

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 45, Número 4



Octubre - Diciembre 2018
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

PLANTEAMIENTOS SOBRE NECESIDADES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS, CON ÉNFASIS EN ORGANISMOS BENTÓNICOS Y PLANCTÓNICOS DEL MAR PERUANO

SOME SCIENCE AND TECHNICAL KNOWLEDGE NEEDS, WITH FOCUS ON BENTHIC AND PLANKTONIC ORGANISMS FROM THE PERUVIAN SEA

Víctor Aramayo¹

Avy Bernales¹

Analí Jiménez²

RESUMEN

ARAMAYO V, BERNALES A, JIMÉNEZ A. 2018. *Planteamientos sobre necesidades científicas y técnicas, con énfasis en organismos bentónicos y planctónicos del mar peruano*. *Inf Inst Mar Perú* 45(4): 563-573.- Identificamos y describimos brevemente algunas necesidades científicas (especialmente, para el bentos y el plancton del mar peruano) y técnicas (para ordenar, sistematizar, compartir y difundir información científica) que consideramos importantes atender en el corto y mediano plazo con la finalidad de mejorar el alcance de nuestros estudios y productos. En el marco de algunas preguntas científicas clave, planteamos un enfoque (incluyendo bentos y plancton, sin dejar de lado el escenario de variabilidad climática) que se divide en tres líneas principales: (I) Diversidad funcional e interacciones, (II) Ecología trófica y (III) Conectividad, dispersión larval y reclutamiento. Centramos nuestro planteamiento de necesidades técnicas, especialmente en el ordenamiento y sistematización de los datos e información, con el objetivo de atender temas como: (i) Confiabilidad de los datos, (ii) Dificultad para comparar datos, (iii) Eficiencia de análisis, (iv) Potencial pérdida de datos e información y (v) Limitada secuencia lógica en la investigación y sus productos.

PALABRAS CLAVE: necesidades científicas y técnicas, bentos, plancton, Perú

ABSTRACT

Aramayo V, Bernales A, Jiménez A. 2018 *Some science and technical knowledge needs, with focus on benthic and planktonic organisms from the Peruvian sea*. *Inf Inst Mar Peru* 45(4): 563-573.- We identify and briefly describe some scientific (especially, for benthos and marine plankton from the Peruvian sea) and technical (organization, systematization and dissemination of scientific information) knowledge needs that we consider important to carry out in the short and medium term, in order to improve the scope of our studies and products. Our general approach (including benthos and plankton, regarding the climate variability) is divided into three main lines: (I) Functional diversity and ecological interactions, (II) Feeding ecology, (III) Connectivity, larval dispersion and recruitment. Focusing on data and information management, we analyzed the technical needs aiming to resolve key points such as (i) Data reliability, (ii) The data contrasting problem, (iii) Limited efficiency of data analysis, (iv) Potential loss of data and information, and (v) Absence of a logical sequence between researching and its products.

Keywords: science and technical knowledge needs, benthos, plankton, Peru

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema de la Corriente de Humboldt frente a Perú (SCHP), sometido permanentemente a forzamiento remoto y local, a menudo refleja respuestas fisicoquímicas y, especialmente biológicas, complejas y muy variables a diferentes escalas (en términos de patrones identificables). Más aun, esta gran región marina del océano es sometida en forma recurrente a drásticos cambios en el escenario ambiental, inducidos por el ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS); dichos cambios de multiescala modulan no sólo la física (p.ej., nivel del mar y profundidad de la termoclina) y la química (p.ej., disponibilidad de nutrientes y régimen de oxígeno) de la productividad del SCHP, sino especialmente, la biología (p.ej. tasas de crecimiento y los patrones de

reproducción), ecología (p.ej., sucesión de especies) e interacciones (intraespecíficas e interespecíficas, como la depredación y competencia por espacio) de un amplio espectro de organismos, muchos de los cuales tienen directa repercusión e interés para el hombre por su importancia comercial (p.ej., anchoveta, caballa, jurel, merluza, calamar gigante, concha de abanico, entre otros que representan altas cifras económicas, especialmente para la pesquería industrial).

Se necesita avanzar progresivamente hacia un entendimiento más integral del SCHP; particularmente, mejorando y ampliando el alcance de los estudios y apuntando hacia objetivos clave como las interacciones ecológicas (p.ej., para resolver problemas que involucran a más de un componente), mejorando

¹ Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica, Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático – Instituto del Mar del Perú

² Programa de Maestría en Ciencias del Mar - Universidad Peruana Cayetano Heredia
Correo electrónico: varamayo@imarpe.gob.pe

tanto metodologías como resoluciones de análisis (p.ej., empleando herramientas moleculares y afinando habilidades taxonómicas clásicas) e incluso incorporando herramientas de la información más eficientes y de mayor impacto, que permitan divulgar ampliamente los resultados e incrementar su impacto social.

En este sentido, en este trabajo, se analizan, brevemente, algunas necesidades de investigación, tanto científicas (especialmente para bentos y plancton marino) como técnicas (para ordenar, sistematizar, compartir y difundir datos e información científica del bentos y plancton marinos) planteándose propuestas para avanzar en el corto y mediano plazo, especialmente en el marco de las actividades científicas que se realizan en el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

2. CONTEXTO CIENTÍFICO

2.1 Aspectos claves del bentos y el plancton en el SCHP

A la par de su producción pesquera (BAKUN y WEEKS 2008) el SCHP es uno de los más cambiantes tanto en términos de escenario ambiental como en aspectos de respuestas biológicas (CHAVEZ *et al.* 2008). El mar peruano alberga gran abundancia y diversidad de especies (muchas de estas de importancia comercial como la anchoveta), estas poblaciones están estrechamente conectadas a través de diferentes tipos de relaciones que sustentan su mantenimiento (p.ej., interacciones tróficas reflejadas en la dinámica depredador-presa) y su continuidad en el tiempo (p.ej., el éxito en la actividad reproductiva). Estos vínculos sugieren un funcionamiento integrado no sólo en los estratos superiores del mar, sino también, una necesaria conexión con la actividad que sucede a lo largo de la columna de agua y el fondo a través de la exportación de material orgánico primario (como son agregados de origen fitoplanctónico, desechos o restos orgánicos, etc.). Este tipo de acoplamiento pelágico-bentónico sustenta gran parte de la actividad biológica que sucede en los sedimentos marinos (ALONGI 1998) y puede modular las características biogeoquímicas generales del hábitat bentónico (MARCUS y BOERO 1998, SMITH *et al.* 2001).

Diversos estudios en Perú han abordado la variabilidad temporal y espacial de los diferentes componentes del bentos que habitan la plataforma profunda y el talud (LEVIN 2003, MOSCH *et al.* 2012, GLOCK *et al.* 2013), analizando exhaustivamente procesos bentónicos (LEVIN *et al.* 2002) e, incluso, evaluando el impacto de eventos extremos de perturbación (LOMOVASKY *et al.* 2011). Asimismo, dichos análisis han estado enfocados predominantemente sobre la macrofauna, la megafauna (FRANKENBERG y MENZIES 1968, TARAZONA y ARNTZ 2001, MOSCH *et al.* 2012) y sobre la meiofauna

protozoaria y metazoaria (RESIG y GLENN 1997, NEIRA *et al.* 2001, LEVIN *et al.* 2002), entre los más importantes componentes estudiados.

Sin embargo, otros aspectos como el metabolismo dentro del bentos (productividad, tasas de respiración, el ritmo de renovación poblacional, etc.) o su aporte a la productividad superficial, permanecen aún como procesos indeterminados o poco claros, limitando de esta forma el conocimiento que se tiene acerca de la participación de este componente en la dinámica y flujo del carbono en el SCHP y la capacidad de modelar dichos cambios en el tiempo.

Una aproximación hacia el complejo funcionamiento del SCHP y su entendimiento, implica considerar (entre las principales líneas base de estudio) la posición funcional de los organismos del bentos y cómo este componente interviene en el mecanismo general del ecosistema. Estudios en diversos ecosistemas marinos han mostrado la especial importancia de las poblaciones bentónicas en el metabolismo de su ambiente y han develado particularidades sobre el ciclo de la masa orgánica en el océano (COULL 1990, GIERE 1993, COULL *et al.* 1995, COULL 1999, STREET *et al.* 1998, LEVIN 2003, MOSCH *et al.* 2012), las interacciones tróficas en el ecosistema (NEIRA y HÖPNER 1994, NEIRA *et al.* 2001) y su importancia como rápidos indicadores de cambios oceanográficos naturales o inducidos por el hombre (TARAZONA *et al.* 1996, THISTLE 2003).

La ingente cantidad y diversidad de organismos (y, por lo tanto, funciones ecológicas) que habitan a lo largo de la columna de agua y conforman el plancton marino, es otra de las prioridades para incrementar la investigación científica y representa un tema central por las implicancias que este gran componente genera, tanto para el funcionamiento del ecosistema, como por los servicios que brinda al hombre. Por ejemplo, el fitoplancton presente en el SCHP (representado por diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos) tiene un papel trascendente, especialmente en los principales centros de afloramiento a lo largo de la costa peruana, en los cuales no sólo interviene en la productividad primaria, sino también, en la captura y posterior flujo del CO₂ (en el caso del SCHP, influenciado por las diatomeas).

También, y especialmente en áreas costeras, los pequeños organismos (p.ej., los dinoflagelados) son responsables de eventos de floración microalgal (tanto inocuos como nocivos). Típicas especies de dinoflagelados productores de mareas rojas en Perú son: *Akashiwo sanguinea*, *Prorocentrum micans*, *Ceratium fusus* v. *fusus*, *Gonyaulax polygramma*; por su parte, especies de diatomeas que forman floraciones microalgales, aunque no tóxicas, son *Detonula pumila*, *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*. Tan sólo

el estudio a fondo de la fisiología y ecología de estas especies, representa una de las principales necesidades de conocimiento en el SCHP, especialmente en eventos de alta frecuencia como las floraciones, las cuales tienen el potencial de producir severos cambios (por ejemplo en peces costeros, invertebrados filtradores de importancia comercial, etc.) tanto en la columna de agua como sobre el fondo.

El estudio de los cocolitofóridos, se ha desarrollado notablemente en los últimos años, especialmente al asociarlos con los cambios en el sistema del carbonato, cambios en el pH del agua de mar, el flujo de CO_2 (atmósfera-oceano). A mayor escala, el estudio de este grupo fitoplanctónico ha sido útil para entender tanto modificaciones producidas por el calentamiento anómalo en algunas regiones del océano, como la tendencia creciente a la acidificación (SCHLÜTER *et al.* 2014). También se ha propuesto que este grupo es un productor de dimetilsulfuro (DMS) (*sensu* CHARLSON *et al.* 1987), hipótesis que plantea interacciones entre el fitoplancton oceánico, el sulfuro atmosférico, las nubes y el albedo, como mecanismos de regulación del clima, y considera una participación clave por parte del fitoplancton y el DMS en los procesos atmósfera-oceano-tierra.

De hecho, estos últimos temas han despertado un notable interés, especialmente en áreas de gran producción de recursos marinos vivos como el SCHP y los posibles escenarios ambientales a los cuales pueda enfrentarse. Indicadores de condiciones calcificantes (es decir, productores de CaCO_3) en el mar como los cocolitofóridos, los foraminíferos (tanto pelágicos como bentónicos), Pteropodos, otros moluscos, corales, etc., son una importante fuente de información para medir cambios, casi imperceptibles, en otras especies y, su estudio constituye un aporte relevante para la elaboración de posibles escenarios ambientales futuros.

2.2 Interacciones ecológicas y recursos costeros

Tanto el estudio del bentos marino como el del plancton tienen una importante repercusión para el entendimiento, manejo y eventual gestión integral de áreas marinas. Las interacciones ecológicas son campos de investigación potencialmente más favorables para estudios de conservación y diversidad (al evaluar la diversidad funcional y especies clave), de evaluaciones del estado ecológico de un hábitat (p. ej., identificando indicadores biológicos) y de dinámica poblacional en especies comerciales (p. ej., caracterizando el ciclo vital de una especie y sus etapas más críticas), etc.

La riqueza biológica en la columna de agua (esto es, la diversidad de especies del plancton, su

productividad y calidad bioquímica como alimento) y las interacciones ecológicas que las gobiernan, son cruciales para el éxito reproductivo de muchas especies costeras de importancia comercial (p.ej., peces, invertebrados, macroalgas). En términos cuantitativos, el SCHP ofrece una de las más óptimas condiciones productivas, lo que se ha reflejado desde las primeras estimaciones de productividad primaria, cuyos resultados iniciales superaban los $200 \text{ gCm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ (STRICKLAND *et al.* 1969) o fluctuaban entre $0,3$ y $1,0 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (ZUTA y GUILLÉN 1970) en períodos de alta productividad.

La productividad del SCHP también está fuertemente influenciada por las condiciones oceanográficas físicas, especialmente representadas por las corrientes que determinan patrones de migración y distribución vertical de una amplia gama de organismos planctónicos, a diferentes escalas de tiempo y espacio (BRINK *et al.* 1980). Este condicionamiento ha sido observado en grupos destacados del zooplancton como los copépodos (HEINRICH 1973, HIDALGO *et al.* 2005). Un ejemplo de la modulación que ejerce el ambiente marino sobre los núcleos de concentración y el ordenamiento de la vida marina, se observa en el efecto que produce la zona de mínimo oxígeno (ZMO) sobre la distribución de organismos zooplanctónicos, tanto a nivel comunitario (CRIALES-HERNÁNDEZ *et al.* 2008) como específico (ANTEZANA 2002).

Tomando en cuenta que el plancton juega un papel importante en el ciclo del material orgánico dentro del sistema y, de hecho, sirve de alimento para un ingente número de otras especies, su estudio es un ítem clave para entender diversos procesos, desde aquellos generales relacionados con la productividad en el océano, hasta mecanismos locales que favorecen procesos de retención y, por lo tanto, contribuyen en la disponibilidad de alimento para peces filtradores, depredadores intermedios, bivalvos filtradores y una gran variedad de fases larvales y juveniles de otras especies, muchas de las cuales tienen importancia económica para la pesquería industrial y artesanal.

3. NECESIDADES CIENTÍFICAS

3.1 Enfoque

Este breve análisis de necesidades científicas plantea un enfoque integrado para el estudio del bentos y el plancton marino, tomando en cuenta algunas preguntas generales y específicas de referencias (Tabla 1, Anexo), las cuales pueden servir para direccionar e iniciar nuevas líneas de estudio. Además, identificamos y brevemente describimos algunos temas en particular, con la finalidad de estimular, en el corto y mediano plazo, el desarrollo e implementación de dichos ítems científicos.

Este enfoque (que incluye bentos y plancton) ha sido dividido en tres líneas principales: (I) Diversidad funcional e interacciones, (II) Ecología trófica, y (III) Conectividad, dispersión larval y reclutamiento.

También se considera, como tema prioritario y transversal a estas líneas, la alta variabilidad climática (desde cambios locales de alta frecuencia hasta otros de mayor escala como los inducidos por el ciclo ENOS). Además, es necesario evaluar el nivel de vulnerabilidad del ecosistema bentónico (en relación con los servicios ecosistémicos que presta), lo cual es un punto crucial, especialmente en materia de manejo de recursos (muchos procesos clave suceden en el fondo marino o se reflejan en la columna de agua, y tienen significado ecológico para el desarrollo de poblaciones de importancia comercial como bivalvos, peces, macroalgas, etc.).

LÍNEAS PRINCIPALES

I. Diversidad funcional e interacciones

Aunque en los últimos años se ha avanzado hacia el estudio comunitario de nuevos grupos ecológicos del bentos (p.ej., en macrofauna, meiofauna, microfauna) con relación a la función que cumplen dentro de su hábitat (principalmente en fondos blandos) y cómo contribuyen críticamente en procesos bentónicos, aún persisten vacíos en el estudio y aplicación de conceptos más integradores como la diversidad funcional (es decir, la cuantificación y análisis de los atributos de la diversidad), un enfoque que es frecuentemente usado para evaluar el impacto antropogénico sobre el funcionamiento del ecosistema, analizar cambios en los mecanismos de alimentación, estudiar fluctuaciones de gran escala en el espectro de tamaños, variaciones en la longevidad y la importancia de este aspecto en el mantenimiento de las poblaciones a mediano y largo plazo, etc., todo esto en relación con factores de perturbación múltiple como la eutrofización, la hipoxia/anoxia, polución por desechos químicos en áreas costeras, el impacto de la pesquería (MENDO *et al.* 2008, MEYER *et al.* 2014), entre otros más.

Asimismo, aún existe déficit en la evaluación taxonómica, especialmente en la meiofauna (p.ej., nematofauna, metazoarios importantes, en términos numéricos, dentro del bentos marino), este vacío de información podría ser abordado no sólo con taxonomía clásica (análisis de caracteres taxonómicos morfológicos), sino también, con técnicas genéticas y moleculares que permitan complementar el estudio.

Similar esfuerzo es necesario para incrementar el conocimiento de grupos bacterianos del sedimento (p.ej., su influencia en el ciclo de elementos y la biogeoquímica general del sedimento superficial),

especialmente en aquellos grupos como *Candidatus Marithioploca*, los cuales pueden tener influencia, como hábitat biológico, en el asentamiento y desarrollo de poblaciones de protozoarios y metazoarios del bentos.

Igualmente, para el caso del fitoplancton existen tareas pendientes relacionadas al estudio de grupos funcionales, su utilidad como indicadores ecológicos de su entorno y cómo se les puede emplear para entender cambios comunitarios a gran escala asociados a limitantes oceanográficos como la ZMO o forzantes de mayor escala como ENOS.

A pesar que este tipo de estudios son relativamente amplios e involucran un importante tiempo de análisis, los resultados que derivan de estas evaluaciones tienen un amplio rango de aplicaciones; por ejemplo, el mejoramiento en el monitoreo de áreas costeras (a través de evaluaciones específicas de grupos funcionales clave), estudios de línea de base ambiental, indicadores biológicos (al funcionar como ensamble de especies), información básica para implementar modelos, etc.

II. Ecología trófica

Esta línea de estudio ha sido muy poco explorada desde la perspectiva del bentos y el plancton, por lo que, muchos modelos que consideran a estos dos componentes sólo incorporan datos 'gruesos' provenientes de literatura. En el caso del plancton, aunque existen algunos trabajos relevantes que incorporan a este componente (TAYLOR *et al.* 2008 a,b) aún hay un importante déficit de conocimiento sobre las características poblacionales de ciertas especies en relación con la influencia de patrones de variabilidad natural, local y regional.

Hasta ahora, solo hemos abordado un determinado número de preguntas e hipótesis científicas desde una perspectiva inferencial (p.ej., en el caso del bentos al considerar la clorofila-a sedimentada como buen indicador de alimento), este enfoque ha sido empleado incluso para definir ideas relacionadas con el acoplamiento pelágico-bentónico tanto en áreas profundas de la plataforma como en áreas más costeras (TARAZONA *et al.* 1985); sin embargo, aunque muy útil, esta aproximación es limitada, y dificulta explorar varios otros procesos tróficos dentro del bentos. Consideramos que para fortalecer esta línea podría enfatizarse el análisis del flujo trófico (quizá implementando, simultáneamente, metodologías basadas en el empleo de isótopos y enfoques de modelamiento). Esto permitiría establecer no sólo el nivel trófico, sino también, las especies dominantes en este flujo, con relación a fuentes de carbono y su conexión con otros componentes del ecosistema.

Existe también un tema de contaminantes a lo largo de la cadena trófica que especialmente involucra al bentos (debido a procesos de sedimentación que terminan depositando muchos elementos contaminantes sobre el fondo). No tenemos una idea clara acerca de la acumulación de contaminantes dentro del tejido de varios organismos bentónicos (y si este impacto es diferente según el nivel trófico). Esto puede ser aplicado tanto para entender ciclos o flujos de tipo natural dentro de la cadena trófica, como para determinar el estado o vulnerabilidad de ciertas poblaciones de importancia comercial.

La influencia general de la variabilidad del plancton sobre otros componentes del ecosistema (p.ej., el acoplamiento entre poblaciones de algunas especies de peces comerciales y su actividad alimentaria sobre el fitoplancton y el zooplancton) y el grado de sincronización de estos eventos, siguen siendo temas claves en la ecología marina. Tanto la variabilidad climática como la presión pesquera también son dos puntos relevantes para mencionar en asociación a esta línea de estudio prioritaria. Como ejemplos de este escenario puede mencionarse algunas especies de importancia comercial ubicadas en diferentes nodos tróficos (p.ej., anchoveta, merluza, calamar gigante), pero igualmente afectadas directa e indirectamente por el control trófico ejercido desde los niveles más primarios (TAYLOR *et al.* 2008 b).

III. Conectividad, dispersión larval y reclutamiento

Esta es una línea transversal que involucra no solo evaluar el ciclo ontogénico de algunas especies claves, sino también, determinar qué procesos influyen los patrones de distribución y concentración poblacional, con énfasis especial en los procesos físicos costeros que modulan estos ciclos. Análisis comunitarios que han empleado este tipo de enfoque (JIMÉNEZ 2016) han develado algunas de las principales conexiones y procesos físicos involucrados en los estilos de vida de muchas especies de pequeños invertebrados (Tabla 2) desde sus primeras etapas de vida pelágica hasta su posterior asentamiento sobre el fondo, ya sea sobre un sustrato blando o duro (RAMOS *et al.* 1999).

Previo a la dispersión larval en sí, está el proceso reproductivo de los organismos, cómo funcionan y qué factores influyen (algo que podría ser abordado, sobre especies seleccionadas mediante estudios experimentales). Sin embargo, la evaluación de los huevos y larvas *in situ* tanto en columna de agua (p.ej., a través de la búsqueda e identificación directa de especies relevantes y cuyo reclutamiento pueda corroborarse en muestras del bentos marino) como en el sedimento (p.ej., mediante análisis de huevos, fases larvales y juveniles que pueden ser identificados en muestras de macrofauna y meiofauna), constituyen

Tabla 2.- Listado de algunos poliquetos bentónicos identificados en la columna de agua y el sedimento a nivel submareal frente a Callao. Verano - invierno 2015 (tomado de JIMÉNEZ 2016)

Familia	Especie	Ciclo biológico	Estadio
Amphinomidae	Amphinomidae	Bentopelágico	Larva
Capitellidae	<i>Capitella capitata</i>	Bentopelágico	Adulto
	<i>Mediomastus</i> sp.	Bentopelágico	Juvenil
Cirratulidae	<i>Tharyx</i> sp.	Holobentónico	Juvenil y adulto
Cossuridae	<i>Cossura chilensis</i>	Bentopelágico	Adulto
Dorvilleidae	Dorvilleidae	Bentopelágico	Larva
Glyceridae	Glyceridae	Bentopelágico	Larva
Hesionidae	Hesionidae	Bentopelágico	Juvenil
Magelonidae	<i>Magelona phyllisae</i>	Bentopelágico	Larva, juvenil y adulto
Nephtyidae	<i>Nephtys ferruginea</i>	Bentopelágico	Larva, juvenil y adulto
Onupidae	<i>Diopatra</i> cf. <i>chilensis</i>	Bentopelágico	Juvenil y adulto
Pilargidae	<i>Hermundura fauveli</i>	Holobentónico	Adulto
	<i>Sigambra bassi</i>	Bentopelágico	Larva, juvenil y adulto
	Pilargidae	Holobentónico	Juvenil
Orbiniidae	<i>Leitoscoloplos chilensis</i>	Bentopelágico	Juvenil y adulto
Polynoidae	Harmothoinae	Bentopelágico	Adulto
Sabellariidae	Sabellariidae	Bentopelágico	Larva
Spionidae	<i>Boccardia chilensis</i>	Bentopelágico	Larva
	<i>Paraprionospio pinnata</i>	Bentopelágico	Larva, juvenil y adulto
	<i>Polydora</i> spp.	Bentopelágico	Larva
	<i>Prionospio</i> sp.	Bentopelágico	Larva
	<i>Spiophanes</i> sp.	Bentopelágico	Larva, juvenil y adulto
	Spionidae sp. 1	Bentopelágico	Larva
Syllidae	<i>Syllis magdalena</i>	Bentopelágico	Larva
	Syllidae	Bentopelágico	Larva

buenas herramientas que contribuirían en la evaluación de poblaciones que están interconectadas y dependen mutuamente de un flujo poblacional. De hecho, este enfoque de conectividad podría emplearse en gran número de especies bentónicas cuyas etapas iniciales de vida son realizadas exclusivamente en la columna de agua.

Con relación a especies bentónicas de importancia comercial y de amplia distribución (WOLFF 1988, WOLFF y MENDO 2000) el énfasis se podría aplicar sobre especies locales relevantes para la extracción artesanal como *Argopecten purpuratus* (p.ej., en relación con el manejo de sus bancos naturales y el grado de conectividad entre sus áreas de influencia como Sechura, isla Lobos de Tierra, bahía Independencia, etc.), y géneros como *Concholepas*, *Fissurella*, entre otros. En este mismo sentido, un marco conceptual basado en metapoblaciones y áreas sumidero/fuente y la identificación de las escalas de influencia (tiempo y espacio), podrían emplearse para ahondar en la exploración de los patrones de distribución de algunas de estas especies bentónicas (y el manejo sostenido de su explotación).

Otro de los retos importantes, especialmente en el SCHP, lo representa la incorporación de escenarios locales de alta variabilidad, producidos por procesos físicos persistentes como el afloramiento costero, la magnitud e intensidad de la ZMO, o la influencia remota de ENOS, y la manera como estos eventos influyen espacialmente la conectividad entre poblaciones, los mecanismos de retención en el plancton, la temporalidad de estos sucesos, y el impacto biológico-ecológico de los mismos a mediano y largo plazo (al limitar o favorecer la formación de áreas de concentración de recursos pesqueros).

Finalmente, estos resultados podrían ser insumos relevantes para establecer tanto medidas de protección poblacional y manejo, como para favorecer la administración sustentable de recursos marinos costeros, especialmente invertebrados bentónicos.

4. NECESIDADES TÉCNICAS: PROPUESTAS

4.1 Administración de la información científica

La información científica, merece una importante reflexión en cuanto a su gestión y administración óptimas. A nivel mundial, existe una creciente y muy rápida demanda de información específica y validada por especialistas, especialmente en aquellos temas que tienen relación con el manejo de recursos.

Para el caso que estamos analizando (bentos y plancton), consideramos la necesidad de movernos

progresivamente hacia un sistema integrado (SI), el cual puede tener un rango funcional muy amplio y completo al tratarse temas como diversidad biológica o áreas principales de abundancia de ciertas especies. Un SI puede incorporar/presentar diferentes enfoques (p.ej., información, de análisis, uso de metadata primaria para acceso público, etc.); y permite tener, en un mismo entorno virtual, información complementaria (p.ej., parámetros abióticos asociados, datos básicos sobre distribución, etc.) que compensarían las necesidades de información.

La información sobre diversidad biológica marina es amplia como tal (p.ej., tipos de hábitats, diversidad de especies, etc.) tan solo la riqueza de invertebrados bentónicos y la del plancton puede superar ampliamente la riqueza de varios ecosistemas terrestres costeros. Para estos casos, un SI permite manejar información más compleja en términos de abundancia de datos y puede ser construido de tal forma que consiga ser explorado desde un nivel muy básico (p.ej., a través de consultas taxonómicas) hasta niveles más específicos de búsqueda (al permitir conocer la distribución de una especie indicadora). Esta forma de trabajo no sólo admite ordenar sistemáticamente la información disponible, sino también, sirve de plataforma para nueva información (tales como adiciones, actualizaciones, correcciones, etc.). Este sistema no es excluyente, al permitir la futura incorporación de nuevo material o nuevos grupos (originalmente no contemplados).

4.2 ¿Dónde empezar?

Un manejo integrado de la información requiere, previamente, la construcción o el uso de una base de datos (BD) universal. A nivel mundial existe un gran número de BD disponibles vía internet, las cuales brindan rápido y fácil acceso a diferente tipo de información en cualquier momento y lugar. Una característica básica e importante de estas BD es que permiten trabajar, en principio, con data ordenada y sistematizada, generalmente orientada a fines de evaluación (compuesta con metadata estadística) o monitoreo (metadata de seguimiento). Algunas BD reúnen ambas características y adicionalmente pueden brindar datos complementarios sobre sinonimias taxonómicas, distribución de especies/grupos ecológicos, localidades tipo, rango batimétrico/latitudinal de los registros, etc.

En general, las mejores BD sobre información biológica y ecológica presentan plataformas *online*, con interfaces que permiten el acceso a nivel de usuario, desarrolladas específicamente para el registro general de diversidad marina (World Register of Marine Species, WoRMS, www.marinespecie.org), biogeografía en el océano

(Ocean Biogeographic Information System, OBIS, www.iobis.org) y en varios casos para el ordenamiento de un gran número de datos e información sobre grupos específicos como algas (AlgaeBase, www.algaebase.org), moluscos (MolluscaBase, www.molluscabase.org), nemátodos de vida libre (World Database of Free-Living Marine Nematodes, www.nemys.ugent.be), peces (FishBase, www.fishbase.org), entre otras.

La finalidad más importante de ordenar datos e información científica especializada es tener disponible insumos sistematizados, verificados y confiables para la investigación y, como consecuencia, contribuir, como un elemento de decisión adicional, en la evaluación no solo de la riqueza biológica de un área, caracterización de su hábitat, definición de rangos de distribución, sino también, en la generación de medidas de conservación y manejo. Una adecuada BD permite tanto fortalecer la producción científica de los investigadores que la usan, como promover el eventual intercambio de información y datos relevantes con otros especialistas en todo mundo.

El alcance y contribución de este tipo de información puede ser aún mayor si el acceso se extiende hacia personas no necesariamente especialistas, lo cual constituiría un aporte de la investigación teórica y aplicada hacia la colectividad (profesores, estudiantes de universidades, profesionales de campos similares, etc.).

El IMARPE produce y evalúa una gran cantidad de datos e información sobre diversidad biológica y ecológica, p.ej., en materia de bentos marino y plancton (fitoplancton y zooplancton). Dicha información está referenciada geográficamente y cuenta con información complementaria acerca de parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento, e información general del hábitat. Es posible incrementar la eficiencia de uso de esta información mediante dos procedimientos: sistematización (es decir, orden lógico de toda la información en una única fuente de datos confiable) y automatización (minimizar tiempo y sintetizar procedimientos en el manejo de dichos datos e información). Esto es un requerimiento crítico si se ve a la luz de la producción científica y los insumos que abastecen dicha actividad en el tiempo. De hecho, la carencia de una BD institucional adecuada puede dificultar el alcance de las investigaciones sobre determinadas especies objetivo o grupos ecológicos por las siguientes razones que hemos detectado:

a. Poca confiabilidad de los datos, debido a la incertidumbre de los registros ingresados y no revisados sistemáticamente (p. ej., densidades, pesos, volúmenes, etc.), duplicidad de la información,

ausencia de una verificación exhaustiva, por parte de los autores de los artículos, sobre nombres científicos, lo que puede repercutir en la calidad de los productos reportados para su publicación.

b. Dificultad para comparar datos, porque generalmente, datos similares o provenientes de una misma campaña de muestreo pueden ser registrados o directamente digitalizados bajo diferentes criterios de ordenamiento y no son comparables. Esto es especialmente complicado cuando se analizan datos en retrospectiva.

c. Eficiencia limitada de análisis, cuando no se cuenta con una BD institucional, con permanente verificación de sus datos e información, porque es más difícil realizar análisis exploratorios de largo plazo (lo que compromete un valioso tiempo adicional para reordenar/corregir la información). Similar capacidad limitada se tiene cuando es necesario comparar rápidamente datos puntuales (p.ej., densidades de una especie cuyo nombre científico aparece en diferentes registros y escrito de diferente forma).

d. Potencial pérdida de datos e información. Sin un adecuado orden y sistematización de la información que se genera, existe el riesgo de perder valiosa información antigua y reciente, debido a su almacenaje sin supervisión, y/o verificación, en diferentes registros tanto físicos (datos que se pierden en fichas de papel) como virtuales (datos e información que se pierden en un ingente número de archivos no conectados entre sí, alojados en diferentes computadoras, sin copias de respaldo, etc.)

e. Ausencia de secuencia lógica en la investigación y sus productos. Trabajar sin una BD institucional que integre secuencial y ordenadamente la información producida en proyectos de investigación, experimentos, tesis elaboradas en la institución, colaboraciones internacionales, etc., para luego ser consultada o reutilizada, significa limitar el alcance del esfuerzo y mantiene desconectadas las diferentes etapas de investigación y producción científica.

4.3 ¿Qué se plantea?

A corto y mediano plazo, resolver la necesidad de administrar y gestionar la información a través de la construcción de una BD (en el contexto de un SI) institucional que permitirá mejorar ostensiblemente el ordenamiento y uso integral de la información científica; además, contribuirá al aseguramiento de los datos e información a través de un sitio virtual. A largo plazo, planteamos hacer disponible, a nivel de usuario, y consultable para un amplio público, información primaria proveniente de la BD (p.ej., especies del plancton y bentos reportadas en Perú,

con información taxonómica básica, áreas donde se ha reportado, vínculos complementarios al repositorio de IMARPE, etc.), en una plataforma virtual independiente (dominio y *host* propios, con la finalidad de evitar eventos que dificulten el acceso) accesible desde cualquier lugar vía internet. Esto repercutirá favorablemente en un amplio rango de usuarios, desde especialistas hasta público en general.

Previo a la construcción de la BD institucional, se deberá resolver conceptos y actividades básicas como digitalización, adaptación de formatos y sistematización de todos los datos e información disponibles (histórica y actual), todo lo cual supone la verificación exhaustiva de la calidad de los datos reunidos (coherencia y confiabilidad), unificación de términos (tales como revisión de nombres científicos, nombres de operaciones, nombres de cruceros, considerando criterios de ordenamiento y registro que tomen en cuenta la identificación de variables principales de trabajo, etc.).

Trabajar en una plataforma *online* también implica salvaguardar toda la información a través de copias de respaldo que podrían ser programadas o ejecutadas en cualquier momento en un servidor propio, para lo cual se trabajaría con el Área Funcional de Informática. Sobre esto último, existen múltiples aspectos técnico-informáticos por resolver, que podrían implementarse y estar disponibles como herramientas iniciales para los científicos, entre los principales pueden mencionarse:

- La exportación e importación de datos en formatos manejables (p.ej., .xlsx, .txt, .csv, etc.)
- La posibilidad de generar reportes (p.ej., tablas, gráficos resumen, etc.) de una parte de la información o de actualizaciones con resúmenes de contenido. Dichos reportes podrían manejarse en formatos amigables, fáciles de manejar y distribuir (formato pdf).
- El desarrollo de rutinas de búsqueda rápida y especializada.
- La generación de registros automáticos de los últimos accesos y cambios realizados.
- El desarrollo de herramientas que permitan identificar registros (datos e información) duplicados.
- Permitir la opción de agregar material fotográfico complementario, asociado a los registros taxonómicos.

5. COMENTARIOS FINALES

Trabajar colaborativamente puede representar una de las mejores formas de resolver algunas de nuestras principales necesidades y, en este sentido, los organismos bentónicos y planctónicos conforman una de las líneas transversales más importantes para entender aspectos de sostenibilidad (de recursos y ecosistemas), manejo y gestión de la diversidad, implementación de indicadores biológicos más confiables, evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos, mitigación del impacto antrópico (p.ej., acuicultura, eutrofización, pesquerías), variabilidad climática, etc., tópicos científicos centrales sobre los cuales recaen, y se aplican directamente, gran parte del conocimiento sobre el cual necesitamos avanzar. Este esfuerzo de análisis también puede favorecer y contribuir con estudios de mayor escala y repercusión (tanto científica como social), que apunten a resolver problemas clave en especies de importancia comercial, y repercutan en el entendimiento general del SCHP.

Asimismo, mejorar nuestras habilidades para diseminar nuestros productos es un paso necesario que además permitirá medir, aún mejor, nuestro impacto en la sociedad y, de hecho, contribuirá en la gestión de la información científica y su empleo por parte de un amplio público usuario. De otro lado, la opción de implementar un sistema integrado, basado en la web, para gestionar nuestra información científica, puede no solo representar un gran avance a nivel nacional, sino también, repercutir favorablemente en nuestra imagen institucional fuera del país.

Agradecimientos

Este documento ha sido producido en el marco de las actividades de trabajo de los Proyectos: "Estudio Integrado del Afloramiento Costero frente a Perú" y "Estudio Integrado de los Procesos Químicos, Físicos y Biológicos en Ecosistemas de Borde Costero", conducidos desde la Dirección de Oceanografía y Cambio Climático y financiados por el IMARPE.

6. REFERENCIAS

- ALONGI DM. 1998. Coastal Ecosystem Processes. CRC Press, Boca Raton, FL. 419 pp.
- ANTEZANA T. 2002. Vertical distribution and diel migration of *Euphausia mucronata* in the oxygen minimum layer of the Humboldt Current. *Oceanogr Eastern Pacific* II. 13-28.
- BAKUN A, WEEKS SJ. 2008. The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography*. 79(2-4): 290-299.

- BRINK K, HALPERN D, HUYER A, SMITH R. 1980. Near-shore circulation near 15°S: the physical environment of the Peruvian upwelling system. *J. Geophys. Res.* 85: 4036–4048
- CHARLSON RJ, LOVELOCK JE, ANDREAE MO, WARREN SG. 1987. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. *Nature.* 326: 655–661.
- CHAVEZ F, BERTRAND A, GUEVARA-CARRASCO R, SOLER P, CSIRKE J. 2008. The northern Humboldt Current System: a brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography.* 79: 95–105.
- COULL BC. 1990. Are members of the meiofauna food for higher trophic levels? *Transactions of the American Microscopical Society.* 109: 233–246.
- COULL, BC. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft bottom habitats. *Australian Journal of Ecology.* 24: 327–343.
- COULL BC, GREENWOOD JG, FIELDER DR, COULL BA. 1995. Subtropical Australian juvenile fish eat meiofauna: experiments with winter whiting (*Sillago maculata*) and observations on other species. *Marine Ecology Progress Series.* 125: 13–19.
- CRIALES-HERNÁNDEZ MI, SCHWAMBORN R, GRACO M, AYÓN P, HJ HIRCHE, WOLFF M. 2008. Zooplankton vertical distribution and migration off Central Peru in relation to the oxygen minimum layer. *Helgol Mar Res.* 62(1): S28–S100.
- FRANKENBERG D, MENZIES RJ. 1968. Some quantitative analysis of deep-sea benthos off Peru. *Deep Sea Research.* 15: 623–626.
- GIERE O. 1993. Meiobenthology. The microscopic fauna in aquatic sediments. Springer-Verlag, Berlin. Pp: 328.
- GLOCK N, SCHÖNFELD J, EISENHAEUER A, HENSEN C, MALLON J, SOMMER S. 2013. The role of benthic foraminifera in the benthic nitrogen cycle of the Peruvian oxygen minimum zone. *Biogeosciences.* 10: 4767–4783.
- HEINRICH AK. 1973. Horizontal distributions of copepods in the Peru Current region. *Oceanol.* 13: 94–103.
- HIDALGO P, ESCRIBANO R, MORALES CE. 2005. Ontogenetic vertical distribution and the diel migration of the copepod *Eucalanus inermis* in the oxygen minimum zone off Chile (20–21°S) *J Planct Res.* 27: 519–529.
- JIMÉNEZ A. 2016. Asentamiento y reclutamiento de poliquetos bentónicos en la plataforma continental frente a Callao desde verano a invierno 2015. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias del Mar. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 130 pp.
- LEVIN LA, GUTIÉRREZ D, RATHBURN AE, NEIRA C, SELLANES JR, MUÑOS P, GALLARDO V, SALAMANCA M. 2002. Benthic processes on the Peru margin: A transect across the oxygen minimum zone during the 1997–98 El Niño. *Progress in Oceanography.* 53: 1–27.
- LEVIN L. 2003. Oxygen Minimum Zone Benthos: Adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology. Annual Rev.* 41: 1–45.
- LOMOVASKY BJ, FIRSTATER FN, GAMARRA A, MENDO J, IRIBARNE O. 2011. Macrobenthic community assemblage before and after the 2007 tsunami and earthquake at Paracas Bay, Peru. *Journal of Sea Research.* 65: 205–212.
- MARCUS N, BOERO F. 1998. Minireview: The importance of benthic-pelagic coupling and the forgotten role of life cycles in coastal aquatic systems. *Limnol. Oceanogr.* 43(5): 763–768.
- MENDO J, WOLFF M, CARBAJAL W, GONZÁLES I, BADJECK M. 2008. Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa peruana. En: Lovatelli A, Farías A, Uriarte I (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 101–114.
- MEYER S, TAYLOR M, ARAMAYO V, KLUGER LC, WOLFF M. 2014. Evaluating the impact of scallop (*Argopecten purpuratus*) cultivation on the benthic infaunal community in Sechura Bay, Peru. En: YOUMARES 5.0, Chapter 3: Aquaculture in a Changing Ocean. Stralsund, Alemania. 63 pp.
- MOSCH T, SOMMER S, DENGLER M, NOFFKE A, BOHLEN L, O PFANNKUCHE, V LIEBETRAU, WALLMANN K. 2012. Factors influencing the distribution of epibenthic megafauna across the Peruvian oxygen minimum zone. *Deep-Sea Research I.* 68: 123–135.
- NEIRA C, HÖPNER T. 1994. The role of *Heteromastus filiformis* (Capitellidae, Polychaeta) in organic carbon cycling. *Ophelia.* 39: 55–73.
- NEIRA C, SELLANES J, LEVIN L, ARNTZ W. 2001. Meiofaunal distributions on the Peru margin: relationship to oxygen and organic matter availability. *Deep-Sea Research.* 48: 2453–2472.
- RAMOS E, INDACOCHEA A, TARAZONA J. 1999. Impacto de “El Niño 1997–98” sobre el asentamiento larval de algunos invertebrados marinos bentónicos de la bahía independencia, Pisco - Perú. *Rev. peru. biol.* Vol. Extraordinario. 60: 8.
- RESIG JM, GLENN CR. 1997. Foraminifera encrusting phosphoritic hardgrounds of the Peruvian upwelling zone: taxonomy, geochemistry, and distribution. *Journal of Foraminiferal Research.* 27: 133–150.
- SCHLÜTER L, LOHBECK K, GUTOWSKA M, GRÖGER J, RIEBESELL U, REUSCH T. 2014. Adaptation of a globally important coccolithophore to ocean

- warming and acidification. *Nature Climate Change*, DOI: 10.1038/NCLIMATE2379.
- SMITH JR, KAUFMANN KL, BALDWIN S, CARLUCCI RJ. 2001. Pelagic-benthic coupling in the abyssal eastern North Pacific: an 8-year time-series study of food supply and demand. *Limnol. Oceanogr.* 46: 543-556.
- STREET GT, COULL BC, CHANDLER GT, SANGER DM. 1998. Predation on meiofauna by juvenile spot *Leiostomus xanthurus* (Pisces) in contaminated sediments from Charleston Harbor, South Carolina, USA. *Marine Ecology Progress Series.* 170: 261-268.
- STRICKLAND JD, EPPLEY R, ROJAS DE MENDIOLA B. 1969. Phytoplankton populations, nutrients and photosynthesis in Peruvian coastal waters. *Bol Inst Mar Perú* 2: 4-45.
- TARAZONA J, ARNTZ W, CANAHUIRE E. 1996. Impact of two 'El Niño' events of the different intensity on the hypoxic soft-bottom macrobenthos off Central Peruvian Coast. *Marine Ecology.* Vol. 17 (1-3): 425-446.
- TARAZONA J, ARNTZ W. 2001. The Peruvian Coastal Upwelling System. En: *Ecological Studies* 144, Seeliger U, Kjerfve B (eds.) Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 229-244.
- TARAZONA J, PAREDES C, ROMERO L, BLASCOVICH V, GUZMAN S, SANCHEZ S. 1985. Características de la vida planctónica y colonización de los organismos epilíticos durante el fenómeno "El Niño". *El Fenómeno "El Niño" y su impacto en la fauna marina.* Bol Especial Inst Mar Perú-Callao. 41-49.
- TAYLOR M, WOLFF M, VADAS F, YAMASHIRO C. 2008a. Trophic and environmental drivers of the Sechura Bay Ecosystem (Peru) over an ENSO cycle. *Helgoland Marine Research.* Vol 62. Supplement 1: 15-32.
- TAYLOR M, TAM J, BLASKOVIC V, ESPINOZA P, BALLÓN M, WOSNITZA-MENDO C, ARGÜELLES J, DIAZ E, PURCA S, OCHOA N, GOYA E, GUTIÉRREZ D, QUIPÚZCOA L, WOLFF M. 2008b. Trophic modelling of the Northern Humboldt Current System, Part I: Elucidating ecosystem dynamics from 1995 to 2004 with focus on the impact of ENSO. *Progress in Oceanography.* 79: 366-378.
- THISTLE D. 2003. On the utility of metazoan meiofauna in the studying of the soft-bottom deep sea. *Viet et milieu.* 53(2-3): 97-101.
- WOLFF M. 1988. Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Marine Ecology Progress Series.* 42: 213-217.
- WOLFF M, MENDO J. 2000. Management of the Peruvian bay scallop (*Argopecten purpuratus*) metapopulation with regard to environmental change. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.* 10: 117-126.
- ZUTA S, GUILLÉN OG. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú.* (2): 157-324.

ANEXO

Tabla 1.- Contexto, preguntas y potenciales aplicaciones científicas acerca de temas prioritarios en el bentos y plancton marinos

Contexto	Pregunta	Potenciales aplicaciones
Carecemos aún de estimaciones de flujos de carbono a través de los diferentes componentes del ecosistema. El aporte energético de algunos componentes aún está considerado como una "caja negra" en términos de conocimiento.	<p>¿Cuál es el aporte energético del bentos al sistema y cómo esto influencia al metabolismo del mismo?</p> <p>¿Cuál grupo explica mejor dicho aporte?</p> <p>¿Cuál grupo de zooplancton presenta el mayor aporte energético? ¿En cuáles casos?</p> <p>¿Cuál grupo del fitoplancton presenta el mayor aporte energético? ¿Es similar a lo que ocurre en otros ecosistemas?</p>	Ecología teórica, modelamiento, trofismo, interacciones ecológicas, insumos para evaluaciones de capacidad de carga, análisis de riesgo ecológico, experimentos referidos a la ecofisiología de especies, etc.
Eventos de gran impacto como El Niño influyen los patrones de distribución de gran número de poblaciones marinas, posiblemente favoreciendo procesos de especiación, en algunos casos, y quizá (a largo plazo) favoreciendo cambios progresivos en la genética de algunas especies.	¿La diversidad genética del bentos y el plancton está modulada por el ciclo ENOS?	Protección y manejo de áreas importantes para la reproducción (especialmente en especies de importancia comercial), insumos para el estudio de metapoblaciones, manejo de la diversidad.
En Perú, las pesquerías (de pequeña escala e industrial) constituyen una de las principales actividades extractivas del país. No obstante es incierto su potencial impacto sobre los fondos marinos (someros y profundos) y la escala en la cual se producirían dichas perturbaciones.	<p>¿Existen cambios permanentes en la diversidad de comunidades bentónicas locales asociados a actividades pesqueras?</p> <p>¿Qué tipo de pesquería (tales como patrones de pesca y equipos empleados) afectan más a las comunidades bentónicas?</p>	<p>Aportes para el manejo de áreas marinas de importancia biológica, ecológica y económica (p.ej., en el caso de especies bentónicas comerciales).</p> <p>Insumos para análisis de riesgo ecológico.</p> <p>Insumos para la implementación del enfoque ecosistémico en el manejo y aprovechamiento de recursos marinos vivos.</p>
El efecto combinado de la acidificación y la creciente desoxigenación en algunas áreas del océano pueden modular la estructura comunitaria del plancton y producir cambios en los nichos ecológicos de sus especies	<p>¿De qué manera se ven perturbadas y/o impactadas las comunidades planctónicas por la acidificación y desoxigenación?</p> <p>¿Qué estrategias adaptativas presentan las especies del fitoplancton frente a estos factores?</p>	<p>Insumos para establecer indicadores de productividades del SCHP.</p> <p>Estudio de la biodiversidad y ecofisiología de especies fitoplanctónicas.</p> <p>Insumos para el modelamiento satelital de la productividad primaria.</p>
Ciertas especies del fitoplancton son empleadas como indicadoras de diversas etapas del afloramiento costero. Pero aún hace falta precisar qué mecanismos biológicos sincronizan estos eventos, si realmente existe coherencia entre estos, y qué tipo de coexistencia gobierna a las poblaciones del fitoplancton en estos casos.	¿Existe sucesión o una permanente coocurrencia de ciertas especies fitoplanctónicas durante algunas fases del afloramiento costero?	Mejoramiento del monitoreo del afloramiento costero en sus diferentes etapas de desarrollo
Existen varios factores que modulan los cambios poblacionales del plancton; sin embargo, algunas fuentes de variabilidad (de origen biológico) aún permanecen deficientemente evaluadas.	¿Cuál es el impacto de las infecciones virales sobre la dinámica del fitoplancton? ¿Tal posible efecto estaría restringido solo a la comunidad del fitoplancton?	Mejoramiento en el conocimiento de las variables que afectan al plancton e insumos para explorar dicha información en relación con sus consecuencias sobre recursos de importancia comercial directamente vinculados (p.ej., la anchoveta)