

BAC

Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano

Editado por:

D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay,
S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz



CENTRO DE INVESTIGACIONES
BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.



CICIMAR



CONACYT

B A C

**Centros de Actividad Biológica
del Pacífico mexicano**

**D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay,
S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz**

Editores



Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Diseño gráfico: Edgar Yuen Sánchez.

Cuidado de la edición: Edgar Yuen Sánchez, Daniel Lluch Belda, Juan F. Elorduy Garay, Salvador E. Lluch Cota y Germán Ponce Díaz.

Diseño de portada: Gerardo Rafael Hernández García.

Cuidado de la impresión: Margarito Rodríguez Alvarez, Santiago Rodríguez Alvarez y Rubén Andrade Velázquez.

Clasificación del Congreso de los E.E.U.U.

QH 541.5.S32B 2000

BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano / Editado por D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz.-- México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., 2000. ISBN 970-18-6285-6

1. Ecología marina. 2. Oceanografía biológica. 3. Productividad marina.

D.R. © 2000

Derechos reservados conforme a la ley

Primera edición

Impreso y hecho en México

Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método electrónico o mecánico sin el consentimiento por escrito de los editores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) por su apoyo para la edición e impresión del presente volumen.

Al personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas que participó en la realización de esta obra.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) quien proporcionó el apoyo financiero a través del Proyecto R29374B.

Al Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Global (IAI), a través de la US National Science Foundation (NSF) por su apoyo en la realización de los talleres de trabajo que dieron origen a esta iniciativa (Ref. ATM-9530224).

Al Ing. Edgar Yuen Sánchez (Subdirección de Informática del CIBNOR), por su intensa participación en el diseño gráfico y cuidado de la edición, sin la cual esta obra no se hubiese podido realizar.

Al Ing. Margarito Rodríguez Alvarez, Santiago Rodríguez Alvarez y Rubén Andrade Velázquez (Taller de Impresiones del CIBNOR), por el cuidado en la impresión. A Gerardo Hernández García (Diseño Gráfico del CIBNOR) por el diseño de la portada. Finalmente, a la Lic. Ana María Talamantes Cota (Biblioteca del CIBNOR) por la clasificación del libro.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1 CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA <i>Mario Martínez-García & Daniel Lluch-Belda</i>	1
CAPÍTULO 2 MODELACIÓN DE FLUJOS DE BIOMASA EN CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA <i>Francisco Arreguín-Sánchez</i>	13
CAPÍTULO 3 POSIBILIDADES PARA EL MONITOREO AMBIENTAL Y BIOLÓGICO EN BAC MEXICANOS COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y MITIGACIÓN DE FLORACIONES ALGALES NOCIVAS <i>Arturo P. Sierra-Beltrán</i>	29
CAPÍTULO 4 CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA <i>Daniel Lluch-Belda</i>	49
CAPÍTULO 5 EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA BAHÍA DE SEBASTIÁN VIZCAÍNO, UNA PRIMERA APROXIMACIÓN <i>Martín E. Hernández-Rivas, Sylvia Patricia Jiménez-Rosenberg, René Funes-Rodríguez & Ricardo J. Saldierna-Martínez</i>	65
CAPÍTULO 6 EXPLORACIÓN DE LA CAPACIDAD PREDICTIVA DE LOS BAC EN ESPACIO Y TIEMPO: PUNTA EUGENIA Y EL SUR DE CALIFORNIA <i>Ehecatl Manuel Muñoz-Mejía, Salvador E. Lluch-Cota, Doménico Voltolina & María Verónica Morales-Zárate</i>	87
CAPÍTULO 7 COMPARACIÓN ENTRE ZONAS DE ALTA ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA: PUNTA EUGENIA Y PUNTA BAJA <i>María Verónica Morales-Zárate, Salvador E. Lluch-Cota, Doménico Voltolina & Ehecatl Manuel Muñoz-Mejía</i>	99
CAPÍTULO 8 ASPECTOS DE LA GEOQUÍMICA DEL MATERIAL ORGÁNICO EN EL BAC DEL GOLFO DE ULLOA, B.C.S. <i>Sergio Aguñiiga</i>	111

CAPÍTULO 9	
COMPOSICIÓN Y DINÁMICA DEL FITOPLANCTON EN EL BAC DE BAHÍA MAGDALENA, B.C.S.	125
<i>Aída Martínez-López & Gerardo Verdugo-Díaz</i>	
CAPÍTULO 10	
DINÁMICA DEL FITOPLANCTON EN EL SISTEMA LAGUNAR MAGDALENA- ALMEJAS	143
<i>Ismael Gárate-Lizárraga, David A. Siqueiros-Beltrones, Gerardo Verdugo-Díaz & Rafael Guerrero-Caballero</i>	
CAPÍTULO 11	
FLORA FICOLÓGICA DEL BAC DE PUNTA EUGENIA	157
<i>Margarita Casas-Valdez</i>	
CAPÍTULO 12	
VARIABILIDAD INTERANUAL DEL ZOOPLANCTON EN DOS CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL NOROESTE MEXICANO: RESPUESTA DE LA POBLACIÓN DE <i>Calanus pacificus</i> AL CAMBIO AMBIENTAL	165
<i>Sergio Hernández-Trujillo</i>	
CAPÍTULO 13	
COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA DEL ICTIOPLANCTON DEL GOLFO DE ULLOA, BAJA CALIFORNIA SUR, UN CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA	185
<i>René Funes-Rodríguez, Martín E. Hernández-Rivas, Ricardo J. Saldierna-Martínez, Alejandro T. Hinojosa-Medina, Raymundo Avendaño-Ibarra & Sylvia P. Adelheid Jiménez-Rosenberg</i>	
CAPÍTULO 14	
BAC VERSUS ÁREAS ADYACENTES: UNA COMPARACIÓN DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS A PARTIR DEL COASTAL ZONE COLOR SCANNER (CZCS)	199
<i>Daniel B. Lluch-Cota & Georgina Teniza-Guillén</i>	
CAPÍTULO 15	
LAS POBLACIONES DE ALMEJA CATARINA <i>Argopecten ventricosus</i> EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE BAHÍA MAGDALENA, MÉXICO	219
<i>Alfonso N. Maeda-Martínez, María Teresa Sicard, Liliana Carvalho, Salvador E. Lluch-Cota & Daniel B. Lluch-Cota</i>	
CAPÍTULO 16	
ANÁLISIS DE TRES VARIABLES OCEANOGRÁFICAS EN LA REGIÓN DE GUAYMAS, SONORA, MÉXICO	229
<i>Juana López-Martínez, Manuel O. Nevárez-Martínez, Armando Leyva-Contreras & Osvaldo Sánchez</i>	

CAPÍTULO 17	
SOBRE LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LA EXISTENCIA DE CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA PARA LA REGIONALIZACIÓN DEL OCÉANO: EL CASO DEL GOLFO DE CALIFORNIA	255
<i>Salvador E. Lluch-Cota & Juan Pedro Arias-Aréchiga</i>	
CAPÍTULO 18	
VARIACIONES DE LOS VOLÚMENES ZOOPLANCTÓNICOS EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA	265
<i>Alfonso Esquivel-Herrera, Gabriela Ma. Esqueda-Escárcega & Sergio Hernández-Trujillo</i>	
CAPÍTULO 19	
COMUNIDADES DE SIFONÓFOROS (CNIDARIA) EN EL CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL GOLFO DE CALIFORNIA	277
<i>Alfonso Esquivel-Herrera</i>	
CAPÍTULO 20	
LA PESQUERÍA DE CAMARÓN DE ALTAMAR EN SONORA	301
<i>Juana López-Martínez, Enrique Morales-Bojorques, Fausto Paredes-Mallon, Daniel Lluch-Belda & Celio Cervantes-Valle</i>	
CAPÍTULO 21	
LA PESQUERÍA DE CALAMAR GIGANTE EN BAJA CALIFORNIA SUR: INTERACCIÓN ENTRE FLUCTUACIONES DEL RECURSO, INDUSTRIA PROCESADORA, ECONOMÍA Y SOCIEDAD	313
<i>Saúl Sánchez-Hernández, Germán Ponce-Díaz & Sergio Hernández-Vázquez</i>	
CAPÍTULO 22	
EL GOLFO DE TEHUANTEPEC COMO UN CENTRO DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA Y SU IMPORTANCIA EN LAS PESQUERÍAS	335
<i>Sofía Ortega-García, José Angel Trigueros-Salmerón, Rubén Rodríguez-Sánchez, Salvador Lluch-Cota & Héctor Villalobos</i>	
RECAPITULACIÓN	357
<i>Daniel Lluch-Belda, Juan F. Elorduy-Garay, Salvador E. Lluch-Cota & Germán Ponce-Díaz</i>	

PRÓLOGO

Prof. W.S. Wooster

School of Marine Affairs, University of Washington

The studies compiled in this volume concern a concept that arose out of international discussions in La Paz, B.C.S., Mexico, concerning variations in the abundance and distribution of small pelagic fishes and their possible relation to changes in the physical environment. Of particular interest were species of sardine and anchovy that are common to eastern boundary currents, such as those of California and Mexico, Peru, and southwest Africa, where they are nourished by the high productivity associated with the upwelling of plant nutrients.

Even in these generally productive regions, there are smaller areas where biological activity is particularly high. These areas appear to be fixed in space, tied to coastal features, and tend to show little seasonal variation in their level of productivity. They are often the locus of spawning of small pelagics and other species and of fisheries related to the aggregations of commercial species. They have been dubbed "Biological Action Centers" or BAC.

Because of their characteristics, BAC are likely to be good places to study interactions between ecosystem and climate variations and to examine the mechanisms of such interactions. It has also been proposed that they offer an opportunity to optimize monitoring of ecosystem changes, analogous to checking blood pressure and pulse as indices of human health.

The possibility of improving the efficiency of living marine resource monitoring by concentrating observations in these small areas of high biological activity was attractive to the Living Marine Resource Panel of the Global Ocean Observing System, an international program being developed by the Intergovernmental Oceanographic Commission and other international agencies. That Panel proposed a pilot study to investigate BAC and their ecosystem role, to identify existing BAC, to determine the extent to which observations in BAC could be extrapolated to surrounding areas, and to investigate the extent to which BAC provide an indication of climate change.

Under the sponsorship of Instituto Interamericano para la Investigacion del Cambio Global (IAI), several workshops were organized to explore these ideas. The papers in the present volume resulted from the first Mexican workshop on the subject. They cover a wide variety of topics based on observations in the BAC off the west coast of Mexico and in the Gulf of California and provide support for the concepts and useful suggestions for further research arising from present knowledge of the areas.

The importance of this collection of papers goes well beyond its regional focus. Not only should the approach of using indicator locations contribute to the development of efficient global monitoring of living marine resources, but it should also lead to improved understanding of interactions between climate and ecosystem variations elsewhere in the world ocean.

Los estudios compilados en este volumen tocan un concepto que nació de las discusiones a nivel internacional realizadas en La Paz, B.C.S., México, concernientes a las variaciones en la abundancia y distribución de peces pelágicos menores y su posible relación con los cambios en el ambiente físico. Fueron de interés particular las especies de sardina y anchoveta comunes a las corrientes con frontera al este, tales como las de California y México, Perú y Suroeste de África, donde son alimentadas por la gran productividad asociada con las surgencias de nutrientes de plantas.

Incluso en estas regiones generalmente productivas, existen áreas menores donde la actividad biológica es particularmente elevada. Estas áreas parecen estar fijas en el espacio, ligadas a características de la costa, y tienden a mostrar poca variación estacional en su nivel de productividad. A menudo son el lugar de desove de pelágicos menores y otras especies y de pesquerías relacionadas con las agregaciones de especies comerciales. Han sido denominadas "Centros de Actividad Biológica" o BAC (por sus siglas en inglés).

Debido a sus características, es probable que los BAC sean buenos lugares para el estudio de las interacciones entre el ecosistema y las variaciones climáticas y para examinar los mecanismos de tales interacciones. También se ha propuesto que ofrecen la oportunidad de optimizar el monitoreo de los cambios del ecosistema, de forma análoga a como se verifican la presión sanguínea y el pulso en cuanto a la salud humana.

La posibilidad de mejorar la eficiencia del monitoreo de recursos marinos vivos concentrando las observaciones en estas pequeñas áreas de elevada actividad biológica fue atractiva para el Panel de Recursos Marinos Vivos del Sistema de Observación Global de los Océanos (LMR-GOOS), un programa internacional que está siendo desarrollado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC) y otras agencias internacionales. Dicho Panel propuso un estudio piloto para investigar los BAC y el papel de sus ecosistemas, para identificar los BAC existentes, para determinar en qué grado las observaciones en los BAC podrían ser extrapoladas a las áreas circundantes, y para investigar en qué grado los BAC proporcionan una indicación del cambio climático.

Se organizaron varias reuniones de trabajo, con el patrocinio del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), para explorar estas ideas. Los artículos del presente volumen son el resultado de la primera reunión mexicana sobre el tema. Cubren una amplia variedad de tópicos basados en observaciones en los BAC de la costa oeste de México y en el Golfo de California, y proporcionan bases para los conceptos y sugerencias útiles para investigaciones futuras que nazcan del conocimiento actual de tales áreas.

La importancia de esta colección de artículos va mucho más allá de su enfoque regional. No sólo la aproximación de utilizar localidades indicadoras contribuirá al desarrollo de monitoreos globales de los recursos marinos vivos eficientes, sino también deberá conducir a una mejor comprensión de las interacciones entre el clima y las variaciones del ecosistema en cualquier otro lugar del océano mundial.

RECAPITULACIÓN

Daniel Lluch-Belda, Juan F. Elorduy-Garay, Salvador E. Lluch-Cota & Germán Ponce-Díaz

INTRODUCCIÓN

La heterogeneidad de la productividad oceánica no es un descubrimiento reciente y la existencia de áreas comparativamente pequeñas de alta productividad ha sido descrita anteriormente. El enfoque de los Centros de Actividad Biológica (BAC) es, más que nada, reconocer la existencia de tales áreas y utilizar su característica de puntos de concentración biológica y, por lo mismo, de información.

La lógica del proyecto se basa en las siguientes características de los BAC:

1. Su aportación a la productividad total del ecosistema es considerable.
2. Son regiones de productividad incrementada permanente.
3. Funcionan como muestras concentradas del ecosistema.
4. Se encuentran en áreas fijas.

Las dos primeras tienen relevancia ecológica indudable: no sólo se origina en ellas una porción importante de la biomasa total del sistema, sino que su permanencia permite la existencia de poblaciones masivas en un ambiente costero que varía entre estaciones ricas y pobres resultantes de los cambios en las surgencias. Una consecuencia de esta última característica es el hecho de que el tamaño de estas poblaciones masivas podría estar determinado por la condición del BAC en que se refugian durante la estación pobre.

Las dos últimas características tienen implicaciones importantes para su elección como sujetos de estudio; primero, son las áreas en las que podemos obtener mayor cantidad de información en menor espacio estudiado; segundo, su localización es predecible.

Antecedentes del proyecto

Originalmente, el interés se derivó del reconocimiento de que las poblaciones de sardina (*Sardinops sagax*) se concentran en áreas específicas durante las temporadas de baja productividad. Gracias a un financiamiento del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI, IAISG ATM95-30224) fue posible organizar una serie de talleres para explorar el reconocimiento de la existencia de tales áreas en otras regiones.

En el primer taller internacional (Tabla 1) se identificaron áreas similares de alta concentración biológica en otras latitudes y se conceptualizó el proyecto; asimismo, se señalaron investigadores e instituciones potencialmente participantes, que se reunieron en el segundo taller internacional. En éste se

Tabla 1. Listado de participantes en los talleres de trabajo.

Participante	Institución	I Taller Internacional	II Taller Internacional	Taller Nacional
Aída Martínez López	CICIMAR-IPN, México		x	x
Alejandro Parés-Sierra	CICESE, México		x	
Alma Rosa García Juárez	INP, México			x
Alvaro Morales	CIMAR, Costa Rica		x	
Amando Leyva-Contreras	UNAM, México		x	x
Andrés Levy Pérez	CICIMAR-IPN, México		x	x
Andrew Bakun	FAO (Observador)	x		
Angélica Peña	IOS, Canadá		x	
Armando Vega Velázquez	INP, México			x
Brent Hargreaves	PBS, Canadá		x	
Daniel B. Lluch Cota	CIBNOR, México	x	x	x
Daniel Lluch Belda	CIBNOR, México	x	x	x
Daniel Ware	PBS, Canadá	x		
David Fluharty	UW, EUA		x	
Eduardo Valdez Holguín	DICTUS, México			x
Edgar Alcántara Razo	CIBNOR, México			x
Francisco de La Chica-Bonilla	CICIMAR-IPN, México		x	x
Georgina Gluyas Millán	INP, México		x	x
Germán Ponce Díaz	CIBNOR, México		x	x
Gustavo Hernández Carmona	CICIMAR-IPN, México		x	x
Iván Rivera	INP, México			x
Jaime Gómez-Gutiérrez	CICIMAR-IPN, México			x
Jon Elorduy-Garay	CICIMAR-IPN, México			x
Juana López-Martínez	CIBNOR, México			x
Juli Berwald	UCS, EUA		x	
Laura Sánchez-Velasco	CICIMAR-IPN, México		x	x
Luis Brito-Castillo	CIBNOR, México			x
Manuel Nevárez Martínez	INP, México		x	x
Marco Sánchez Hidalgo	CICIMAR-IPN, México		x	x
Margarita Casas Valdez	CICIMAR-IPN, México		x	x
Mario Ramade-Villanueva	FRCPP, México		x	x
Martin Dorn	FSC, EUA		x	
Martín Hernández-Rivas	CICIMAR-IPN, México		x	x
Miguel Ángel Cisneros-Mata	INP, México			x
Nathan Mantua	UW, EUA		x	
Norman Silverberg	CICIMAR-IPN, México		x	x
René Funes-Rodríguez	CICIMAR-IPN, México		x	x
Ricardo Palomares	CICIMAR-IPN, México		x	x
Ricardo Saldierna-Martínez	CICIMAR-IPN, México		x	x
Rubén Rodríguez Sánchez	CICIMAR-IPN, México		x	x
Rufino Morales-Azpeitia	CIBNOR, México			x
Salvador E. Lluch-Cota	CIBNOR, México	x	x	x
Sergio Hernández-Trujillo	CICIMAR-IPN, México		x	x
Sergio Hernández-Vázquez	CIBNOR, México	x	x	x
Timothy Baumgartner	CICESE, México			x
Warren Wooster	UW, EUA	x	x	
William Peterson	NWFSC, EUA		x	

analizó la estrategia y etapas generales del proyecto y se formularon las preguntas científicas básicas.

Posteriormente, el primer taller nacional estableció lineamientos de acción específicos para iniciar el proyecto en su primera etapa. Uno de tales lineamientos fue la integración del presente volumen. Una serie de proyectos específicos, congruentes con el planteamiento general, se lleva a cabo en la actualidad.

El enfoque principal se propuso al Panel de Recursos Vivos del Mar (LMR) del Sistema Global de Observación de los Océanos (GOOS) y fue adoptado como proyecto piloto.

Las preguntas básicas y respuestas a las mismas en este volumen

En el presente trabajo pretendemos integrar parte de la información contenida en los distintos capítulos y evaluar hasta qué grado responden a las preguntas básicas, así como proponer algunas de las líneas futuras a seguir. En la discusión siguiente, los números entre paréntesis indican el número del capítulo que hace referencia a la pregunta. En la Tabla 2, puede consultarse la región, temas y enfoques abordados por cada uno de los capítulos.

Los mecanismos físicos que resultan en la existencia de los BAC

De entre las preguntas básicas planteadas, las que se refieren a mecanismos físicos fundamentales han sido básicamente abordadas por biólogos y no por los especialistas adecuados. Por lo mismo, las respuestas no dejan de ser deducciones indirectas a partir del comportamiento de los organismos o descripciones sinópticas de grandes áreas, basadas en comportamiento de variables físicas.

Tabla 2. Regiones, temas y enfoques abordados por cada uno de los 22 capítulos de aportaciones.

Capítulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<i>Aportaciones por BAC</i>																							
Punta Eugenia				x	x	x	x				x	x		x									
Golfo de Ulloa				x					x	x	x		x	x	x								x
Golfo de California														x		x	x	x	x	x	x		
Golfo de Tehuantepec																							x
Otras zonas					x		x	x						x									
>1 BAC o ninguno particular	x	x	x	x																			
Comparativo entre BAC			x	x			x	x						x									
<i>Aportación por pregunta</i>																							
1) Procesos físicos	x	x	x		x		x	x	x				x					x		x			x
2) Variabilidad	x	x	x				x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Escala estacional</i>				x				x	x			x		x			x	x	x	x	x		
<i>Escala interanual (ENSO)</i>	x		x				x	x	x			x	x	x	x	x		x		x			x
<i>Cambio climático</i>	x	x	x				x										x	x					
3) Ecosistemas			x	x	x		x	x	x	x	x	x							x	x			x
<i>Productores primarios</i>			x		x		x	x	x	x	x												
<i>Productores secundarios</i>			x	x	x							x	x						x				
<i>Consumidores</i>			x		x																		
<i>Varios niveles</i>			x		x																		x
4) Pesquerías											x				x							x	x
5) Dimensión humana	x		x												x								x
<i>Enfoque del trabajo</i>																							
Revisión	x		x		x		x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
Contiene inventario					x			x	x	x			x										x
Propuesta metodológica	x	x	x		x	x	x							x				x					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	

¿Cuál es la naturaleza del forzamiento atmosférico y oceánico de la circulación local?

En la costa occidental de la península, los patrones de circulación de mesoescala, tanto atmosféricos como oceánicos, están básicamente determinados por la dinámica de la Corriente de California (5, 7). En el Golfo de California el forzamiento es de escala regional, tipo monzónico con fuertes variaciones estacionales evidentes en reversión de flujos superficiales tanto atmosféricos (vientos) como de circulación superficial del mar (17). En Tehuantepec la circulación está determinada por la Corriente norecuatorial, excepto durante periodos cortos en el invierno donde la influencia de fuertes vientos provenientes del Atlántico modifican las condiciones regionalmente (22).

¿Cómo se incorporan los nutrientes a la capa superficial?

A lo largo de los trabajos, se reconocen tres procesos principales mediante los cuales los nutrientes son llevados a la superficie: surgencias tipo Ekman (costa occidental y Golfo de California: 8, 17, 19), mezcla por mareas (Golfo de California: 17, 18) y surgencias por arrastre hacia afuera de la costa (22).

¿Cómo se mantiene la estratificación de la capa superficial?

Los procesos de estratificación, que permiten la proliferación de productores primarios, resultan también de tres mecanismos diferentes: en la costa occidental de la Península existen estructuras oceanográficas semipermanentes (giros) a los que llegan aguas enriquecidas en las cercanas zonas de surgencia (2, 7) que son retenidas, lo que resulta en estratificación hacia el centro del giro (7). En el Golfo de California, el patrón de circulación es una consecuencia de que la zona central funcione como estructura de retención y estratificación (17), mientras que en el Golfo de Tehuantepec los vientos fuertes son seguidos de periodos de calma durante los cuales se estratifica la columna de agua (22).

¿Cómo afecta la circulación prevaleciente la retención y concentración de organismos planctónicos, incluyendo larvas de peces?

¿Cómo difieren estos procesos en los BAC con aquellos de los ambientes adyacentes?

Aparentemente, al menos en el caso de la costa occidental, los mecanismos de retención y concentración de material, incluido plancton y larvas de peces, está básicamente asociado a las estructuras semi permanentes (6, 7); se reconocen algunas regiones aledañas donde existen también altos niveles de producción pero en las que el material se pierde rápidamente mar afuera (4, 7).

Cambios temporales de los procesos físicos, desde la escala estacional hasta secular

¿Cuáles son los cambios promedio estacionales de la circulación atmosférica y cuáles son sus consecuencias sobre la disponibilidad de nutrientes, estratificación, dispersión y advección lateral?

¿Cómo varían interanualmente, desde años hasta siglos?

La variabilidad ambiental a diferentes escalas temporales es importante en la zona del Pacífico mexicano, por sus características como zona de transición (1). Existen descripciones respecto de cómo varían las condiciones atmosféricas que generan surgencias en las diferentes regiones: en la costa occidental existe un máximo de primavera-verano en la intensidad de los vientos noroeste, en el Golfo de California la circulación y vientos apropiados para generar surgencias en la costa continental se presentan en el invierno al igual que la incidencia de episodios de viento intenso (nortes) hacia afuera de la costa en el Golfo de Tehuantepec (22).

En el Golfo de California, existe además aporte de nutrientes de manera independiente a la variabilidad interanual gracias a la mezcla por mareas en la zona de las grandes islas. Sin embargo, no existe claridad en cómo varía a lo largo del año la intensidad y tamaño de las estructuras oceanográficas de retención en los BAC de la costa occidental, ni cuál es la importancia relativa y cómo cambian a lo largo del año los dos principales mecanismos de enriquecimiento en el Golfo de California.

Existen algunas pistas sobre como cambian algunas de las características a escalas interanuales (1, 9, 12, 13, 16); sin embargo, no tenemos una idea totalmente clara de los mecanismos involucrados ni siquiera a escala intraanual, y en ese sentido no podemos extrapolar; prácticamente no hay variables observadas a largo plazo, y las pocas que existen no sabemos cómo se relacionan con los procesos físicos que controlan la producción biológica.

Si bien tenemos aparentemente ideas más o menos claras acerca de cómo funcionan los BAC del Pacífico mexicano, se basan mayormente en piezas aisladas de información publicada, observaciones no dirigidas e interpretaciones hechas a partir de los estudios biológicos. No contamos con descripciones finas de estos procesos, no sabemos cómo evaluarlos en el tiempo, cómo predecir su comportamiento ni cómo pueden responder ante diferentes escenarios de cambio.

Para lograr estas capacidades necesitaríamos que se involucrara personal del área de oceanografía física, tanto observacional como de modelación, y que intervengan no sólo en la descripción fina y evaluación de los procesos antes mencionados, sino también en su cuantificación, la identificación de agentes forzantes en la mesoescala (campos de viento, ondas oceánicas, contenido de calor, etc.), modelación y diseño de esquemas de monitoreo de largo plazo.

La primera conclusión que se deriva del análisis de los capítulos es que hemos tenido una participación mayoritaria de biólogos y muy pobre de oceanógrafos; por lo mismo, las descripciones deben considerarse preliminares.

Características del ecosistema de los BAC en sus distintos niveles tróficos y sus cambios temporales

¿Cuáles son las principales especies de plancton, algas, vertebrados e invertebrados de los distintos niveles tróficos?

Nuestro nivel de conocimiento en cuanto a las especies que habitan los BAC del Pacífico mexicano es bastante aceptable. Podemos decir que se conocen y se han muestreado la mayor parte de las especies de fitoplancton (9, 10), zooplancton (12) e ictioplancton (13).

Respecto a cuáles son las principales especies, los estudios llevados a cabo por los especialistas permiten tener respuestas razonablemente adecuadas. Este conocimiento es, en general, bueno para todos los BAC mencionados en este libro. Quizá el de más pobre conocimiento sea el Golfo de Tehuantepec, y el más conocido y estudiado el de Punta Eugenia.

También se tiene un conocimiento bastante acertado de las especies de macroalgas (11). Sólo en Punta Eugenia existen 136 especies diferentes, aunque no todas tienen valor comercial. Existen estudios detallados en cuanto a las especies importantes - biomásas cosechables, producción, etc.- de macroalgas de la costa occidental de la Península de Baja California. Mucho menor es, sin embargo, el nivel de conocimiento de las especies del Golfo de California o del de Tehuantepec.

En cuanto al zooplancton, distintos especialistas han estudiado algunos grupos particulares, como copépodos, eufáusidos, quetognatos, sifonóforos, etc. También existen buenos registros de biomásas zooplanctónicas en los distintos BAC, en distintas condiciones oceanográficas y en las estaciones del año (12, 18, 19).

El ictioplancton ha sido quizá el grupo más estudiado bajo distintos puntos de vista, dadas las consecuencias que puede tener el conocimiento generado en el comportamiento y administración de las pesquerías de la zona. En la costa occidental de Baja California se han identificado del orden de 350 especies de peces, la mayoría de ellos de carácter pelágico costero (13).

El panorama es bastante menos halagüeño en referencia a los macroinvertebrados y vertebrados. Si bien se conocen la existencia y las distribuciones de la mayor parte de los moluscos (15, 21), crustáceos (20) y peces, estamos muy lejos de saber con cierto detalle, tan siquiera las historias de vida de la mayoría de las especies. Sólo existen estudios sobre las principales especies pesqueras, aunque no todas. Lo mismo podemos decir sobre la dinámica poblacional de la mayoría. De hecho, se tienen atisbos de la dinámica de poblaciones de especies como el camarón café (*Farfantepenaeus californiensis*), la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*), la sardina Monterey (*Sardinops caeruleus*), la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), el atún aleta amarilla (*Tunnus albacares*) y pocos más. Ciertamente se han realizado una serie de esfuerzos puntuales para conocer la biología básica y dinámica poblacional de otras especies, pero todavía el conocimiento es una fracción insignificante con respecto a lo conocido. También existen datos relevantes

sobre vertebrados superiores – aves y mamíferos marinos – que en los últimos años han recibido una atención considerable.

¿Cuál es la naturaleza de sus interacciones?

Hay razonable información acerca de la naturaleza de las interacciones entre organismos del mismo o distintos niveles tróficos (8), al menos de acuerdo a la teoría ecológica y biológica general. Es decir, reconocemos los eventos de competencia y depredación en sus términos más generales. No existen, sin embargo, estudios cuantitativos detallados sobre la mayor parte de organismos en cuanto a sus interacciones. Existe, por ejemplo, una amplia literatura sobre hábitos alimenticios de muy diversas especies que habitan en los BAC.

Los conocimientos existentes sirven para tener una base de trabajo imprescindible para aplicar otras metodologías. Una de ellas es la que se presenta en el capítulo 2 del presente libro que destaca la importancia y utilidad de los BAC como unidades de modelación. Esta aproximación es interesante si se utiliza a modo de “vaivén”. Es decir, un modelo como ECOPATH y sus asociados ECOSIM y ECOSPACE pueden, en su origen, servir para “rellenar huecos de información”; una vez detectadas dichas faltas o fallas de información se podría volver al terreno para constatar si las predicciones del modelo son acertadas. Este sería un método de avance más racional y más barato para conocer las interacciones principales entre los organismos.

Existen desde luego otros métodos de modelación y de monitoreo. Actualmente, los métodos de monitoreo que utilizan sensores remotos tienen un avance considerable. Permiten la observación de fenómenos de mediana y gran escala espacial que proporcionan una visión más general y, por tanto, una posibilidad de conocimiento más holístico. Dichos métodos de monitoreo remoto nos han de servir fundamentalmente para perfilar las áreas y tiempos en que se debieran realizar muestreos específicos que nos ayuden a comprender la dinámica de los diferentes componentes del ecosistema. También pueden ayudarnos sobremanera a definir de manera más precisa los límites de los BAC, tanto espaciales como temporales.

¿Es el BAC un área de desove o crianza de las especies principales?

Aparentemente sí, aunque no tengamos una certeza absoluta en todos los casos. La pregunta entraña nuestra incertidumbre sobre la ubicación en espacio y tiempo de los BAC y sus variaciones (4, 6, 7, 14). Existen una serie de estudios e investigaciones que han tratado de correlacionar las variaciones de la productividad primaria y de la biomasa zooplanctónica con los productos de desove de varias especies, sobre todo de los denominados pelágicos menores. Prácticamente todos ellos confirman la existencia de un acoplamiento, en mayor o menor grado, entre los sucesivos eventos que van escalando la cadena trófica. Sin embargo, la variabilidad de los ecosistemas es de tal magnitud, el número de componentes y variables que intervienen es tan amplio, que es difícil precisar las consecuencias de un determinado fenómeno primario.

Es evidente que todo lo que sucede en las comunidades de un BAC es producto, en principio, de las características físicas y químicas del mismo y de

su evolución en tiempo y espacio (3). Así, los biólogos hablamos frecuentemente de las consecuencias que un frente, un giro o una surgencia tienen sobre la producción primaria y, a su vez, sobre los subsecuentes escalones tróficos.

La dificultad está en que si bien un frente oceánico puede ser delimitado y definido físicamente de una manera bastante precisa, sus consecuencias en las tramas tróficas se van “diluyendo” en el espacio y en el tiempo. Los fenómenos de surgencia provocan crecimientos explosivos de productores primarios en periodos de días; éstas, a su vez, generan crecimientos de la biomasa zooplanctónica en periodos de semanas a meses, en un área frecuentemente mayor o, cuando menos, desplazada con respecto al origen del fenómeno físico; la abundancia de fitoplancton y zooplancton tendería a generar un aumento de las poblaciones de consumidores que tienen ciclos de vida en el orden de meses hasta años. El corolario es que las escalas de tiempo y espacio a las que debemos atender son variables dependiendo del grupo que queramos estudiar; esto dificulta asegurar que un BAC sea un área de crianza para una especie o grupo de especies dado. Se ha verificado, sin embargo, que las mayores biomásas de desove se producen en lugares característicos de la costa, concretamente los BAC; pero también se producen desoves, de las mismas especies, en zonas que aparentemente no corresponderían con las características de un BAC. Así, podríamos poner la pregunta original de este apartado de otra forma: ¿Las especies principales “eligen” los BAC como áreas de desove y crianza de sus productos? Y si es así ¿Cuáles son los mecanismos de las especies para “elegir” el momento y lugar adecuados?

¿Cómo varía la abundancia y distribución de estas especies estacionalmente y a escalas interanuales?

Tenemos una idea bastante aproximada de las variaciones estacionales de la distribución y abundancia de una buena parte de las especies que se encuentran en un BAC o sus alrededores. En este libro existen numerosas referencias y varios capítulos dedicados al análisis de la variabilidad estacional de los diversos grupos; más concretamente del fitoplancton y la productividad primaria, así como del zooplancton (5, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 19). También existe una amplia bibliografía que relata las variaciones, en diferentes escalas de tiempo, de muchas de las especies comercialmente más importantes. Los mecanismos, sin embargo no están del todo claros aunque se han avanzado hipótesis diversas. Los estudios de series de tiempo de variables físicas en combinación con datos de productividad, abundancia de ictioplancton, de datos paleontológicos, están ofreciendo resultados muy interesantes en distintas escalas de tiempo. En este libro concretamente se presentan varias propuestas para analizar datos biológicos y ecológicos en el contexto de las variaciones físicas de los BAC a lo largo del tiempo.

Las tres escalas de tiempo que habitualmente se manejan son: la estacional o microescala, la interanual o mesoescala –período de varios años a varias décadas- y la interdecenal o secular o macroescala. Los conocimientos base, sobre las especies o poblaciones, necesarios para entender las variaciones de abundancia y distribución son necesariamente de distinto carácter en el estudio

de cada una de las escalas. Pero, además, también hay que tener en cuenta los ciclos de vida propios de cada especie. Es decir, una generación de merluza –con una longevidad promedio de unos 14 años- contendrá varias generaciones de anchovetas que, a su vez contendrán varias generaciones de copépodos o eufáusidos. Entonces el problema es ¿Cómo conectamos las variabilidades de cada una de estas especies en una escala común de tiempo?

¿Cómo difieren estas características de los BAC de aquellas de los ambientes adyacentes?

Por lo que se ha dicho en los apartados anteriores, es claro que los BAC son entidades reales en cuanto a su mayor productividad primaria y secundaria, bien sea estacionalmente o de forma continua. También es claro que muchas especies comerciales han adaptado sus ciclos de reproducción a los tiempos y las zonas de los BAC. Así pues, las características de los BAC son claramente diferentes a las de los ambientes adyacentes. Sin embargo, existen especies que aparentemente no explotan directamente los BAC, más bien parecen encontrarse en sus alrededores y, en ocasiones, distribuidas independientemente de las zonas de mayor producción primaria y/o secundaria.

Por tanto, tendríamos que ser muy cuidadosos en diferenciar las especies típicas de los BAC, aquellas que los usan o explotan directamente. Por otro lado, tendríamos que identificar las especies que utilizan recursos que quizás provengan de una zona de mayor producción pero que, debido a fenómenos como los de dispersión mencionados previamente, no se encuentran en tiempo y área en los BAC .

Características de los sistemas pesqueros asociados y sus cambios temporales

¿Cuáles son las principales pesquerías?

¿Qué métodos de pesca se emplean, por quiénes y qué volúmenes obtienen?

¿Cuál es el patrón estacional de pesca, y cómo han cambiado los sistemas pesqueros interanualmente?

¿Cómo se manejan estas pesquerías?

Dado que las pesquerías se han estudiado en general bajo un enfoque tradicional, la conexión entre éstas y los BAC no es específicamente claro, aunque sí intuitivamente evidente. Pocas son las especies comerciales cuya extracción está limitada a los BAC o sus alrededores inmediatos, pero entre ellas destacan las de macroalgas y los invertebrados bentónicos asociados, como abulones, langostas, erizos, etc.

A pesar de que el conocimiento pesquero es considerable y responde a las preguntas básicas, especialmente en la costa occidental de Baja California y el Golfo de California (ver p. ej. Casas V. y Ponce D. (eds.) 1996), sólo cinco de los capítulos incluidos tratan temas de pesca en sí (11, algas; 15, almejas; 20,

camarón; 21, calamar y 22, atunes). Entre éstos, sólo uno se refiere a especies cuya distribución está estrechamente relacionada con los BAC.

La limitada participación de los investigadores pesqueros nos señala que el papel de los BACs no ha sido percibido como crucial para la abundancia de los recursos de importancia comercial.

Las consecuencias de cambios y variaciones del funcionamiento de los BAC sobre los valores sociales, culturales y económicos

¿Cuál es la historia del uso de los recursos marinos?

¿Cuál es la importancia económica y social de las pesquerías?

¿Hasta qué punto los cambios en los patrones de uso han sido forzados por la abundancia o disponibilidad de los recursos y hasta qué otro lo han sido de actividades humanas que afectan el esfuerzo pesquero?

¿Qué otros usos del mar y sus recursos son significativos, cómo han cambiado en el tiempo y cómo pueden ser afectados por variaciones climáticas?

¿Cuáles son las probables consecuencias sociales, económicas y políticas del cambio climático?

Desde la perspectiva del análisis de los impactos en la producción pesquera en los Centros de Actividad Biológica, los diferentes capítulos que conforman este libro no permiten avanzar mucho en la formulación de respuestas sobre las características de los sistemas pesqueros asociados a estos centros y sus cambios en el tiempo, así como de las consecuencias relacionadas por estas variaciones con respecto a los entornos económicos y sociales en la regiones de influencia.

Si bien se señala la necesidad de procurar la descripción de los procesos para generar una base de información lo más confiable posible que permita reducir la incertidumbre y estar en capacidad de tomar eventualmente medidas sobre uso y manejo de recursos pesqueros de manera racional, tal que permitan un flujo de beneficios económicos a la sociedad.

Por ejemplo, el componente ficológico de la región de Punta Eugenia permite una alta generación de biomasa a partir de la cual se soporta una serie de recursos pesqueros de alta importancia económica como abulón, langosta y caracol. Estas pesquerías representan los principales ingresos económicos de la región, por lo que poblados enteros de la zona dependen completamente de ellas; los montos que generan tienen un impacto relevante en el contexto de la pesca mexicana.

Las variaciones interanuales seguramente asociadas a los cambios en los BAC impactan a recursos costeros como la almeja catarina (15) en Bahía Magdalena, que ha presentado cambios extremos de abundancia a lo largo del tiempo. En condiciones de alta abundancia, la derrama económica en la región es considerable, así como el número de empleos generados, por lo que se tiene un impacto significativo en la zona. Esta es tan sólo una de tantas pesquerías ribereñas en las zonas asociadas a los BAC que resulta en condiciones

económicas y de empleo considerables en alta abundancia y en verdaderas catástrofes cuando disminuye a niveles bajos.

Tres de los capítulos abordan el problema de la variabilidad natural en la abundancia de los recursos de camarón (20), calamar (21) y atún, con enormes consecuencias en la economía nacional, regional y el empleo; el hecho mismo de explorar su potencial relación con los BAC revela una búsqueda de conexiones que hasta ahora no son claras, pero que dan idea de los potenciales beneficios de dilucidarlas.

CONCLUSIONES

De los párrafos anteriores pueden entresacarse algunas conclusiones relevantes para los propósitos del presente volumen:

1. Los investigadores mayormente interesados en el tema de los BAC han sido especialistas en oceanografía biológica (biología marina), particularmente aquellos con orientación sinecológica derivada del estudio del plancton por una parte y aquellos cuyo interés se centra en las relaciones entre los organismos y el ambiente por la otra.
2. No se ha establecido una conexión evidente entre BAC y recursos pesqueros, lo que resulta en que los especialistas no han percibido aún la importancia potencial del estudio de estas estructuras. Es evidente que la amplia distribución de las poblaciones sujetas a pesca (que son mayormente de niveles tróficos superiores) no permite apreciar la importancia de áreas pequeñas.
3. Es claro que el tema no ha logrado captar la atención de los oceanógrafos físicos y químicos de manera suficiente. Es posible que lo limitado de la extensión de que se trata no concuerde con la perspectiva normal de sus campos.
4. La falta de trabajos acerca de la “dimensión humana” del problema, particularmente las consecuencias de cambios y variaciones del funcionamiento de los BAC sobre los valores sociales, culturales y económicos refleja una problemática muy generalizada de las ciencias marinas en México, que carecen de especialistas interesados en estos temas.
5. A lo largo de los capítulos se percibe la potencial utilidad del estudio de los BAC como objetos de monitoreo. Esta es, posiblemente, una de las más importantes aplicaciones prácticas del tema.

En cuanto a lineamientos para trabajos futuros, se sugiere:

1. Lograr la integración de oceanógrafos al proyecto.
2. Propiciar el trabajo en grupos de investigadores que favorezca la integración de conocimientos de oceanografía biológica, especialmente orientados al análisis de interacciones.
3. Iniciar la discusión con grupos de trabajo en otros países.