesamiento de la información y la elaboración de reportes parciales y finales se realizó mediante equipos de cómputo portátiles y una impresora, que permitieron generar los documentos necesarios para la presentación de resultados.

Marco metodológico. Enfoques, niveles y modelo conceptual

La investigación se inscribió dentro de un diseño de tipo descriptivo, orientado a caracterizar los riesgos ecológicos asociados a la pesquería del calamar gigante a partir de la evaluación independiente de cinco componentes conceptuales fundamentales definidos por la técnica ERAEF. La selección de este enfoque descriptivo respondió a la necesidad de establecer una línea base de conocimiento sobre los riesgos ecológicos en una pesquería que, a pesar de su importancia socioeconómica, carecía de evaluaciones sistemáticas bajo esta metodología. Cada uno de los cinco componentes ecológicos fue valorado de manera independiente, lo que permitió describir con precisión sus características y niveles de riesgo sin perder de vista las interrelaciones que existen entre ellos en el funcionamiento del ecosistema marino. Para la recolección de información se acudió a técnicas específicas como la observación participante, entrevistas estructuradas con actores clave y la facilitación de talleres participativos, que permitieron capturar tanto datos objetivos como percepciones y conocimientos locales. Posteriormente, la información recopilada fue sometida a un proceso sistemático de codificación, tabulación y análisis

estadístico descriptivo, que facilitó la interpretación de los resultados y la elaboración de conclusiones.

De acuerdo con la naturaleza de la investigación, el estudio reunió características de tres niveles de profundidad analítica. En primer lugar, presentó un nivel descriptivo, en tanto que buscó caracterizar los componentes ecológicos y las actividades pesqueras que generan riesgos sobre el ecosistema marino. En segundo lugar, alcanzó un nivel explicativo, al indagar en las causas y mecanismos a través de los cuales las actividades pesqueras producen impactos sobre los diferentes componentes ecológicos. En tercer lugar, incorporó un nivel correlacional, al explorar las relaciones entre la intensidad de las actividades pesqueras, la variabilidad oceanográfica y los cambios observados en las poblaciones de especies objetivo y no objetivo. Los principales métodos de investigación utilizados para alcanzar estos niveles de análisis fueron el método analítico, para descomponer el problema en sus elementos constituyentes; el método sintético, para integrar los hallazgos en una visión comprehensiva del riesgo ecológico; el método deductivo, para derivar conclusiones específicas a partir de los principios generales de la evaluación de riesgos; el método inductivo, para generar generalizaciones a partir de las observaciones particulares registradas en el taller; y el método estadístico, para procesar y analizar cuantitativamente los datos recopilados.

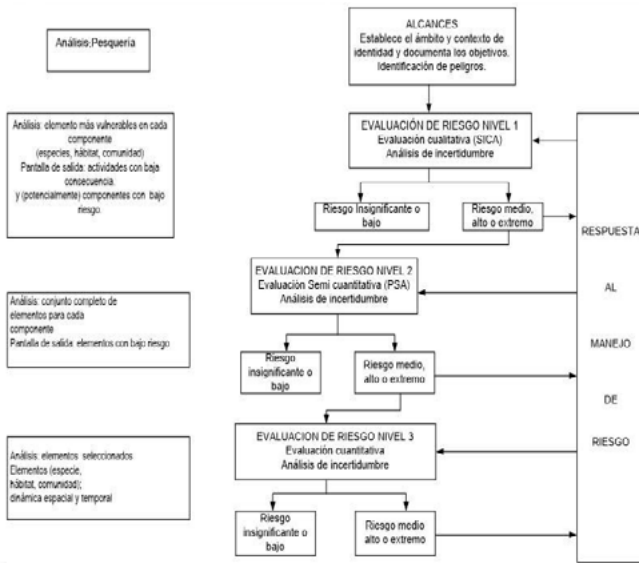
El modelo conceptual que orientó la investigación se fundamenta en un enfoque jerárquico que evalúa cómo los impactos de la pesca sobre los sistemas ecológicos pueden ser utilizados como base para la evaluación de riesgos en tres niveles progresivos de análisis. Este modelo conceptual progresa a partir de la caracterización de las actividades pesqueras asociadas a la pesquería o subpesquería, así como de las actividades externas que pueden

afectar los cinco componentes ecológicos previamente definidos: especies objetivo, especies subproducto y de captura incidental, especies protegidas amenazadas y en peligro de extinción (especies PAE), hábitats y comunidades ecológicas. A partir de la identificación de estas actividades, el modelo considera los efectos directos e indirectos que generan sobre los componentes ecológicos, los cuales constituyen los impactos primarios de la pesca y de las acciones externas. Estos impactos, a su vez, afectan procesos naturales y recursos que sustentan el funcionamiento del ecosistema, generando modificaciones en subcomponentes específicos que se ven afectados por las alteraciones en los procesos y recursos naturales. Finalmente, los impactos en los subcomponentes se traducen en afectaciones a los componentes ecológicos en su conjunto, lo que repercute en el logro de los objetivos de gestión pesquera. Las actividades externas que puedan afectar a los objetivos de la pesquería también son identificadas en la etapa de determinación del alcance y evaluadas en el Nivel 1, proporcionando información sobre los impactos adicionales sobre los componentes ecológicos, aunque su gestión se encuentre fuera del ámbito de competencia de la administración pesquera. La evaluación de riesgos en cada nivel considera las estrategias y mecanismos de gestión actualmente implementados, y un proceso crucial en este marco metodológico es la documentación detallada de las razones que sustentan las evaluaciones y decisiones en cada paso del análisis. La decisión de avanzar hacia niveles posteriores de evaluación depende del nivel de riesgo estimado en el nivel anterior, la disponibilidad de datos para proceder al siguiente nivel, y la respuesta de la administración pesquera, que en casos de riesgo alto pero con acciones inmediatas previstas puede hacer innecesario un análisis más profundo.

El proceso ERAEP. Participación de grupos de interés y evaluación jerárquica de riesgos

Una parte fundamental de la metodología ERAEP es la participación activa de los grupos de interés involucrados en las actividades que se evalúan. Los stakeholders realizan una contribución esencial al emitir juicios de expertos basados tanto en el conocimiento específico de la pesquería comercial como en su comprensión del ecosistema marino. El método ERAEF se apoya en esta participación en cada etapa del proceso, tal como se ilustra en la Figura 8, que presenta el esquema jerárquico de los niveles de evaluación de riesgo, mostrando el enfoque de análisis para cada nivel. Las interacciones con los stakeholders se registran sistemáticamente mediante encuestas y formularios diseñados específicamente para este propósito, asegurando la trazabilidad de las decisiones y la transparencia del proceso. El esquema de jerarquía se inicia con la etapa de alcances, que constituye el nivel donde la interacción con los grupos de interés es más intensa, estableciendo las bases conceptuales y operativas para las evaluaciones subsiguientes.

Figura 10. Esquema jerárquico de los niveles de evaluación de riesgo del ERAEP



Nota: Furlani et al. (2007).

La etapa de alcances se fundamenta en la revisión de documentos e información existentes, con una parte sustancial de esta información colectada y sistematizada en un documento borrador antes de ser sometida a la consideración de los grupos de interés. Este procedimiento proporciona a los participantes información sobre los antecedentes más relevantes, facilitando la discusión informada. Tres productos clave son requeridos a partir de los alcances, cada uno de los cuales requiere aportes de los stakeholders. En primer lugar, la identificación de las unidades de análisis (especies, hábitats y comunidades) potencialmente impactadas por las actividades pesqueras, que establece el universo de elementos a considerar en la evaluación. En segundo lugar, la selección de objetivos contra los cuales los riesgos serán evalua-

dos, una tarea particularmente compleja ya que estos objetivos suelen estar pobremente definidos, especialmente en lo que respecta a hábitats y comunidades. La participación de los grupos de interés es esencial para acordar un conjunto de objetivos relevantes para los subcomponentes evaluados. Un conjunto preliminar de objetivos es elaborado por los autores del borrador y luego presentado a los stakeholders para su modificación y aprobación, siendo el acuerdo del cuerpo consultivo de la evaluación pesquera considerado como representativo del consenso general de las partes interesadas. En tercer lugar, la selección de actividades (peligros) que ocurren en la subpesquería se realiza mediante una lista de posibles actividades previstas, desarrollada tras una amplia revisión que permite la repetibilidad entre pesquerías. Las actividades adicionales planteadas por los grupos de interés pueden ser incluidas en esta lista de verificación, retroalimentando así el conjunto original de actividades consideradas.

El Nivel 1 de la evaluación corresponde al análisis SICA (Escala, Intensidad, Consecuencias), que evalúa el riesgo para los componentes ecológicos resultantes del conjunto de actividades acordado por los grupos de interés. La evaluación de la escala temporal y espacial, la intensidad, el subcomponente afectado, la unidad de análisis, y el escenario creíble (consecuencia sobre el subcomponente) puede llevarse a cabo en modalidad de taller participativo, o prepararse con anticipación por el autor del estudio y debatirse en la reunión de los stakeholders. Dado el gran número de actividades que pueden considerarse (hasta 24 actividades en cada uno de los cinco componentes, resultando en un máximo de 120 elementos SICA), la preparación previa permite concentrar el tiempo y la atención del taller en los elementos de alto riesgo, aquellos con incertidumbre significativa o los controversiales. La

documentación de la justificación de cada elemento SICA, particularmente para los escenarios considerados, es crucial para permitir que el debate del taller se centre en las porciones adecuadas de la progresión lógica que dio lugar a la puntuación de consecuencia. Los elementos SICA son calificados en una escala del 1 al 6 (de insignificante a extremo) utilizando un enfoque de "el peor caso plausible". Los puntajes se asignan según criterios estandarizados para la escala espacial de la actividad (Tabla 3), la escala temporal (Tabla 4), la intensidad (Tabla 5), la consecuencia sobre el subcomponente elegido (Tabla 6), y el nivel de confianza de los datos utilizados (Tabla 7). El análisis Nivel 1 potencialmente resulta en la eliminación de actividades (peligros) y, en algunos casos, de componentes ecológicos completos cuando las puntuaciones obtenidas son iguales o inferiores a 2, que son documentados pero no considerados para análisis o respuesta de gestión posteriores.

Tabla 3. Puntajes de escala espacial en el análisis SICA

<1 mn	1-10 mn	10-100 mn	100-500 mn	500-1000 mn	>1000 mn
1	2	3	4	5	6

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 4. Puntajes de escala temporal en el análisis SICA

Décadas (1 día cada 10 años más o menos)	Cada algunos años (1 día cada algunos años)	Anual (1-100 días al año)	Trimestral (101-200 días al año)	Semanal (201-300 días al año)	Diario (301-365 días al año)
1	2	3	4	5	6

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 5. Puntajes de intensidad en el análisis SICA

Despre- ciable	Leve	Modera- da	Conside- rable	Severa	Catas- trófica
1	2	3	4	5	6
Proba- bilidad remota de detección a cual- quier escala espacial o temporal	Cuando la acti- vidad ocurre rara- mente o en pocas locali- dades y la evi- dencia de acti- vidad, incluso a estas escalas, es rara	Cuando la detec- ción de la actividad a una es- cala espa- cial más amplia no es obvia, pero ésta puede de- tectarse a escala local	Cuando se detecta eviden- cia de la actividad con una frecuencia razonable a una es- cala espacial más am- plia	Hay evi- dencia locali- zada de la acti- vidad detecta- ble con facili- dad, o una eviden- cia fre- cuente y gene- ralizada	Hay evi- dencia local o regio- nal de la acti- vidad, o evi- dencia conti- nua y genera- lizada

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 6. Puntajes de consecuencia en el análisis SICA

Nivel	Score	Descripción
Despre- ciable	1	Probabilidad remota de detección a cualquier escala espacial o temporal y sobre cualquiera de los componentes.
Leve	2	Impacto mínimo sobre la estructura y/o dinámica del hábitat, comunidad y/o stock.
Moderada	3	Tasa de explotación plena, pero la dinámica de reclutamiento a largo plazo no se ve afectada adversamente
Considerable	4	Impacto de la actividad a largo plazo (Decrecimiento de CPUE).
Severa	5	El impacto de la actividad está ocurriendo en el presente, se necesitará tiempo para que se recupere.

Nivel	Score	Descripción
Catastrófica	6	Provocará un daño permanente/irreversible.

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 7. Puntajes de confianza en el análisis SICA

Nivel de Confianza	Puntaje	Razones tras el Puntaje de Confianza
Bajo	1	Existe información pero se considera pobre o conflictiva
		No existen datos
		No hay acuerdo entre los expertos
Alto	2	Existe información y se considera sólida
		Hay consenso entre los expertos
		La consecuencia está fundamentada por consideraciones lógicas

Nota: Olivares Bernal (2017).

El Nivel 2 de la evaluación corresponde al análisis PSA (Productividad Sensibilidad), que emplea un enfoque semicuantitativo que reduce, aunque no elimina, la necesidad de participación de los grupos de interés. La transparencia de esta evaluación es fundamental para generar confianza en los resultados. Los componentes que fueron identificados como de riesgo moderado o mayor (puntuación SICA > 2) en el Nivel 1 son examinados en este nivel. Las unidades de análisis en el Nivel 2 son el conjunto de especies acordado, los tipos de hábitats o comunidades en cada componente identificado durante la etapa de alcances. Un amplio conjunto de atributos que funcionan como indicadores de la productividad y la susceptibilidad han sido identificados en el proyecto ERAEP. En situaciones de vacíos de información, el supuesto por defecto es que el riesgo será alto, adoptándose un enfoque precautorio.

Los grupos de interés pueden aportar su opinión sobre los atributos apropiados para evaluar el riesgo en la pesquería específica. Los valores de atributos de muchas unidades pueden obtenerse de la literatura publicada y de expertos científicos sin participación plena de los stakeholders, pero sus aportes son necesarios cuando la recopilación preliminar de valores se ha completado, particularmente cuando falta información, la opinión experta se utiliza para deducir la estimación conservadora más razonable. El PSA final es completado por científicos debido a los requerimientos de acceso a recursos informáticos y bases de datos, pero la retroalimentación a los stakeholders sobre los comentarios recibidos durante las consultas preliminares es crucial. Los resultados finales son presentados al grupo de interés antes de tomar decisiones relativas al Nivel 3, donde los stakeholders también pueden decidir sobre las prioridades para el análisis. Las Tablas 8 a 11 presentan los criterios de asignación de puntajes de susceptibilidad y productividad para los diferentes componentes evaluados.

Tabla 8. Puntajes de susceptibilidad para especies

Análisis de riesgo asociado con la susceptibilidad	Baja susceptibilidad (Bajo riesgo, puntaje=1)	susceptibilidad media (Riesgo medio, puntaje=2)	Alta susceptibilidad (Alto riesgo, puntaje=3)
Accesibilidad 1. solapamiento del rango de la especie con la pesquería	<10% solapamiento	10-30% solapamiento	>30% solapamiento
Accesibilidad 2. Distribución global.	Distribuida globalmente	Mismo hemisferio/cuenca oceánica que la pesquería	Restringida al mismo país que la pesquería

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 9. Puntajes de susceptibilidad para especies objetivo

Análisis de riesgo asociado con la susceptibilidad	Baja susceptibilidad (Bajo riesgo, puntaje=1)	Susceptibilidad media (Riesgo medio, puntaje=2)	Alta susceptibilidad (Alto riesgo, puntaje=3)
Vulnerabilidad	Bajo solapamiento con el arte de pesca	Solapamiento medio con el arte de pesca	Alto solapamiento con el arte de pesca
Selectividad	Probabilidad de captura baja	Probabilidad de captura media	Probabilidad de captura alta
Mortalidad post-captura de las CI	Evidencia de liberación y supervivencia	Información disponible sobre liberación y supervivencia	Las especies son retenidas, o la mayoría muere cuando es liberada

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 10. Puntajes de susceptibilidad para especies PAE

Atributo de susceptibilidad	Fundamento	Nivel de susceptibilidad		
		Bajo	Medio	Alto
		1	2	3
Posición en la columna de agua	Las especies pelágicas serán las más vulnerables	Demersales o bentónicas	Bento - pelágicas	Pelágicas y epipelágicas
Destino	El destino que se le da a la especie indica una cierta probabilidad de supervivencia. En el caso de las especies objetivos, generalmente son retenidas por lo cual la supervivencia será baja. Las especies del byproduct a veces son retenidas, por lo cual su probabilidad de sobrevivir es media.	Descarte	Byproduct y Especie PEA	Especie objetivo

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 11. Puntajes de productividad para especies objetivo y PAE

Análisis de riesgo asociado con la productividad	Baja productividad (Alto riesgo, puntaje=3)	Productividad media (Riesgo medio, puntaje=2)	Alta productividad (Bajo riesgo, puntaje=1)
Edad promedio de primera madurez	>15 años	5-15 años	<5 años
Edad máxima promedio	>25 años	10-25 años	<10 años
Fecundidad	<100 huevos por año	100-20,000 huevos por año	>20,000 huevos por año
Talla máxima promedio	>300 cm	100-300 cm	<100 cm
Talla promedio de primera madurez	>200 cm.	40-200 cm.	<40 cm.
Estrategia reproductiva	Vivíparo	Puesta demersal	Desovante de aguas abiertas
Nivel trófico	>3.25	2.75-3.25	<2.75

Nota: Olivares Bernal (2017).

El Nivel 3 de la evaluación constituye la etapa más avanzada del proceso, caracterizándose por ser totalmente cuantitativa y basarse en estudios científicos en profundidad sobre las unidades identificadas como de riesgo moderado o mayor en el Nivel 2 de PSA. Este nivel demanda un uso intensivo de tiempo y datos, por lo que su aplicación se reserva para aquellos componentes que, tras ser evaluados en los niveles precedentes, justifican un análisis detallado. Los actores o stakeholders participan de manera más focalizada cuando sus aportes específicos son requeridos, y los resultados obtenidos son presentados al grupo de interés para su revisión y retroalimentación. Dada la complejidad y la naturaleza intensiva en datos de este nivel, la modificación en vivo de

los análisis durante las sesiones de trabajo con los stakeholders probablemente no se considera, optándose por un proceso de retroalimentación estructurado que garantice la validez y robustez de los resultados finales.

06

Capítulo

***RESULTADOS Y DISCUSIÓN. EVALUACIÓN DE
RIESGOS ECOLÓGICOS EN LA PESQUERÍA DEL
CALAMAR GIGANTE***

Caracterización integral de la pesquería de calamar gigante en el norte del Perú

La evaluación de riesgos ecológicos por efectos de la pesca (ERAEP) constituye el núcleo metodológico de esta investigación, permitiendo un análisis sistemático y jerárquico de los impactos potenciales de la actividad extractiva sobre los diferentes componentes del ecosistema marino. En la fase inicial del proceso, se desarrolló un perfil detallado de la pesquería evaluada, recopilando información esencial para la posterior aplicación de los niveles 1 y 2 de la metodología, así como para la convocatoria y desarrollo de la reunión con los grupos de interés. Este perfil, sintetizado en la Tabla 14, proporciona una visión integral de las características operativas, históricas, geográficas y biológicas de la pesquería del calamar gigante en el norte del Perú, estableciendo la base conceptual sobre la cual se sustentan las evaluaciones subsiguientes. La información recopilada abarcó desde los aspectos históricos del desarrollo de la pesquería hasta las características detalladas de la flota, las artes de pesca empleadas, las áreas de operación, las especies objetivo y acompañante, los hábitats afectados, las comunidades ecológicas asociadas, los volúmenes de captura y los valores económicos generados, así como los objetivos y controles de manejo implementados. Esta caracterización integral permitió contextualizar adecuadamente los riesgos evaluados y establecer una línea de base sólida para la participación de los grupos de interés en las etapas posteriores del análisis.

Tabla 12. ERAEP - Características generales de la pesquería

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
Sub - pesquerías	Pesquería del calamar gigante o pota frente a la zona de Piura, norte del Perú. La pesquería se describe como la participación de pescadores artesanales de Piura en la captura de calamar gigante por el método de pesca selectiva a través de muestras poteras.
Historia	<p>La pesquería del calamar gigante se desarrolla a comienzos de 1990, a partir de permisos otorgados para la operación de una flota industrial extranjera con la participación de barcos japoneses y después coreanos operando más allá de las 50 mn desde la costa y una flota artesanal nacional, que gradualmente desplazó a la pesquería industrial.</p> <p>Esta es una pesquería reciente (aproximadamente 25 años) con una importante contribución al empleo y PBI sectorial. Con el inicio del siglo XXI, se presentó un cambio en la pesquería que se reflejó en una mayor abundancia de pota, a la vez que se redujo la biomasa de recursos costeros aprovechados por la flota artesanal. La flota artesanal redirigió su esfuerzo hacia la explotación de la pota, mientras que la flota extranjera mostraba una progresiva reducción en su participación debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ï Mayores costos que redujeron la rentabilidad de esta flota (japonesa y coreana). ï La respuesta del Estado a las quejas de los industriales nacionales (competencia desleal) y la presión de la flota artesanal, que reivindicó su interés sobre la pota. ï La flota extranjera pescaba a gran escala y con tecnología moderna. Su alta rentabilidad permitió pagar los derechos de pesca más altos de la historia pesquera del país

Tabla 1. Características de la flota calamarera industrial

Characteristics	Japanese Fleet		Korean Fleet	
	Max	Min	Max	Min
TRN	411	251	481	191
TBR	1096	305	824	323
Storage capacity (m ³)	1000	300	800	250
Length (m)	69	48	57	44.2
Sleeve (m)	10.7	8.7	11.1	7
Strut (m)	9.3	3	4.9	3
Crew number	24	20	36	27
Year of construction	1988	1982	1978	1971
Machines number	56	44	52	42

Arkhipkin et al. (en prensa)

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
---------------	---

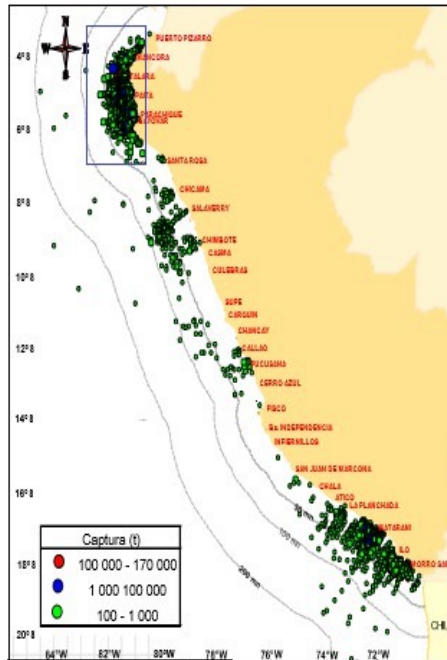
El calamar gigante *Dosidicus gigas*, es una especie endémica del Pacífico Oriental que se distribuye desde el Golfo de Alaska hasta Chile.

En el Perú, el calamar gigante comúnmente se encuentra a lo largo de toda la costa ocupando áreas entre 10 mn y más de 500 mn desde la costa dependiendo del tiempo del día, y desde la superficie a profundidades de 600 m o más.

Extensión geográfica	Las más altas abundancias y mejores concentraciones de importancia comercial usualmente ocurren frente a la parte norte de la costa peruana (04°00' S y 06° 30' S), y dentro de las 10 a 50 mn de la costa durante el verano y de 40 a 90 mn durante el invierno y primavera (Fig. 1); sin embargo las áreas de pesca más productivas se localizan frente a Paita, a profundidades de 150 m.
-----------------------------	--

Las más altas abundancias y mejores concentraciones de importancia comercial usualmente ocurren frente a la parte norte de la costa peruana (04°00' S y 06° 30' S), y dentro de las 10 a 50 mn de la costa durante el verano y de 40 a 90 mn durante el invierno y primavera (Fig. 1); sin embargo las áreas de pesca más productivas se localizan frente a Paita, a profundidades de 150 m.

Figura 1. Zonas de pesca artesanal (1997-2014), mostrando el área de la pesquería del norte (rectángulo azul). (Fuente: Arphipkin et al. 2015).



Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
Temporada de pesca	<p>Estacionalmente, las mejores capturas y CPUE del calamar gigante han sido registradas en otoño e invierno, excepto en 2001, cuando éstas fueron reportadas en el verano.</p> <p>Existe significativa información que ha permitido comprender la biología de la población, estructura de edad y relaciones del reclutamiento. Como resultado, estimados adecuados del tamaño del stock y rendimientos sostenibles han sido obtenidos en los últimos años. Ello ha permitido, saber más acerca las abundancias locales y profundidades, latitudes y distancias desde la costa en las que ocurren las altas concentraciones y como pueden variar estacionalmente y de un año a otro de manera importante.</p>
Relaciones con otras pesquerías	<p>Barcos de arrastre demersales que operan en el norte del Perú capturan calamar gigante como un subproducto (bycatch) de la pesca objetivo “merluza”, especialmente en el rango de profundidad de 100-270 metros.</p> <p>Esta pesca de arrastre de la merluza <i>Merluccius gayi</i> peruiano se desarrolla mayormente en las misma zona de pesca del calamar gigante, y registros de la fauna acompañante por los TCI del IMARPE a través de las últimas décadas indican la presencia de ejemplares de pota <i>Dosidiscus gigas</i> así como del calamar <i>Histioteuthys dofleini</i>.</p> <p>El calamar gigante es una especie importante en el ecosistema debido a que es presa del cachalote, atunes, perico, merlín, lobos marinos y aves, siendo componente importante para la regulación y desarrollo del ecosistema.</p>

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
---------------	---

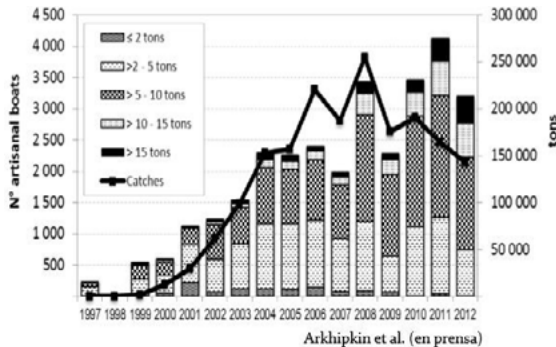
La pesquería de pota utiliza cerca de 3,000 embarcaciones artesanales (Fig. 2), con la participación de 10,000 pescadores artesanales (18% y 22% del total, respectivamente).

Una porción mínima cuenta con las bodegas insuladas correctamente y lleva un volumen de hielo adecuado para las faenas de pesca.

Las embarcaciones son de menor tamaño y no cuentan con equipamiento moderno (el 14.4% tienen radiobalizas y el 18% tienen ecosonda).

Método de pesca y redes	<p>Existe una importante flota artesanal en el Perú (línea de mano con muestras poteras y atracción mediante luces) focalizada en el calamar gigante, cuyas altas biomásas y desembarques han llevado a satisfacer las demandas del mercado nacional para CHD y de exportación.</p> <p>El calamar gigante es un recurso hidrobiológico cuya extracción se realiza haciendo uso de una pesquería selectiva a través de muestras poteras, las cuales pueden ser de armadura dura o flexible, constan de una estructura a base de coronas de púas que permiten el enganchamiento de la especie y la captura; asimismo en la parte superior de la armadura metálica tiene un área fosforescente la cual atrae a la especie hacia la muestra, no siendo necesario el uso de carnada salvo para aumentar la eficacia de la faena de pesca. La carnada a utilizar son las mismas vísceras de los primeros ejemplares capturados.</p>
--------------------------------	---

Figura 2. Número de botes artesanales entre 1997 y 2012 y su relación con las capturas (T.).



Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
Selectividad	<p>La pesquería del calamar gigante es altamente selectiva. En términos de eficiencia de captura, la muestra potera presenta selectividad interespecífica dado que la captura es casi exclusivamente calamar gigante. Sin embargo se requieren más estudios acerca de la selectividad intraespecífica o selectividad al tamaño, pues existe una relación directa entre composición y número de ejes con las coronas relacionadas a su área de contacto y calidad del calamar capturado. Al inicio de esta pesquería en las aguas peruanas, la flota extranjera utilizó pequeños anzuelos con cuerpo suave o duro y variedades de colores fluorescentes. Cuando el calamar mostró cambios en su distribución y abundancia debido a las condiciones ambientales, existió una accesibilidad de la flota industrial sobre especímenes de grandes tallas, lo cual indujo a un cambio tecnológico en la maniobra de extracción y en el diseño de la potera (diámetro, longitud total del cuerpo, corona y barbas), así como también en el material (bakelita, acero inoxidable) y dimensiones en las muestras poteras: 1 eje (75 a 304 mm); 2 ejes (190-360 mm); 3 ejes (240 to 380 mm); 4 ejes (cono o piña) (425-480 mm).</p> <p>En la actualidad se hace uso de muestras poteras de diferentes tamaños, dependiendo del tamaño de la especie a capturar esto en base a los antecedentes de faena de pesca que llevan los pescadores al zarpar de puerto: Asimismo el tipo de línea madre, plomada a utilizar depende de las características de la especie. Se evidenció que los pescadores también usan dos muestras en una sola línea madre cuando el cardumen está a poca profundidad y en cantidades considerables.</p>

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
Especies objetivo	<p>Una sola especie, <i>Dosidicus gigas</i>, es objetivo de esta subpesquería.</p> <p>Existe significativa información relacionada con el calamar gigante acerca de la biología de la población, estructura de edades y reclutamiento</p> <p>También se tiene mayor comprensión de la distribución y abundancia espacial y temporal del calamar gigante así como la influencia de las condiciones ambientales sobre la dinámica poblacional del calamar tales como la TSM.</p> <p>La especie objetivo, el calamar gigante o pota <i>Dosidicus gigas</i>, es encontrada en alta abundancia a lo largo de la costa peruana de 10 a más de 500 mn de la costa. Realiza migraciones verticales diarias de 0 a más de 650 m de profundidad. Es una especie que presenta una gran abundancia en la zona norte del Perú, especialmente entre Paíta y Sechura.</p> <p>Los ejemplares jóvenes y/o pequeños predominan en las aguas oceánicas, mientras que los ejemplares más grandes se localizan en la zona nerítica, a lo largo de los bordes de las áreas de afloramientos costeros altamente productivos.</p> <p>En el hemisferio sur las mayores concentraciones se encuentran usualmente en áreas con temperaturas de aguas superficiales entre 17° y 23°C, con máximos entre 18° y 20° C. Frente a Perú el calamar gigante ha sido capturado en temperaturas superficiales del mar que van desde 17,5 a la 27,5° C y las mejores concentraciones han sido usualmente informadas en el rango de temperaturas típicas del frente entre las aguas cálidas oceánicas superficiales (20.0° C) y las aguas costeras frías (17,8-19,6° C), con máximos en donde la temperatura superficial del mar está por encima de 18° C y es 14° C o ligeramente superior a 50 m de profundidad</p> <p>Como resultado de investigaciones a través de cruceros de investigación y coleta de datos de TCI, estimados reales del tamaño del stock y rendimiento sostenible han sido capaces de producir y son probablemente a ser producidos para la pesquería para al menos 5 años.</p> <p>Las evaluaciones de biomasa realizados por IMARPE, con el modelo dinámico de producción de Shaeffer, con datos de captura por esfuerzo en el período 1999 y el 2009, indica que la tendencia de la biomasa en el área de distribución frente a la costa peruana se ha mantenido entre 2.5 y 3.0 millones de toneladas (Fig. 3). En base a tales hallazgos, la captura total permitida (TAC) para el año 2016 es de 500,000 toneladas.</p>

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
---------------	---

Figura 3. Estimados de biomasa del calamar gigante (Munaylla, 2015).

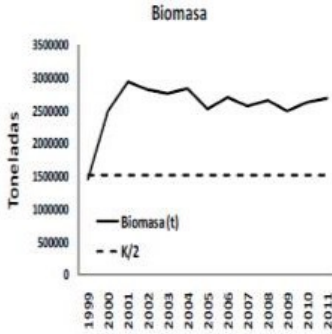


Figura 3. Estimados de biomasa del calamar gigante (Munaylla, 2015).

Teniendo en cuenta las tendencias de las biomasa en aguas peruanas desde 2001 y 2011 (2.51 y 2.96 millones de t), las evaluaciones de IMARPE estimaron el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) en 854.859 t, con lo que se recomendó una cuota de captura de 500.000 t para el 2012.

Otras especies capturadas (by product)

Tomando como referencia el Proyecto PPR de calamar gigante del IMARPE y el testimonio de los analistas a bordo de las embarcaciones artesanales dedicadas a la captura de la especie pota, las especies que se aferran a las muestras poteras generalmente es el tolo común *Mustelus whitneyi* y en muy pocas veces las manta raya *Manta birostris* que se enreda en el cordel o línea madre. El tolo blanco es comercializado para consumo humano directo.

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
--------	--

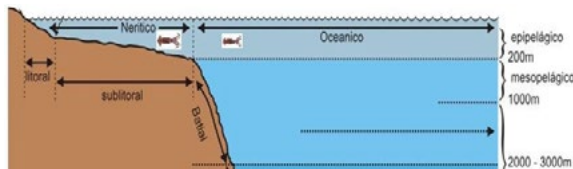
Las especies PEA son de manera frecuente escasamente listadas en las pesquerías debido a la baja frecuencia de interacción directa. Tanto la interacción directa (capturas) como la indirecta (pe., capturadas como fuente de alimento) son consideradas por el método ERAEF.

Para esta pesquería, la lista de especies PEA ha sido generada preliminarmente a partir de la lista de especies del MINAM y a partir de la revisión de literatura pesquera. También han sido incluidas las especies consideradas por tener potencial para interactuar con la pesquería (basado en el rango geográfico y probada/percibida susceptibilidad al arte/métodos de pesca y ejemplos de otras pesquerías similares a través del mundo).

Especies PAE	<p>Peces Cartilaginosos: <i>Isurus oxyrinchus</i>, <i>Mustelus whitneyi</i>, <i>Sphyrna zygaena</i>, <i>Rhinobatos planiceps</i>, <i>Myliobatis peruvianus</i>, Peces Teleósteos: <i>Sardinops sagax sagax</i>, <i>Engraulis ringens</i>, <i>Merluccius gayi</i>, <i>Anisotremus scapularis</i>, <i>Paralichthys adspersus</i> Reptiles: tortugas Mamíferos: lobos marinos, delfines</p> <p>El tollo común o tollo mama (<i>Mustelus whitneyi</i>), un tiburón que habita en aguas peruanas, endémico de la Corriente de Humboldt, es una especie importante de conservación regional, sin embargo, es muy poco lo que se sabe de este pez. Es una de las 6 especies de tiburones más pescados en el Perú. Se encuentra en la Lista Roja de la IUCN como especie VULNERABLE por lo que su pesquería necesita planes de manejo y así evitar su extinción.</p>
--------------	---

El calamar gigante en el Pacífico sureste, habita en el ambiente epipelágico y mesopelágico, pero mayormente se distribuye hasta la profundidad de 200 m; aunque los adultos se concentran en la zona nerítica y los juveniles en la zona oceánica (Fig. 4). Está ampliamente distribuida sobre la pendiente continental y en las aguas costeras y oceánicas adyacentes, donde la biomasa de zooplancton es alta y el número de peces epipelágicos y batipelágicos es máximo.

Hábitat	<p>Figura 4. Ambiente marino de distribución del calamar gigante.</p>
---------	---



Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
--------	--

Entre los 3°30' y los 6°15'S el ancho de la plataforma es variable aproximadamente de 3 a 30 mn (14 mn promedio), la pendiente del talud superior es bastante pronunciada, presentando caídas bruscas. El relieve es disperejo, con fuertes desmembramientos en el borde exterior de la plataforma y el talud superior debido a que se encuentra surcado por cañones submarinos.

Los sedimentos corresponden a facies de fango y arenas, de origen terrígeno. En el extremo noroccidental de esta zona, se halla el Banco de Máncora cuyo fondo es rocoso e irregular. Los contenidos de materia orgánica son mayores a 5% y menores a 10%, el carbono orgánico predomina con valores <1% a 2%.

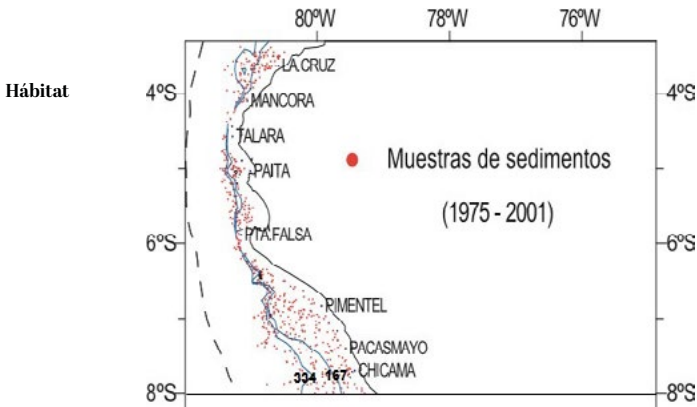


Figura 5. Distribución de estaciones con datos sedimentológicos en la plataforma y talud superior (Velazco et al. 2015). Se muestran isóbatas de 100 (167 m) y 200 (334 m) bz.

Comunidades

El calamar gigante juega un rol muy importante en el ecosistema marino peruano, tanto como predador como presa. Como presa representa un componente muy importante en la dieta del cachalote del Pacífico sureste, siendo comido además por atunes, lobos marinos, perico, merlín y aves.

Como predador tiene un amplio espectro, que incluye invertebrados (langosta, múnida, calamares), macrozooplancton (eufáusidos), peces (merluza, anchoveta, vicinguerria, mictófidos, agujilla, peces voladores).

También comparte el ecosistema con invertebrados como *Heterocarpus vicarius* y peces como *Hipoglossina macrops*, *Cherublemma enmmelos*, *Pontinus sierra* y *Merluccius gayi* peruanos, que viven entre 200 y 500 m de profundidad.

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
---------------	---

Dada la importancia del recurso, la pesca de la pota ha revertido gran importancia sobre todo en las embarcaciones artesanales; entre el 2010 y 2011 el esfuerzo pesquero fue de 650 embarcaciones de la jurisdicción de Paita y Talara las dedicadas a la pesca de este recurso (IMARPE, 2011). La mayoría de las faenas de pesca tienden a durar entre los 4 - 6 días. La duración de los viajes de pesca tan solo 6 años atrás era de un día. Los pescadores ahora recorren mayores distancias para capturar pota. También la CPUE (t/viaje) entre el 2011 y 2015, ha mostrado un incremento durante el 2012, 2013 y 2015.

Esfuerzo de
captura

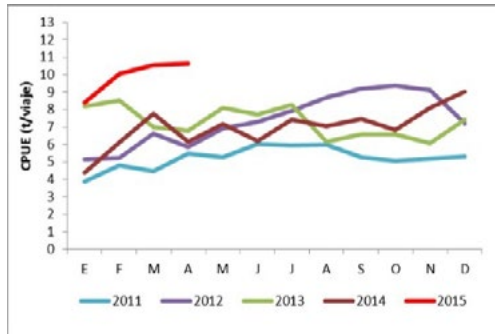


Figura 6. CPUE de calamar gigante por la Pesca Artesanal (Fuente: IMARPE).

Actualmente existen unas 2350 embarcaciones artesanales con capacidad de almacenamiento de 9.8 t.

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
---------------	---

Existen dos períodos en el desarrollo de la pesquería del calamar gigante; el primero entre 1991 y 1996 corresponde a la pesquería artesanal e inicios de la pesquería industrial. Juntas ambas pesquerías produjeron una captura total de 210 000 t. en 1994.

El segundo período desde 1999 hasta la fecha corresponde mayormente al desarrollo de la flota artesanal y disminución de la flota industrial; la captura total para el 2008 fue de 559 000 t, donde el 95.4% (533 000 t) provino de la pesca artesanal. En el 2014, la captura total fue de 506 000 t, toda de la pesca artesanal (Fig. 7).

Capturas	
-----------------	---

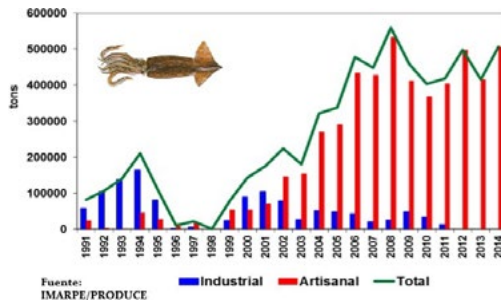


Figura 7. Variación anual de las capturas de calamar gigante en el mar peruano entre 1991 – 2014.

Valores	<p>En el 2013 se registraron exportaciones a más de 50 países. El principal giro de exportación fue congelados (94.9%), seguido por la harina de pota (4.9%) y los enlatados (0.2%).</p> <p>En el mercado nacional la comercialización se ha dado, casi exclusivamente, bajo la presentación en fresco refrigerado, donde su precio fue uno de los más bajos de los productos hidrobiológicos durante los años 2000 al 2013 (S/. 1.18 por kg en promedio).</p> <p>A pesar de lo anterior y del crecimiento medio de los ingresos de los peruanos, el consumo nacional de pota no se incrementó durante este periodo.</p> <p>Los envíos del molusco al extranjero sumaron US\$ 439.9 millones y registraron un incremento de 30.4% entre enero y noviembre de 2014.</p> <p>China fue el principal destino de la pota peruana con US\$166.3 millones, incrementando su demanda del molusco en 53.4%. Le siguió España con US\$73.5 millones y un crecimiento en 22.9%, y Corea del Sur con US\$62.9 millones y un avance de 65.7%.</p>
----------------	--

En el 2013 se registraron exportaciones a más de 50 países. El principal giro de exportación fue congelados (94.9%), seguido por la harina de pota (4.9%) y los enlatados (0.2%).

En el mercado nacional la comercialización se ha dado, casi exclusivamente, bajo la presentación en fresco refrigerado, donde su precio fue uno de los más bajos de los productos hidrobiológicos durante los años 2000 al 2013 (S/. 1.18 por kg en promedio).

A pesar de lo anterior y del crecimiento medio de los ingresos de los peruanos, el consumo nacional de pota no se incrementó durante este periodo.

Los envíos del molusco al extranjero sumaron US\$ 439.9 millones y registraron un incremento de 30.4% entre enero y noviembre de 2014.

China fue el principal destino de la pota peruana con US\$166.3 millones, incrementando su demanda del molusco en 53.4%. Le siguió España con US\$73.5 millones y un crecimiento en 22.9%, y Corea del Sur con US\$62.9 millones y un avance de 65.7%.

Nombre	Pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> o pota en el Perú
Descarte	<p>Existe muy poca información de las especies de descarte en la pesquería del calamar gigante debido posiblemente a que éstas son un componente pequeño de la captura. Una evaluación global de los descartes y pesca incidental a través de la pesquería mundial de esta especie encontró que el método de anzuelos fue uno de los métodos más específicos y casi sin descartes ni pesca incidental.</p> <p>Con respecto a las especies de descarte no hay evidencia en esta pesquería de manera directa pero si se evidencia que durante las faenas de pesca peces voladores caen a cubierta de las embarcaciones, algunos pescadores los devuelven al mar y otros por estar ocupados en la faena dejan morir en cubierta para luego desechar, pues manifiestan que su carne es muy aceitosa y de sabor no muy agradable.</p>
Objetivos de manejo	<p>El principal objetivo es mantener la sostenibilidad del recurso: protección del stock desovante, protección del stock juvenil y la biomasa reproductiva nunca menor a 5 millones de toneladas. De acuerdo al ROP (Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE); Regular el acceso a la actividad extractiva y las operaciones de pesca de embarcaciones pesqueras de bandera nacional y extranjera del recurso calamar gigante o pota (<i>Dosidicus gigas</i>); constituir una pesquería del calamar gigante o pota mediante el desarrollo de una flota nacional especializada y la correspondiente optimización de la industria para el consumo humano directo; el aprovechamiento racional y sostenible del calamar gigante o pota, en virtud a los análisis de las características biológicas y poblacionales del recurso y del impacto social-económico sobre los actores involucrados en la pesquería del citado recurso.</p>
Controles	<p>La primera medida de manejo fue adoptada por el Perú en 1991, cuando otorgó licencias de pesca a 31 barcos industriales de Japón y Korea para el período 1991 – 1995, posteriormente cuando la pesquería se desarrolló, se aprobó un Plan de Manejo de Pesquería para la pota (RM N° 155-94-PE) en el que se incluía un sistema de cuota por barco y tipo de flota, regulaciones de áreas de pesca, etc.</p> <p>De acuerdo a las condiciones del recurso se fueron adaptando sucesivas medidas de ordenación, llegando hasta el Reglamento de Ordenamiento Pesquero de la Pota del 2011.</p> <p>Ninguna licencia ha sido renovada a la flota industrial desde diciembre 2011 y la pesquería de la pota a partir del 2012 ha sido reservada solamente para la pesquería artesanal.</p> <p>A inicios del 2016, el Proyecto PPR del IMARPE a través de analistas de campo colecta datos de capturas, esfuerzo pesquero y otras ocurrencias de la pesquería de calamar gigante a bordo de embarcaciones artesanales durante 15 días al mes.</p>

Análisis de escala, intensidad y consecuencia (Nivel I)

La aplicación del Nivel I de la metodología ERAEP, correspondiente al análisis de escala, intensidad y consecuencia (SICA), se desarrolló siguiendo un protocolo estructurado de trece pasos que permitió la evaluación sistemática de cada actividad pesquera y su impacto sobre los cinco componentes ecológicos definidos. El proceso se inició con el registro de la puntuación de identificación de peligro para cada actividad, identificado previamente en el nivel de alcance, seguido por la puntuación de la escala espacial y temporal de cada actividad, la selección del subcomponente más probablemente afectado, la elección de la unidad de análisis más vulnerable, la selección del objetivo operativo más adecuado, la anotación de la intensidad de la actividad y la consecuencia resultante sobre el subcomponente, y finalmente el registro del nivel de confianza para las puntuaciones de consecuencia. La justificación documentada para cada uno de estos pasos constituyó un elemento fundamental para la transparencia y reproducibilidad del análisis, permitiendo que las decisiones adoptadas pudieran ser trazadas y verificadas por otros evaluadores. Este enfoque estructurado garantizó que la evaluación de riesgos no dependiera exclusivamente de juicios subjetivos, sino que se fundamentara en una lógica explícita y en la mejor información disponible, combinando datos científicos con el conocimiento empírico de los pescadores y otros actores involucrados en la pesquería.

Tabla 13. Consecuencias para la especie objetivo en el Nivel 1 SICA

Impacto	Actividad	Presencia de amenaza (1) o ausencia (0)	Escala espacial de la amenaza	Escala temporal de la amenaza	Sub componente	Unidad de análisis	Objetivo operacional	Intensidad	Consecuencia	Confianza
Impacto directo de la pesca con captura	Recolección de carnada	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Pesca	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	3	2	1
	Comportamiento incidental	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	2
Impacto directo sin captura	Recolección de carnada	0	0	0	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	0	0	0	0
	Pesca	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	2
	Comportamiento incidental	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	2
	Pérdida de equipos de pesca	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	1
	Anclaje / amaradero	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante, perico, tiburón, mantas.	1.6.1	1	1	1
	Navegación	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	2

Impacto	Actividad	Presencia de amenaza (1) o ausencia (0)	Escala espacial de la amenaza	Escala temporal de la amenaza	Sub componente	Unidad de análisis	Objetivo operacional	Intensidad	Consecuencia	Confianza
Adición/movimiento de material biológico	Translocación de especies	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Procesamiento a bordo	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Descarte de captura	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	2
	Aumento o mejora del stock	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Aprovisionamiento en alta mar	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Eliminación de materia orgánica	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante, albatroz, golondrinas, petreles, lobos marinos, tortuga marina	1.6.1	1	1	2

Impacto	Actividad	Presencia de amenaza (I) o ausencia (O)	Escala espacial de la amenaza	Escala temporal de la amenaza	Sub componente	Unidad de análisis	Objetivo operacional	Intensidad	Consecuencia	Confianza
Adición/movimiento de material no biológico	Desechos	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante, tortugas, delfines, aves, ballenas	1.6.1	1	1	1
	Contaminación química	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante, ecosistema, delfines, ballenas, perico, aves marinas	1.6.1	3	1	1
	Escapes	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	2
	Pérdida de equipos de pesca	1	4	5	Tamaño de las poblaciones	Lobo de mar, Calamar gigante, tortugas	1.1.1	1	1	1
	Navegación	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	1
	Actividad / presencia en el agua	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	3	2	2

Impacto	Actividad	Presencia de amenaza (1) o ausencia (0)	Escala espacial de la amenaza	Escala temporal de la amenaza	Sub componente	Unidad de análisis	Objetivo operacional	Intensidad	Consecuencia	Confianza
	Recolección de carnadas	0	0	0				0	0	0
	Pesca	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	1
Disturbios por procesos físicos	Botadura de embarcación	0	0	0	Comportamiento/movimiento	Perico	1.6.1	0	0	0
	Anclaje/ amarra-dero	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	2
	Navegación	1	4	5	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	1	1	1

Impacto	Actividad	Presencia de amenaza (1) o ausencia (0)	Escala espacial de la amenaza	Escala temporal de la amenaza	Sub componente	Unidad de análisis	Objetivo operacional	Intensidad	Consecuencia	Confianza
Peligros externos	Otros métodos de captura	1	6	6	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	3	2	1
	Acuicultura	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Desarrollo costero	0	0	0		Calamar gigante	0	0	0	0
	Otras actividades extractivas	1	2	6	Comportamiento/movimiento	Calamar gigante	1.6.1	2	2	2
	Otras actividades no extractivas	0	0	0				0	0	0
	Otras actividades antropogénicas	1	2	6	Tamaño de las poblaciones	Calamar gigante	1.1.1	1	1	1

Nota: Olivares Bernal (2017).

Tabla 19. Resumen de Consecuencias promedio Y>2

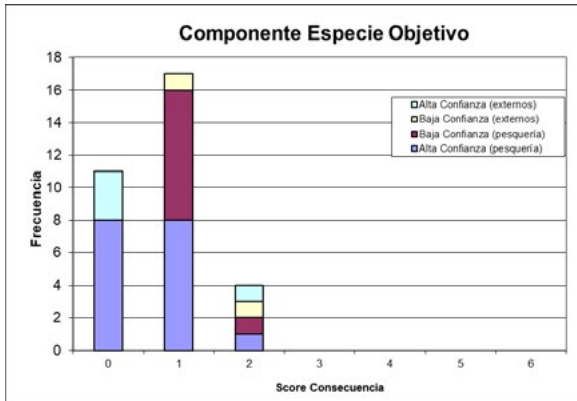
Resumen de consecuencias promedio	Explicación	n	Especies objetivo	By-catch	PAE	Hábitat	Comunidades
Todas las actividades de la pesquería analizada	Consecuencia >2	3	0	0	3	0	0
Todas las actividades externas	Consecuencia >2	4	0	0	1	2	1
Todas las actividades de la pesquería analizada	Total de consecuencias	130	26	26	26	26	26
Todas las actividades externas	Total de consecuencias	30	6	6	6	6	6

Nota: Olivares Bernal (2017).

La subpesquería norte del calamar gigante se caracteriza por ser altamente selectiva, con una sola especie objetivo, *Dosidicus gigas*. El método de pesca, que utiliza potera artificial sin empleo de carnada, no resulta atractivo para otras especies, por lo que la pesca subproducto y, consecuentemente, los descartes son mínimos. Aunque no se ha realizado una evaluación cuantitativa para la especie objetivo, el carácter altamente selectivo de esta pesquería, con su bajo impacto en los componentes del hábitat, se ha traducido en un predominio de puntajes de alta confianza en la evaluación de bajo riesgo. El componente especie objetivo interactuó con actividades internas de la pesquería como la pesca y el comportamiento incidental, mostrando riesgo moderado en el primer caso y negligente en el segundo, con baja confianza en ambos casos. La Figura 11 ilustra la frecuencia de puntajes de consecuencia para la especie objetivo, diferenciados entre alta y baja confianza. Las interacciones del componente especies PAE fueron

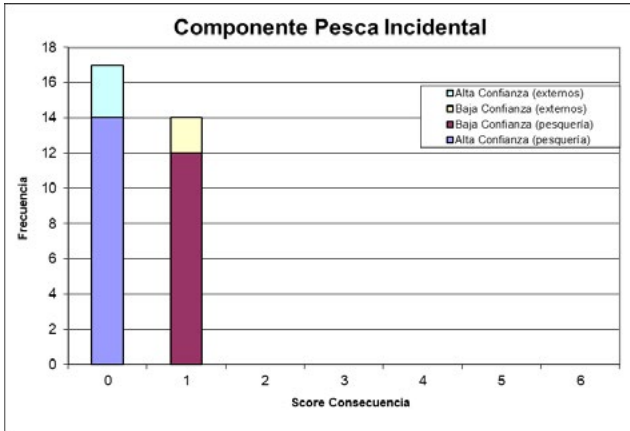
objeto de una atención detallada, basada en datos recopilados por los observadores a bordo, para evaluar con mayor confianza peligros particulares, especialmente relacionados con las actividades de pesca, pérdida de aparejos y anclaje. Los datos han demostrado riesgos de moderados a considerables para este componente, como se observa en la Figura 10. Los riesgos externos evaluados con puntuación de riesgo 3 (moderada) incluyen otras actividades pesqueras (afectando los componentes PAE y comunidades), otras actividades extractivas (afectando el componente hábitat) y otras actividades no extractivas (afectando también el componente hábitat), como se muestra en las Figuras 13, 14 y 15.

Figura 11. Especie objetivo: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza



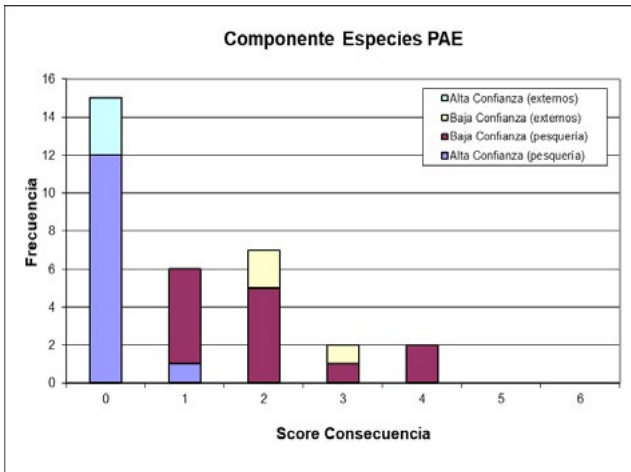
Nota: Olivares Bernal (2017).

Figura 12. Bycatch y byproduct: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza



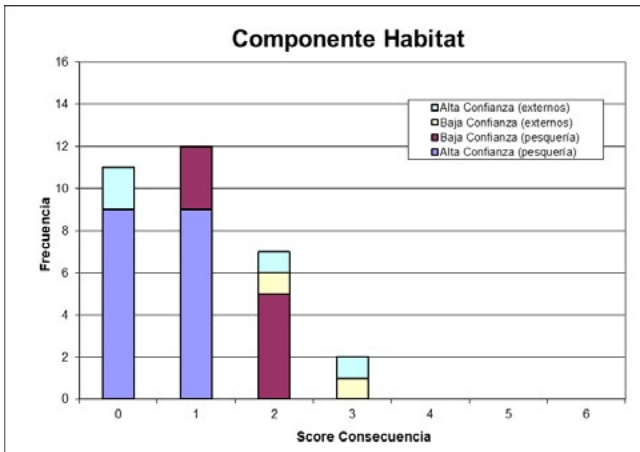
Nota: Olivares Bernal (2017).

Figura 13. Especies PAE: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza



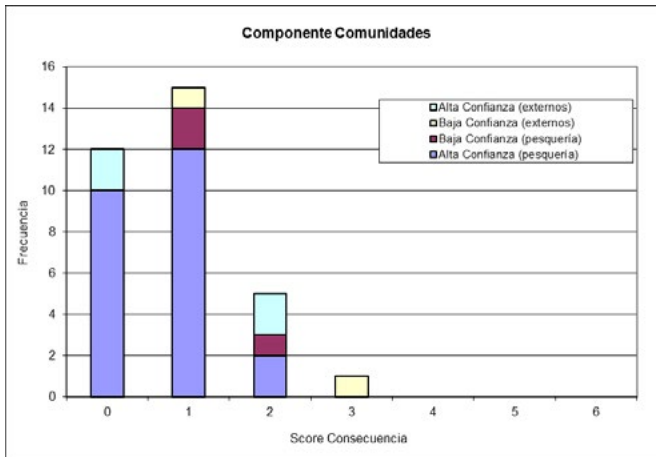
Nota: Olivares Bernal (2017).

Figura 14. Hábitats: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza



Nota: Olivares Bernal (2017).

Figura 15. Comunidades: frecuencia de puntajes de consecuencia por nivel de confianza



Nota: Olivares Bernal (2017).

Análisis de productividad y susceptibilidad (Nivel 2)

Cuando el riesgo de una actividad sobre un componente ecológico en el Nivel 1 (SICA) es moderado o alto y no está planificada alguna intervención de manejo para remover este riesgo identificado, se requiere una evaluación en el Nivel 2 (Furlani et al., 2007). En el caso del calamar gigante del norte del Perú, como resultado del análisis preliminar del SICA, los componentes a examinar en el Nivel 2 (PSA) son aquellos que registraron puntajes de consecuencia de tres o más, es decir, el componente especies PAE asociado a las actividades pesqueras. El enfoque PSA se basa en el supuesto de que el riesgo para un componente ecológico dependerá de dos características fundamentales de las unidades componentes: por un lado, la extensión del impacto debido a la actividad pesquera, que será determinada por la susceptibilidad de la unidad a las actividades extractivas; por otro lado, la productividad de la unidad, que determinará la tasa a la cual puede recuperarse después de un posible agotamiento o daño por la pesca. Es importante señalar que el análisis PSA esencialmente mide el potencial de riesgo, denominado en lo sucesivo “riesgo”, ya que una medida de riesgo absoluto requeriría mediciones directas de abundancia o tasa de mortalidad de la unidad en cuestión, información generalmente ausente en este nivel de análisis. Esta limitación metodológica implica que los resultados deben interpretarse como indicadores de riesgo relativo que permiten priorizar la atención sobre aquellos componentes que, por sus características biológicas y su interacción con la pesquería, presentan una mayor vulnerabilidad potencial.

Tabla 20. Especies PAE (protegidas, amenazadas y en peligro de extinción)

Nombre científico	Nombre común	Score de productividad (1 a 3)									Score de susceptibilidad (1 a 3)				Scores PSA	
		edad promedio primera madurez	edad máxima promedio	fecundidad	talla maximapromedio	talla media de primera madurez	estrategia reproductiva	Nivel Trófico (fishbase)	Rr	accesibilidad	vulnerabilidad	selectividad	mortalidad post-captura	Rq	Puntaje PSA	Categoría de Riesgo
Dosidicus gigas	Pota	1	1	1	2	2	1	3	1.57	3	3	2	3	2.33	2.81	Medio
Coryphaena hippurus	Perico	1	1	1	2	2	1	3	1.57	3	3	2	3	2.33	2.81	Medio
Prionace glauca	Tiburón azul	1	2	3	3	3	3	3	2.57	3	2	1	3	1.43	2.94	Medio
Sphyrna zygaena	Tiburón martillo	2	3	3	3	3	3	3	2.86	3	2	1	3	1.43	3.19	Alto
Alopias vulpinus	Tiburón zorro	1	3	3	3	3	3	3	2.71	3	2	1	3	1.43	3.07	Medio
Thunnus albacares	Atun aleta amarilla	1	1	1	2	2	1	3	1.57	1	1	1	3	1.05	1.89	Bajo
Chelonia mydas	Tortuga verde	3	3	2	2	1	3	1	2.14	2	3	2	2	1.58	2.66	Medio
Phoebastria irrorata	Albatros de Galápagos	2	2	3	1	2	3	3	2.29	3	1	1	3	1.20	2.58	Bajo

Nombre científico	Nombre común	Score de productividad (1 a 3)								Score de susceptibilidad (1 a 3)				Scores PSA		
		edad promedio primera madurez	edad máxima promedio	fecundidad	talla máxima promedio	talla media de primera madurez	estrategia reproductiva	Nivel Trófico (fishbase)	Rr	accesibilidad	vulnerabilidad	selectividad	mortalidad post-captura	Rq	Puntaje PSA	Categoría de Riesgo
Macronectes giganteus	Petrel	2	2	3	1	2	3	3	2.29	2	1	1	2	1.08	2.53	Bajo
Delphinus capensis	Delphin común	2	3	3	1	2	3	3	2.43	1	1	1	1	1.00	2.63	Bajo
Megaptera novaeangliae	Ballena jorobada	2	3	3	3	3	3	3	2.86	1	1	1	1	1.00	3.03	Medio
Balaenoptera musculus	Ballena azul	2	3	3	3	3	3	2	2.71	1	1	1	1	1.00	2.89	Medio
Otaria byronia	Lobosco	2	3	3	2	2	3	3	2.57	1	1	1	1	1.00	2.76	Medio

Nota: Olivares Bernal (2017).

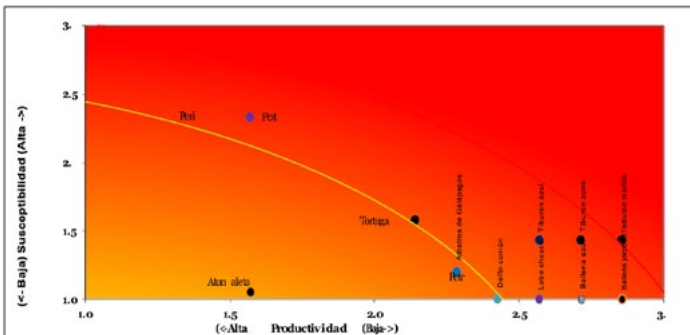
En la Tabla 20 se presenta un listado de las especies PAE identificadas (Ministerio del Ambiente, 2012; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2015), a cuyos siete atributos biológico-pesqueros, basados en datos de la literatura científica como los generados por el Instituto del Mar del Perú o fuentes de datos como FishBase, se les asignaron puntajes de productividad. Asimismo, se evaluaron cuatro aspectos de suscepti-

bilidad (accesibilidad, vulnerabilidad, selectividad y mortalidad post captura), cuyos puntajes se multiplicaron para obtener una medida de susceptibilidad para todo el componente especies PAE. Los puntajes PSA obtenidos variaron entre 1.89 y 3.19. El valor máximo correspondió al tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), que alcanzó la categoría de riesgo alto. Los demás puntajes se distribuyeron entre las categorías de riesgo medio y riesgo bajo. La pota y el perico alcanzaron un puntaje de 2.81, correspondiente a la categoría de riesgo medio. Estos resultados indican que, aunque la pesquería objetivo tiene un impacto relativamente bajo sobre las especies PAE debido a su alta selectividad, las especies que ocasionalmente interactúan con el arte de pesca presentan niveles de vulnerabilidad que justifican una atención prioritaria en el diseño de medidas de manejo y conservación.

En el ploteo PSA se utilizan las puntuaciones medias de productividad y susceptibilidad para cada unidad de análisis (en este caso cada especie PAE) para colocar las unidades de análisis individuales en parcelas bidimensionales. La posición relativa de las unidades en la parcela determina el riesgo relativo según la gráfica PSA. El valor global del riesgo para una unidad es la distancia euclidiana desde el origen del gráfico. Las unidades que caen en el tercio superior de las parcelas PSA se consideran de alto riesgo para la unidad ecológica. Las unidades con un puntaje PSA en el tercio medio están en riesgo medio, mientras que las unidades en el tercio inferior tienen bajo riesgo con respecto a los atributos de productividad y susceptibilidad. Las divisiones entre estas categorías de riesgo se basan en la división del área de las parcelas PSA en tercios iguales. Asumiendo que todas las puntuaciones de productividad y susceptibilidad (escala 1-3) son probablemente iguales, entonces un tercio de los valores de riesgo globales eucli-

dianos será mayor que 3.18 (alto riesgo), un tercio estará entre 3.18 y 2.64 (riesgo medio), y un tercio será inferior a 2.64 (bajo riesgo) (Furlani et al., 2007). En la Figura 14, se observa cómo el tiburón martillo se localiza en la zona roja del ploteo PSA considerada como de riesgo alto, mientras que la pota y el perico se ubican en la zona media de color amarillo correspondiente a riesgo medio. Este resultado tiene importantes implicaciones para la gestión, ya que sugiere que, aunque la pesquería de calamar gigante en sí misma tiene un impacto relativamente bajo sobre la mayoría de los componentes ecológicos, las interacciones con especies PAE, particularmente con tiburones, requieren atención prioritaria en el diseño de medidas de manejo y conservación.

Figura 16. PSA de especies PAE



Nota: Olivares Bernal (2017).

Discusión integradora. Variabilidad ambiental, impactos asociados y desafíos de gestión

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la técnica ERAEP deben ser interpretados en el contexto más amplio de la variabilidad ambiental y los desafíos de gestión que enfrenta

la pesquería del calamar gigante en el norte del Perú. Hasta ahora, los cambios espaciales y temporales en la distribución y abundancia de la pota no son bien comprendidos en su totalidad. No se conoce con precisión cuáles son los factores ambientales que determinan su mayor o menor abundancia. Sin embargo, existe evidencia de que períodos con grandes anomalías negativas o positivas de la temperatura superficial del mar afectan su abundancia y distribución (Waluda et al., 2006). La abundancia se ve afectada por fallas en el desarrollo larval y, por ende, en el éxito del reclutamiento; se sabe que las paralarvas de la pota prosperan a temperaturas óptimas de desarrollo entre 18°C y 25°C, fuera de estos límites el desarrollo larval no es exitoso (Instituto del Mar del Perú, 2016). Esta sensibilidad térmica durante las etapas tempranas del ciclo de vida sugiere que los cambios en las condiciones oceanográficas, tanto los asociados a fenómenos naturales como El Niño y La Niña como aquellos vinculados al cambio climático global, pueden tener efectos profundos sobre la dinámica poblacional de la especie.

A partir de la información proporcionada por la Secretaría de Vigilancia de la pesca artesanal e industrial de *Dosidicus gigas* en aguas peruanas, se ha analizado su distribución, captura y captura por unidad de esfuerzo en relación con las anomalías de temperatura superficial del mar de la región El Niño 1+2 (frente a Perú y Ecuador) y el Índice de Oscilación Sur durante eventos ENOS en el período 1991-2014. Las mayores capturas y captura por unidad de esfuerzo de calamar gigante se registraron en los años 1991-1995 y 2000-2014, períodos que coincidieron con eventos débiles y moderados de El Niño (1992, 2002 y 2009-2010) y La Niña (2001, 2005, 2011 y 2013). Estos eventos han favorecido altas concentraciones de calamar gigante en el mar peruano, princi-

palmente desde el año 2000 cuando las condiciones ambientales eran predominantemente frías hasta 2013. Por ello se sostiene que durante condiciones débiles y moderadas, tanto en eventos fríos como cálidos, ciertos procesos biológicos pueden favorecer al calamar gigante durante parte o todo su ciclo de vida, pero las perturbaciones ambientales intensas causan efectos negativos sobre *Dosidicus gigas*. Esta relación entre la intensidad de los eventos climáticos y la respuesta poblacional de la especie subraya la importancia de considerar la variabilidad ambiental como un factor determinante en la evaluación de los riesgos ecológicos y en la planificación de las medidas de manejo.

La pesca incidental en cualquier pesquería del mundo juega un rol importante en la estructura y densidad poblacional de los recursos pesqueros en explotación. Esta condición no escapa a la pesquería de la pota en el mar peruano, especialmente en el norte del Perú, donde también se localiza el stock norte-centro de la anchoveta peruana. La pesquería peruana de cerco es una de las más importantes del mundo y se basa principalmente en la anchoveta (*Engraulis ringens*). El análisis de datos de la flota peruana de cerco, especialmente de las capturas incidentales de calamar gigante entre 2000 y 2012, indica que la mayor captura incidental de calamar se registró en el área centro-norte (extremo norte - 16°S), siendo significativamente menor en el sur. Estacionalmente, la mayor incidencia del recurso se presentó en otoño (22%), durante la temporada de pesca de anchoveta, cuando la cobertura de la flota de cerco es mayor (10 a 100 millas náuticas) y por lo tanto se aplica un mayor esfuerzo pesquero. En la pesquería de jurel y caballa del Pacífico, la captura incidental fue más alta en verano, cuando se registró un aumento de la disponibilidad de jurel hasta las 230 millas de la costa. De ahí que la amplia dis-

tribución del calamar gigante en el mar peruano, desde el litoral hasta el límite de 200 millas náuticas, permite que este recurso esté presente como captura incidental en las capturas de recursos pelágicos en diferentes pesquerías, principalmente en el norte del Perú. Esta situación genera un desafío adicional para la gestión, ya que la mortalidad incidental no registrada en las pesquerías de otras especies podría estar afectando la dinámica poblacional del calamar gigante sin ser adecuadamente contabilizada.

En este contexto, recientemente el Presidente del Comité de Pesca y Acuicultura de la Sociedad Nacional de Industrias, Alfonso Miranda Eyzaguirre, ha manifestado que desde 2011 se ha solicitado al Ministerio de la Producción y al Instituto del Mar del Perú que se estime la biomasa de la pota, así como la ubicación del recurso, para ampliar su pesca. Señala que mientras no se tenga el sustento científico de estos estimados, resulta aventurado hablar de subexplotación del recurso. Indica también que las exploraciones existentes solo cubren hasta las 80 millas náuticas y la pota necesita un crucero específico que evalúe las 200 millas de nuestro mar (El Comercio, 2017). También ha enfatizado que existe una flota de más de 400 barcos piratas de armadores asiáticos, procedentes de China, Taiwán, Tailandia e Indonesia, que depredan la pota y los controles no son efectivos, por lo que esa pesca no se declara y no se contabiliza, con lo cual no se sabe en qué estado se encuentra el recurso. Frente a dicho panorama, resulta impensable aumentar el esfuerzo pesquero ya autorizado. Esta situación refleja la complejidad de la gestión pesquera en un contexto donde la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada constituye una amenaza significativa para la sostenibilidad del recurso, y donde las evaluaciones científicas deben ser continuamente actualizadas para responder a las dinámicas poblacionales y ambientales.

Por otro lado, la variabilidad oceanográfica (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto), así como la disponibilidad de alimento, también juegan un papel preponderante en la distribución, abundancia, maduración y desove de muchas especies de cefalópodos, incluida la pota. Frente al Perú, se conoce que el calamar gigante es capturado en temperaturas superficiales del mar que van desde 17.5 a 27.5°C (Benites, 1985; Yamashiro et al., 1997), mostrando mejores concentraciones en el rango de temperaturas del frente entre las Aguas Subtropicales Superficiales (20°C) y las Aguas Costeras Frías (17.8-19.6°C). La información biológica y pesquera desde finales de los años 50 indica que *Dosidicus gigas* posee una alta capacidad para mantener sus poblaciones espacial y temporalmente, capacidad determinada por sus características biológico-poblacionales (corta vida, rápido crecimiento, alta plasticidad fenotípica, alta tolerancia a variables ambientales), definiéndolo como una especie oportunista ecológicamente hablando. Sin embargo, frente a los cambios ambientales asociados al cambio climático, como la expansión de la zona de mínimo oxígeno y la acidificación de los océanos, investigaciones recientes indican un efecto negativo en sus poblaciones debido a un incremento de la vulnerabilidad de *Dosidicus gigas* (Argüelles, 2016). Esta aparente contradicción entre la resiliencia de la especie frente a la variabilidad natural y su vulnerabilidad frente a los cambios antropogénicos de largo plazo resalta la necesidad de adoptar un enfoque precautorio en la gestión, reconociendo que los escenarios futuros pueden diferir sustancialmente de las condiciones que han caracterizado el desarrollo histórico de la pesquería.

Bazzino (2009), analiza algunos de los impactos potenciales causados por eventos climático-oceanográficos, tales como El Niño o La Niña, sobre la pesquería del calamar gigante en el

Golfo de California y el Océano Pacífico, enfatizando además en la reciente expansión geográfica de *Dosidicus gigas* en relación con ciertos atributos poblacionales (adaptaciones y vulnerabilidad) y su respuesta frente al cambio climático global (calentamiento global, expansión de la zona de mínimo oxígeno y acidificación de los océanos). Por ello, vale la pena mencionar que algunos de los posibles escenarios futuros de cambio climático contemplan un posible aumento en la amplitud y frecuencia de los eventos El Niño (Collins, 2000a, 2000b; Latif & Keenlyside, 2008; Perry et al., 2009), lo cual podría ocasionar una disminución considerable en la abundancia del calamar gigante en el Pacífico Oriental y podría reflejarse en una mayor variabilidad interanual de las capturas con efectos negativos sobre la pesquería. Sin embargo, aún se desconoce con certeza cuáles son los impactos potenciales que pueden ocasionar determinados eventos climático-oceanográficos sobre la pesquería del calamar gigante en esta región del Pacífico. Esta incertidumbre subraya la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo oceanográfico y biológico-pesquero, así como de desarrollar capacidades de modelización que permitan explorar diferentes escenarios climáticos y sus implicaciones para la gestión sostenible del recurso.

En el contexto ambiental relacionado con la contaminación por la pesca de calamar gigante, hasta el momento no se ha documentado de manera sistemática la probable contaminación del ambiente marino por efectos de esta actividad. Recientemente, Harold Calle (comunicación personal, 2016) ha iniciado una investigación sobre los residuos sólidos que son arrojados desde las embarcaciones que se dedican a la captura de pota en la zona de Paita, enfatizando que es la basura plástica la que predomina. Este tipo de basura representa una problemática no solo a nivel

local sino también regional y global, generando una serie de impactos negativos sobre los diferentes ambientes marino costeros y sobre las sociedades que se relacionan directamente con ellos (Comisión Permanente del Pacífico Sur, 2007). La falta de sistemas adecuados de gestión de residuos a bordo y la ausencia de instalaciones portuarias para su recepción y tratamiento constituyen desafíos adicionales que deben ser abordados para minimizar los impactos ambientales de esta creciente actividad pesquera. La adopción de prácticas de pesca más sostenibles, que incluyan la gestión responsable de los residuos sólidos y líquidos generados a bordo, no solo contribuiría a reducir la contaminación marina, sino que también podría mejorar la percepción de los mercados internacionales sobre la sostenibilidad de la pesquería peruana de calamar gigante.

07 Capítulo

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE GESTIÓN

Hallazgos fundamentales de la evaluación de riesgos ecológicos

La aplicación de la metodología ERAEP en la pesquería del calamar gigante del norte del Perú ha permitido identificar que, de los cinco componentes ecológicos evaluados (especie objetivo, bycatch y byproduct, especies protegidas amenazadas y en peligro de extinción, hábitat y comunidades), únicamente el componente de especies PAE superó el umbral de consecuencia superior a tres en el Nivel 1 del análisis SICA. Este resultado evidencia la alta selectividad de la pesquería de pota, cuyo método de extracción mediante potera artificial sin uso de carnada genera un impacto mínimo sobre el hábitat, las comunidades ecológicas y las especies objetivo secundarias. Sin embargo, la vulnerabilidad de ciertas especies PAE, particularmente el tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), emerge como un aspecto crítico que demanda atención prioritaria en el diseño de estrategias de manejo. El análisis de productividad y susceptibilidad (Nivel 2) clasificó el riesgo ecológico global de la pesquería en un nivel medio, posicionando al tiburón martillo en la zona de riesgo alto del ploteo PSA, mientras que la pota y el perico se ubicaron en la zona de riesgo medio. Esta diferenciación refleja las características biológicas de cada especie: el tiburón martillo presenta una productividad intrínsecamente baja (madurez tardía, fecundidad reducida, crecimiento lento), lo que limita su capacidad de recuperación frente a perturbaciones antropogénicas, a diferencia de la pota que, con su ciclo de vida corto y rápido crecimiento, exhibe una mayor resiliencia poblacional.

Relaciones entre variabilidad ambiental y dinámica poblacional

El calamar gigante se caracteriza por ser una especie oportunista con una capacidad excepcional para responder rápidamente a las fluctuaciones ambientales y oceanográficas. Su distribución y abundancia están estrechamente vinculadas a las zonas de alta productividad primaria, particularmente en las áreas periféricas de los afloramientos costeros donde confluyen masas de agua con diferentes características termohalinas. Las mayores concentraciones del recurso se asocian consistentemente con las zonas de mezcla entre las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y las Aguas Costeras Frías (ACF), regiones donde la convergencia de nutrientes y la estabilidad hidrográfica crean condiciones óptimas para la agregación de presas y el desarrollo de paralarvas. Esta relación explica por qué los eventos climáticos de intensidad débil a moderada, tanto cálidos como fríos, han favorecido históricamente la abundancia de la especie, al promover condiciones ambientales que facilitan el desarrollo exitoso de las fases iniciales de su ciclo de vida y la disponibilidad de alimento, determinando altos niveles de reclutamiento y crecimiento. En contraste, los eventos extremos como La Niña 1996, El Niño 1997-1998 y El Niño 2015-2016 han tenido efectos adversos sobre las poblaciones de calamar gigante, manifestados en una menor supervivencia de las paralarvas y en la migración de adultos desovantes hacia áreas más favorables fuera del dominio marítimo peruano. Estos patrones evidencian la sensibilidad de la especie a las perturbaciones ambientales de gran magnitud y subrayan la importancia de incorporar la variabilidad climática en los modelos de evaluación de stock y en la planificación de las medidas de manejo.

Perspectivas para la investigación y la gestión sostenible

La evaluación de riesgos ecológicos ha identificado vacíos de conocimiento que deben ser abordados para fortalecer la gestión sostenible de la pesquería. Actualmente, no existen datos cuantitativos sistemáticos sobre los desechos orgánicos e inorgánicos generados por embarcación por día de pesca, una información esencial para dimensionar el impacto de los residuos sólidos y líquidos sobre el ecosistema marino y diseñar estrategias de mitigación. La basura plástica, especialmente los aparejos de pesca perdidos o descartados, constituye una fuente creciente de contaminación que afecta no solo a las especies objetivo sino también a las comunidades bentónicas y a la fauna acompañante. Se recomienda, además, extender las evaluaciones de biomasa de pota más allá de las 80 millas náuticas, considerando que la distribución del recurso abarca hasta las 200 millas de la zona económica exclusiva, y que la información limitada a las zonas costeras podría generar estimaciones sesgadas del estado poblacional. Finalmente, se sugiere promover la aplicación de la técnica ERAEP en otras pesquerías asociadas al ecosistema del norte peruano, particularmente en la pesquería de merluza y en las pesquerías de tiburones, con el fin de obtener una visión integral de los riesgos acumulativos que enfrenta el ecosistema marino y de desarrollar estrategias de manejo coordinadas que consideren las interacciones entre las diferentes actividades extractivas. La implementación de estas recomendaciones contribuirá a consolidar un enfoque ecosistémico para la gestión pesquera en el Perú, alineado con los compromisos internacionales de sostenibilidad y con las demandas

de los mercados globales que valoran cada vez más la trazabilidad y la responsabilidad ambiental de las cadenas productivas.

REFERENCIAS

- Argüelles, J. (2016). Recurso calamar gigante en el mar peruano frente al cambio climático. En *Libro de Resúmenes V Congreso de Ciencias del Mar del Perú* (p. 62). Lambayeque.
- Bazzino, G. A. (2009). Calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y cambio climático: Adaptaciones y vulnerabilidad. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual, & G. J. Villalobos-Zapata, (eds.). *Cambio climático en México: Un enfoque costero-marino* (pp. 473–482). Universidad Autónoma de Campeche Cetys Universidad, Gobierno del Estado de Campeche.
- Benites, C. (1985). Resultado de las investigaciones biológico-pesqueras de la jibia *Dosidicus gigas*(d'Orbigny, 1835) en el litoral peruano de julio 1983 a marzo 1984. En A. E. Tresierra Aguilar, (ed.). *Anales I Congreso Nacional de Biología Pesquera* (pp. 10–16). Trujillo.
- Bouchon, M., & Limache, J. (2015). *Bycatch jumbo squid (Dosidicus gigas) in the Peruvian purse-seiner fleet*. Instituto del Mar del Perú.
- Carbajal, W. (2013). *Reporte temático sobre indicadores de productividad* (Informe Final). Proyecto PNUD GEF HUMBOLDT.
- CCO y CPPS. (2008). *Efectos adversos generados por la basura marina y conformación del grupo de trabajo para reducir su ingreso al medio marino de la Bahía de San Andrés de Tumaco* (Informe Final).
- Cortés, E., Arocha, F., Beerkircher, L., Carvalho, F., Domingo, A., Heupel, M., Holtzhausen, H., Santos, M. N., Ribera, M., & Simpfendorfer, C. (2009). Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquatic Living Resources*, 22(4), 409–419. <https://doi.org/10.1051/alr/2009044>

- Csirke, J., Alegre, A., Argüelles, J., Guevara-Carrasco, R., Mariátegui, L., Segura, M., Tafúr, R., & Yamashiro, C. (2015). *Main biological and fishery aspects of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian Humboldt Current System* (SPRFMO Document SC-03-27). South Pacific Regional Fisheries Management Organization. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4924.7443>
- Daley, R., Bulman, C., Stevenson, D., Hobday, A., Sporcic, M., & Fuller, M. (2007). *Ecological risk assessment for the effects of fishing: Report of the demersal trawl sub-fishery for the Macquarie Island Fishery*. Australian Fisheries Management Authority.
- Delgado, E. (2003). Mareas rojas en el Perú. *Quinto Taller Regional de Planificación Científica sobre Floraciones de Algas Nocivas en Sudamérica*.
- El Comercio. (2017, enero 26). SNI pide nuevamente al Produce que supervise biomasa de pota. *El Comercio*. <https://n9.cl/o5gojs>
- Flores, R., Tenorio, J., & Dominguez, N. (2009). Variaciones de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell frente al Perú entre los 3 y 14°S. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 24(1-2), 45–55.
- Furlani, D., Ling, S., Hobday, A., Dowdney, J., Bulman, C., Sporcic, M., & Fuller, M. (2007). *Ecological risk assessment for the effects of fishing: Southern squid jig sub-fishery*. Australian Fisheries Management Authority.
- Galarza, E., & Kámiche, J. (2015). *Pesca artesanal: Oportunidades para el desarrollo regional*. Universidad del Pacífico.
- Guevara-Carrasco, R., & Wosnitza-Mendo, C. (2009). Cambios en la productividad de la merluza peruana. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 24(1-2), 15–20.

- Gutiérrez, D., Bertrand, A., Wosnitza-Mendo, C., Dewitte, B., Purca, S., Peña, C., Chaigneau, A., Tam, J., Graco, M., Echevin, V., Grados, C., Fréon, P., & Guevara-Carrasco, R. (2011). Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas. *Revista Peruana Geo-Atmosférica*, 3, 1–26.
- Hobday, A. J., Smith, A., Webb, H., Daley, R., Wayte, S., Bulman, C., Dowdney, J., Williams, A., Sporcic, M., Dambacher, J., Fuller, M., & Walker, T. (2006). *Ecological risk assessment for the effects of fishing: Methodology* (Report R04/1072). Australian Fisheries Management Authority.
- Hobday, A., Stobutzki, I., & Webb, H. (2004). Draft ecological risk assessment for the effects of fishing: Eastern tuna and billfish fishery (v7). En A. Hobday, A. D. M. Smith, & I. Stobutzki, (eds.). *Ecological risk assessment for Australian Commonwealth fisheries: Final report – Stage 1. Hazard identification and preliminary risk assessment* (July 2004). Australian Fisheries Management Authority.
- Instituto del Mar del Perú. (2015a). *Anuario Científico Tecnológico IMARPE 2015*. Instituto del Mar del Perú.
- Instituto del Mar del Perú. (2015b). *Situación del calamar gigante durante el 2014 y perspectivas de pesca para el 2015* (Informe Interno).
- Instituto del Mar del Perú. (2016). *Reporte de ocurrencias semanal de la actividad pesquera artesanal en el litoral peruano* (ROSPA 30, del 25 al 31 de julio de 2016). <http://www.imarpe.gob.pe>
- Martínez, E., & Pérez, E. (2008). *Informe sobre la situación de la pesca artesanal y posibilidades de aplicación del extensionismo pesquero en las comunidades de pescadores artesanales del norte de Perú*.

- Ministerio del Ambiente. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Ministerio del Ambiente.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *Guía de evaluación de riesgos ambientales*. Ministerio del Ambiente.
- Montes, I., Colas, F., Capet, X., & Schneider, W. (2010). On the pathways of the equatorial subsurface currents in the eastern equatorial Pacific and their contributions to the Peru–Chile Undercurrent. *Journal of Geophysical Research*, 115. <https://doi.org/10.1029/2009JC005710>
- Morón, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2), 179–204.
- Morón, O., & Sarmiento, M. (1999). *Detección de especies de invertebrados indicadores del fenómeno El Niño y otros trastornos con el medio ambiente* (Informe Interno). Instituto del Mar del Perú.
- Olivares Bernal, C. E. (2017). *Evaluación del riesgo ambiental por efectos de la pesca del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Norte del Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Piura].
- Proyecto GEF-PNUD-Humboldt. (2012). Informe preliminar de los Talleres de Evaluación de Riesgo Ecológico 2012 en los sitios piloto del Proyecto GEF-PNUD-GEMCH: Isla Lobos de Tierra, Islas Ballestas y Punta San Juan, durante octubre de 2012.
- Reguera, B. (2002). Capítulo 1: Establecimiento de un programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En E. A. Sar, M. E. Ferrario, & B. Reguera, (eds.). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Instituto Español de Oceanografía.

- Tarazona, J., Gutiérrez, D., Paredes, C., & Indacochea, A. (2003). Una revisión y desafíos para la investigación en biodiversidad marina en Perú. *Gayana*, 67(2), 206–231.
- The Environment Management. (2014). Taller de análisis de riesgo ecológico: Pesquería de recursos bentónicos en la isla Lobos de Tierra, Santa Rosa, Lambayeque, 22-23 de septiembre de 2014. GEF-Humboldt.
- Wosnitza-Mendo, C., Jarre, A., Ñiquén, M., & Guevara-Carrasco, R. (2010). Evaluación de riesgo ecológico. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 73–80.
- Yamashiro, C. (2015). *Investigaciones sobre la biología y pesquería del calamar gigante: Perspectivas de explotación* [Presentación]. Conferencias de Sostenibilidad Marina, SNP.
- Yamashiro, C., Espino, M., Mariátegui, L., Sanjinez, M., Espinoza, E., Gamarra, A., & Morón, O. (2014). The ENSO and changes in the abundance and availability of *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *6th International Symposium on Pacific Squids* (p. 87). Instituto del Mar del Perú.
- Yamashiro, C., Mariátegui, L., & Taipe, A. (1997). Cambios en la distribución y concentración del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) frente a la costa peruana durante 1991-1995. *Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú*, 52, 3–40.
- Zuta, S., & Guillén, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 2, 157–324.



ISBN: 978-9907-820-05-8

