

# 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

<p>CAPÍTULO 1            CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA  <i>Mario Martínez-García &amp; Daniel Lluch-Belda</i></p>	1
<p>CAPÍTULO 2            MODELACIÓN DE FLUJOS DE BIOMASA EN CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA  <i>Francisco Arreguín-Sánchez</i></p>	13
<p>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></p>	29
<p>CAPÍTULO 4            CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA  <i>Daniel Lluch-Belda</i></p>	49
<p>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 &amp; Ricardo J. Saldierna-Martínez</i></p>	65
<p>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 &amp; María Verónica Morales-Zárate</i></p>	87
<p>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 &amp; Ehecatl Manuel Muñoz-Mejía</i></p>	99
<p>CAPÍTULO 8            ASPECTOS DE LA GEOQUÍMICA DEL MATERIAL ORGÁNICO EN EL BAC DEL GOLFO DE ULLOA, B.C.S.  <i>Sergio Aguñiga</i></p>	111

CAPÍTULO 9	
COMPOSICIÓN Y DINÁMICA DEL FITOPLANCTON EN EL BAC DE BAHÍA MAGDALENA, B.C.S.	125
<i>Aída Martínez-López &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; 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 &amp; Héctor Villalobos</i>	
RECAPITULACIÓN	357
<i>Daniel Lluch-Belda, Juan F. Elorduy-Garay, Salvador E. Lluch-Cota &amp;     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.

# 14

## **BAC VERSUS ÁREAS ADYACENTES: UNA COMPARACIÓN DE LA VARIABILIDAD INTERANUAL DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS A PARTIR DEL COASTAL ZONE COLOR SCANNER (CZCS)**

*Daniel B. Lluch-Cota<sup>1</sup> & Georgina Teniza-Guillén<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Apartado Postal 128, La Paz B.C.S. México 23000. E-mail: dblluch@cibnor.mx <sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

### **RESUMEN**

Se examina la hipótesis de que los Centros de Actividad Biológica (BAC) propuestos para el noroeste mexicano mantienen biomásas fitoplanctónicas relativamente elevadas y estables, respecto de áreas adyacentes y de la generalidad de los sistemas que los incluyen (Golfo de California y costa occidental de la península de Baja California). La información de pigmentos fotosintéticos derivados del Coastal Zone Color Scanner (CZCS) se procesó mediante interpolación, hasta lograr imágenes bimestrales para el periodo 1980-1985. Las medias por área se compararon mediante una prueba de signos, y se probaron correlaciones no paramétricas entre cada área y el sistema correspondiente. Los resultados confirman una elevada biomasa fitoplanctónica en la generalidad de los BAC; no así su persistencia en la escala interanual y en especial ante los efectos de El Niño 1982-1983. Tanto los BAC como las áreas adyacentes reflejan las variaciones del sistema; no obstante, las mismas condiciones que distinguen a los BAC parecen implicar que éste pueda ser un mal indicador de la variabilidad del sistema, lo que haría necesario considerar también a las áreas adyacentes en el diseño de esquemas de muestreo.

**Palabras clave:** Centro de Actividad Biológica, Golfo de California, Costa Occidental, Baja California, Fitoplancton, CZCS, Variabilidad interanual, El Niño.

### **ABSTRACT**

It is examined the hypothesis that the Biological Activity Centers (BAC)

proposed for the Mexican northwest maintain relatively high and stable phytoplanktonic biomasses compared to the adjacent areas and the generality of the systems that include them (Gulf of California and western coast of the Baja California Peninsula). The information on photosynthetic pigments derived from the Coastal Zone Color Scanner (CZCS) was processed by interpolation to generate bimonthly images for the period 1980 – 1985. The averages by area were compared by a test of signs, and non parametric correlations between each area and the corresponding system were tested. The results confirm a high phytoplanktonic biomass in the generality of the BACs; not so their persistence at the interannual scale and specially at the effects from El Niño 1982 – 1983. Both the BACs and the adjacent areas reflect the variations of the system; nevertheless, the same conditions that distinguish the BACs seem to imply that this could be a bad indicator of the variability of the system. This would make necessary to consider also the adjacent areas in the design of sampling strategies.

**Key words:** Biological Activity Canter, Gulf of California, Western Coast, Baja California, phytoplankton, CZCS, Interannual variability, El Niño.

## INTRODUCCIÓN

Los últimos años han visto un cambio cualitativo de la ecología marina; a partir de un reconocimiento cada vez mayor de las diferencias fundamentales entre el océano y la tierra, esta disciplina ha ido revisando, adecuando, e incluso remplazando algunos de sus conceptos más tradicionales (Mann & Lazier, 1996). Un ejemplo reciente es la propuesta de la "triada" de Bakun (1996), quién postuló las características fundamentales de la producción biológica marina a partir de tres procesos; enriquecimiento, concentración y retención, cuya ocurrencia resultaría en un hábitat favorable para desarrollo de los estadios larvarios planctónicos que caracterizan a la mayor parte de las especies marinas.

Una implicación de esta hipótesis se deriva de la escala espacial de los procesos involucrados: aunque el enriquecimiento puede ocurrir en áreas extensas (p.e. un corredor de surgencias), la generalidad de los procesos que favorecerían la concentración y la retención, como los giros y los frentes, corresponden a la mesoescala. Ello significaría que la producción biológica en el océano podría estar concentrada en áreas relativamente pequeñas; de ser así, éstas podrían facilitar significativamente el estudio de los ecosistemas marinos, ya que su muestreo podría ser suficiente para caracterizar variaciones en la producción del sistema en su conjunto (Martínez-García & Lluch-Belda, 2000).

Es claro que, entre especialistas, siempre ha existido el reconocimiento tácito de que ciertas áreas son notablemente más productivas que la generalidad de la zona costera. Evidentemente que las causas han sido objeto de estudio, si bien más sobre la base de las particularidades de cada caso que partiendo de un enfoque comparativo que permita definir las como principios ecológicos generales. Esta generalización sería la aportación sustancial que se pretende lograr con el desarrollo del modelo del Centro de Actividad Biológica, o BAC por sus siglas en inglés. Los primeros pasos se dieron en talleres de trabajo

financiados por el Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Global (Lluch-Belda, 1997). Estos permitieron avanzar en forma significativa en la precisión de la hipótesis de trabajo, así como de las actividades de investigación que su exámen requerirá en el corto y mediano plazos.

En cambio, ni el formato ni los objetivos de los talleres, orientados mayormente a la planeación de la investigación, permitieron concluir sobre algunos aspectos, y especialmente sobre la definición formal del BAC. Por el contrario, su discusión por parte de expertos con especialidades y ópticas diferentes hizo evidentes las dificultades que el ejercicio implica. Estas son abordadas en detalle en otros capítulos del presente (p.e., Lluch-Belda, 2000); baste mencionar aquí que el concepto debe integrar dos aspectos fundamentales: uno formal, en cuanto a la identificación de los mecanismos físicos que expliquen la existencia de los BAC; y uno intuitivo, en cuanto al reconocimiento generalizado de que estas áreas especialmente productivas efectivamente existen.

Para el caso del noroeste mexicano se propuso la existencia de cuatro BAC, tres ubicados en la costa occidental de la península de Baja California (Punta Baja, Punta Eugenia y Bahía Magdalena), y uno más correspondiente a la región del Canal de Ballenas en el Golfo de California. En esa etapa inicial de los trabajos, la propuesta debió basarse en la información relevante ya existente: (1) la pesquera, en cuanto a identificar regiones a las que el esfuerzo pesquero se dirige consistentemente; (2) la de programas como el California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI) y los del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR), dedicados al estudio de la distribución y abundancia de estadios tempranos de las especies de pelágicos menores; y (3) la de pigmentos fotosintéticos derivada de satélite.

Un ejemplo de la primera fuente es la integración del conocimiento pesquero para Baja California Sur realizada por Casas-Valdez & Ponce-Díaz (1996), que incluyó las principales zonas de pesca de los diferentes recursos. De este ejercicio resulta claro que, en relación con otras áreas de la costa occidental del Estado, las inmediaciones de Punta Eugenia proporcionan capturas comparativamente elevadas de un buen número de recursos; desde invertebrados bentónicos de elevado valor comercial (León-Carballo & Muciño-Díaz, 1996; Vega *et al.*, 1996; Singh, 1996; Morales & Cáceres, 1996); hasta un buen número de especies demersales (Balart, 1996a; Ramírez-Rodríguez, 1996). Quizá más significativo como evidencia de su producción biológica, la zona presenta concentraciones importantes de poblaciones masivas de macroalgas (Casas-Valdez & Hernández-Guerrero, 1996; Casas-Valdez *et al.*, 1996), langostilla (Balart, 1996b) y pelágicos menores (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 1996).

Respecto de la segunda fuente de información, Lluch-Belda *et al.* (1991, 1992) analizaron los registros del Programa CalCOFI e identificaron a Punta Eugenia como una región en la que el desove de la sardina (*Sardinops caeruleus*) ocurre a lo largo de todo el año, a diferencia del desove estacional que se registra en otras áreas de la costa occidental (véase también Hernández-Rivas *et al.*, 2000).

Aunque no tan notable en términos de persistencia como Punta Eugenia, la zona de Punta Baja también se destacó como una en las que el desove de sardina es relativamente intenso. En el extremo sur, los trabajos ictioplanctónicos y fitoplanctónicos del CICIMAR indican que el área adyacente a Bahía Magdalena destaca por su productividad y por la intensidad del desove de algunas especies de pelágicos menores (Funes-Rodríguez *et al.*, 2000; Martínez-López & Verdugo-Díaz, 2000).

Para el Golfo de California, algunos estudios *in situ* han mostrado que la región de las Grandes Islas mantiene niveles de producción primaria durante todo el año, como resultado del enriquecimiento que genera la mezcla por mareas (p.e., Badán-Dangón *et al.*, 1985; Alvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991). Lluch-Belda *et al.* (1986) propusieron, sobre la base de la presencia de sardina en esta zona, que las inmediaciones de las grandes islas constituyen el único reducto de dicha población durante eventos de calentamiento. Trabajos más recientes (Lluch-Cota *et al.*, 1999; Lluch-Cota, 2000) han mostrado que el área principal de desove de la especie coincide con la región para la cual la modelación oceanográfica sugiere la existencia de giros de mesoescala, que se suponen favorecen la retención y concentración de los productos del desove. La experiencia pesquera también señala esta particularidad: en periodos en los que la disponibilidad de la sardina ha disminuido en las áreas tradicionales de pesca, mucho del esfuerzo del esfuerzo exitoso se obtiene de esta región (Nevárez-Martínez, 2000).

A estas y otras evidencias, acumuladas por los diversos grupos de trabajo a lo largo de varios años, se han venido a sumar recientemente las estimaciones de biomasa fitoplanctónica mediante sensores remotos. Si bien existen discrepancias respecto de la precisión de las estimaciones en escalas espaciales y temporales finas, no hay duda de que éstas son muy útiles para realizar estudios comparativos, por su gran cobertura espacial y temporal. En consecuencia, su análisis ha sido uno de los elementos utilizados para proponer la existencia de BAC en las regiones mencionadas. En general, los resultados sugieren que la biomasa fitoplanctónica de estas zonas se mantiene relativamente elevada a lo largo del ciclo estacional promedio (Arias Aréchiga, 1998; Lluch-Belda, 2000; Lluch-Cota & Arias-Aréchiga, 2000; Morales-Zárate, 1999; Morales-Zárate *et al.*, 2000).

La presente investigación busca determinar si esta característica persiste en la escala interanual, en especial durante periodos de empobrecimiento fitoplanctónico como los que acompañan el desarrollo de eventos El Niño en la región (Lluch-Cota *et al.*, 1995, 1999). Colateralmente, se plantea determinar si la variabilidad de la biomasa fitoplanctónica en los BAC puede o no ser indicativa de la variabilidad en la totalidad del sistema. Esta propiedad, implícita en el supuesto de que los BAC concentran una proporción significativa de la productividad biológica total, es importante desde una perspectiva práctica ya que implicaría la factibilidad de establecer esquemas de muestreo restringidos. En contraparte, es posible que las mismas condiciones que distinguen a los BAC del resto del sistema impliquen que el BAC sea un mal indicador de la

variabilidad regional, lo que haría necesario plantear esquemas de muestreo que incluyan tanto al BAC como al área adyacente.

### MÉTODOS

Los datos de concentración pigmentaria fueron obtenidos de la base de datos CD-ROM, USA-NASA-JPL-PODAAC-A005 V. 1.0, publicada por el Jet Propulsion Laboratory de la National Ocean Atmosphere Administration de los Estados Unidos (Tran *et al.*, 1993). La base está integrada a partir de las observaciones de irradiancias en bandas del espectro visible, obtenidas durante la fase experimental de prueba del sensor Coastal Zone Color Scanner (CZCS) el cual estuvo en operación entre 1978 y 1986. La base incluye la aplicación del algoritmo de transformación, un control de calidad de los datos, y un pre-procesamiento consistente en la estimación de medias mensuales por fotel para todo el periodo. De estos datos se extractaron las medias mensuales para todos los foteles incluidos en las áreas totales presentadas en la Figura 1.

La resolución temporal del análisis se determinó examinando gráficamente la cobertura del sensor para los siguientes intervalos: mensual (*i.e.*, la resolución original de la base de datos), bimestral (promedio de dos medias mensuales consecutivas por fotel) y estacional (promedio de tres medias mensuales consecutivas por fotel). Se optó por la resolución bimestral, ya que la mensual original no permite estimar valores para los cuadrantes seleccionados (BAC y no BAC) en un número elevado de meses, especialmente los de verano cuando la presencia de huracanes y tormentas ocasiona nublados frecuentes y extensos. Pese a la reducción de la escala, se observó una pobre cobertura para dos periodos, mayo-agosto de 1984 en el Golfo de California, y mayo-octubre del mismo año en la costa occidental, que por lo tanto fueron excluidos del análisis.

Una vez definida la resolución temporal, cada imagen mensual fue completada mediante la interpolación en dos dimensiones (latitud y longitud) de los datos existentes. Dado que los campos de pigmentos no siguen gradientes suaves ni extendidos, se buscó minimizar el error aplicando un interpolador de tipo exacto (*i.e.*, que conserva los datos observados y utiliza los interpolados sólo para remplazar los faltantes), una resolución espacial que se aproxima a la original, y el menor radio de búsqueda posible. A fin de evidenciar el ciclo estacional, por cada fotel se estimó un valor medio bimestral representativo en la siguiente forma:

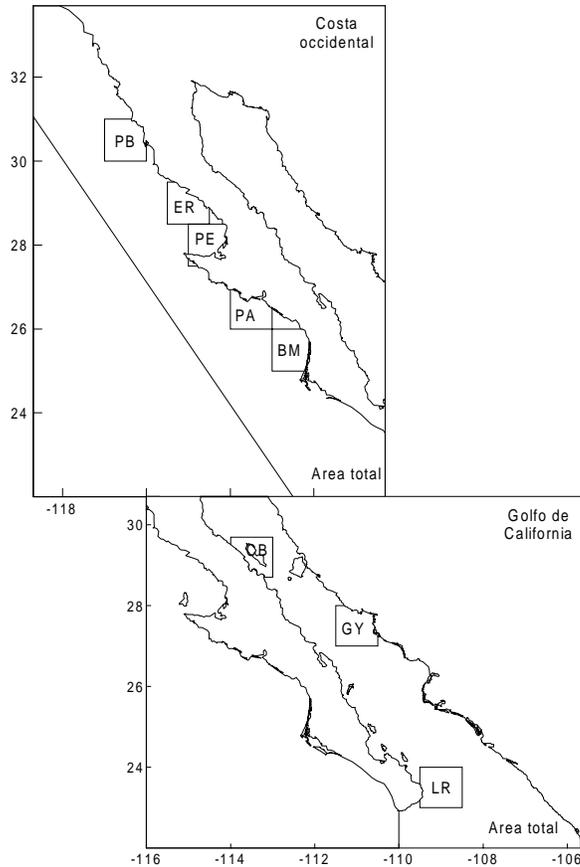
$$B(F_{m1,m2}) = \left( \sum_{i=1}^{n1} F_{m1i} + \sum_{i=1}^{n2} F_{m2i} \right) / (n1+n2) \dots\dots\dots (ec. 1)$$

Donde:

**B(F<sub>m1,m2</sub>)** es el valor medio del fotel F para el bimestre m<sub>1</sub> - m<sub>2</sub> (p.e., bimestre enero - febrero).

**F<sub>m1i</sub>** es la i-ésima observación para el fotel F y el mes m<sub>1</sub> (p.e., enero)

**n<sub>1</sub>** es el número de observaciones para el fotel F y el mes m<sub>1</sub>, y alcanza un



**Figura 1.** Areas utilizadas para el análisis. Arriba: costa occidental; área total y cuadrantes aledaños a Punta Baja (PB), El Rosario (ER), Punta Eugenia (PE), Punta Abrejos (PA) y Bahía Magdalena (BM). Abajo: Golfo de California; área total y cuadrantes aledaños al Canal de Ballenas (CB), Guaymas (GY) y La Rivera (LR).

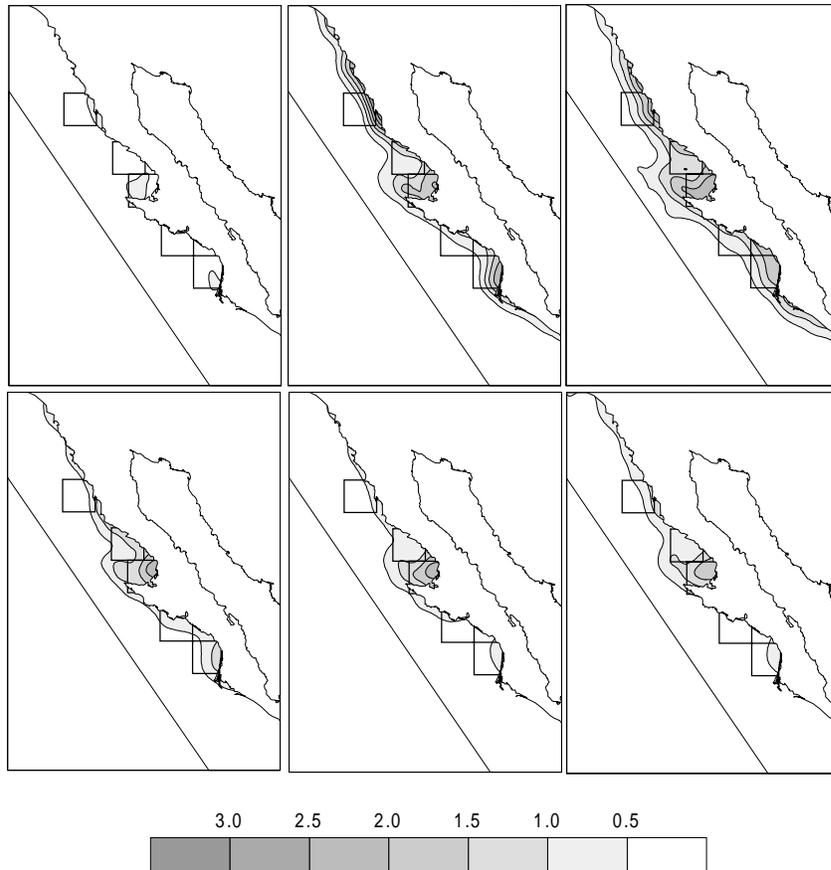
valor máximo de nueve (p.e., nueve valores para los meses de enero entre 1978 y 1986).

**F<sub>m2i</sub>** es la i-ésima observación para el fotel F y el mes m<sub>2</sub> (p.e., febrero).

**n<sub>2</sub>** es el número de observaciones para el fotel F y el mes m<sub>2</sub>, y alcanza un valor máximo de nueve (p.e., nueve valores para los meses de febrero entre 1978 y 1986).

Los valores obtenidos fueron agrupados y graficados en imágenes promedio por bimestre (seis imágenes por área, Figs. 2 y 3). Respecto de las imágenes individuales, los foteles fueron promediados por bimestre conforme a:

$$M(F_{m1i}, F_{m2i}) = [(F_{m1i} + F_{m2i})/2] \dots\dots\dots(\text{ec. 2})$$



**Figura 2.** Isolíneas de concentración pigmentaria ( $\text{mg}\cdot\text{m}^3$ ) en la costa occidental, medias bimensuales (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) para el periodo 1980-1985.

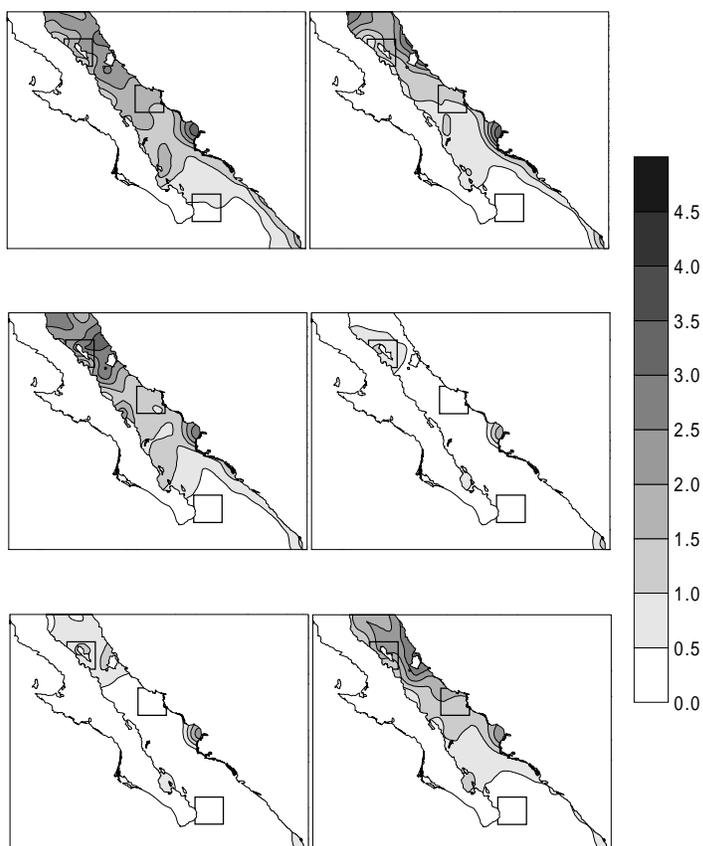
Donde:

$M(\mathbf{F}_{m1i}, \mathbf{F}_{m2i})$  es el  $i$ -ésimo valor medio (i.e., promedio de dos meses) del fotel  $F$  para el bimestre  $m_1i - m_2i$  (p.e., bimestre enero - febrero de 1980).

$\mathbf{F}_{m1i}$  es la  $i$ -ésima observación para el fotel  $F$  y el mes  $m_1$  (p.e., enero de 1980).

$\mathbf{F}_{m2i}$  es la  $i$ -ésima observación para el fotel  $F$  y el mes  $m_2$  (p.e., febrero de 1980).

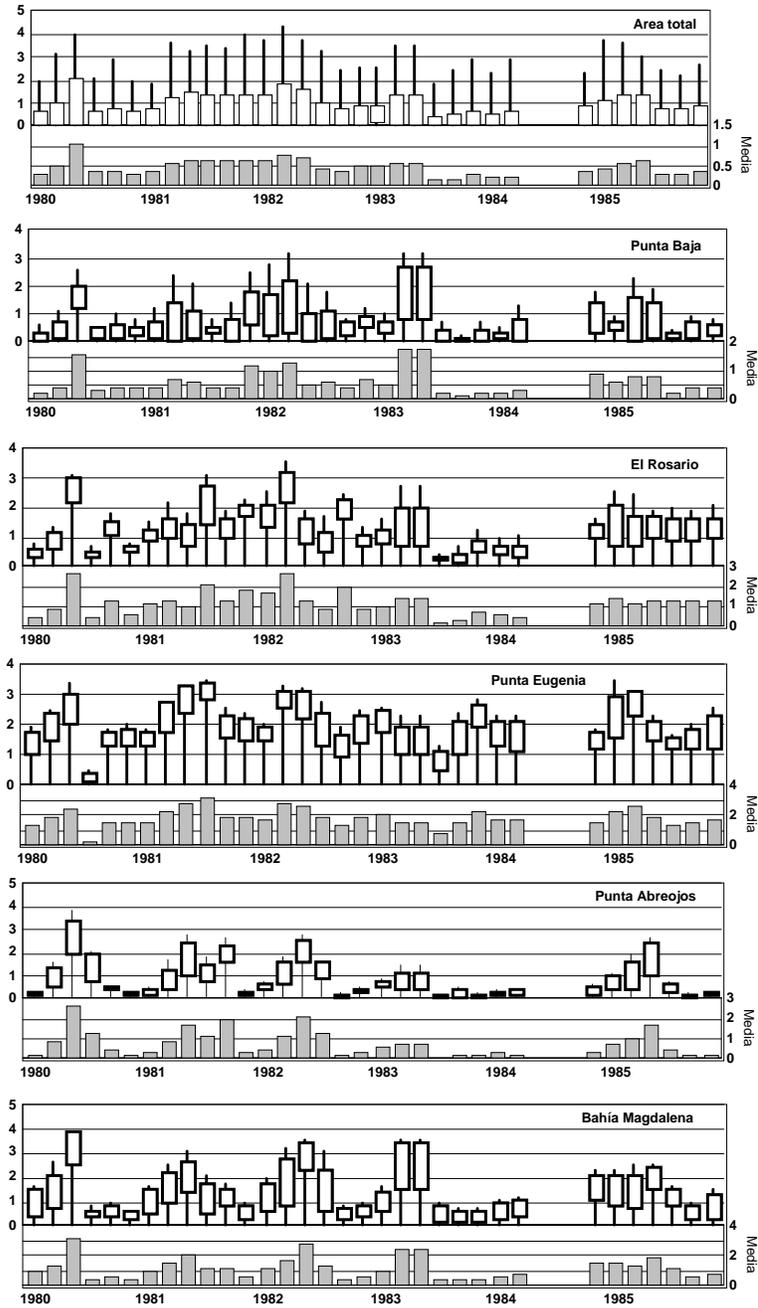
El procedimiento resultó en 36 imágenes bimestrales correspondientes al periodo de 1980 a 1985; y a partir de éstas se estimó el valor medio con su correspondiente desviación estándar, así como los valores máximo y mínimo observados. Esta información se obtuvo tanto para la totalidad de cada sistema (Golfo de California y costa occidental de Baja California) como por cada uno de los cuadrantes de interés (BAC y no BAC), y se graficó como series de tiempo a fin de permitir una valoración visual de la variabilidad interanual en cada caso



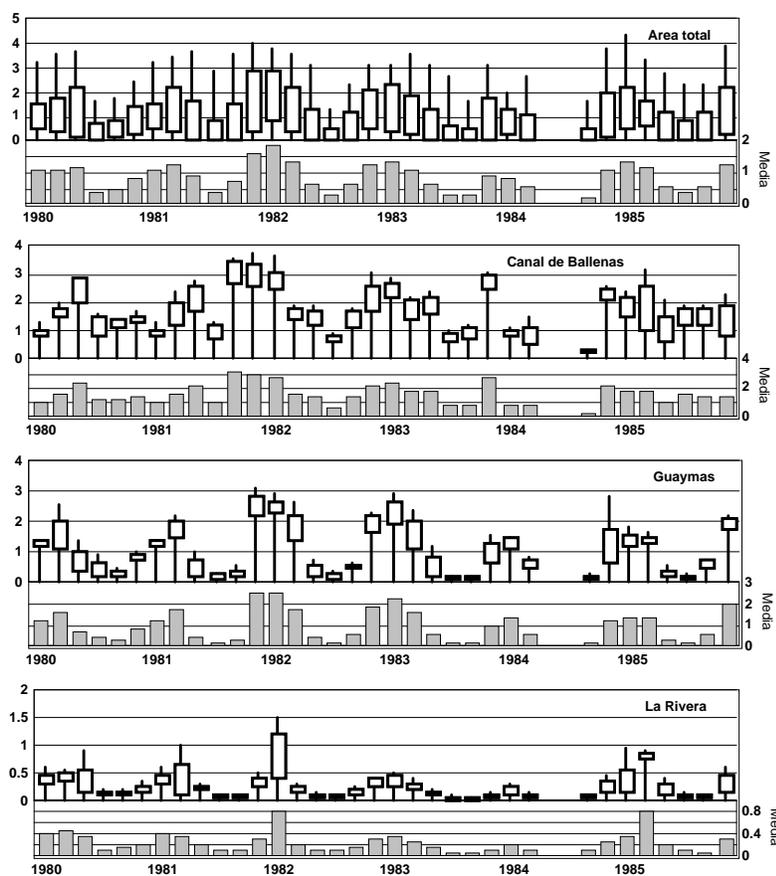
**Figura 3.** Isolíneas de concentración pigmentaria ( $\text{mg}\cdot\text{m}^3$ ) en el Golfo de California, medias bimensuales (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) para el periodo 1980-1985.

(Figs. 4 y 5). Adicionalmente, cada serie se resumió mediante gráficas de "cajas" para la mediana, los percentiles al 25% y 75%, y los valores máximo y mínimo (Fig. 6).

Se observó que las distribuciones de medias se apartan considerablemente de la normal, por lo que se optó por estadísticos no paramétricos para establecer comparaciones entre cada uno de los cuadrantes seleccionados y el área total correspondiente. Al efecto, se utilizó la prueba de signos como una alternativa a la prueba de  $t$  para muestras dependientes; esta prueba es aplicable cuando se desea establecer si dos variables continuas (p.e., media de pigmentos para un cuadrante y media para el área total) son o no diferentes. Una vez ordenados los valores en función de su magnitud, se procede a cuantificar el número de veces en el que el valor de la primera variable es mayor que el de la segunda. Bajo la hipótesis nula de que las dos variables no son diferentes, la frecuencia relativa observada se contrasta contra la esperada (*i.e.*, 50%) sobre la base de la



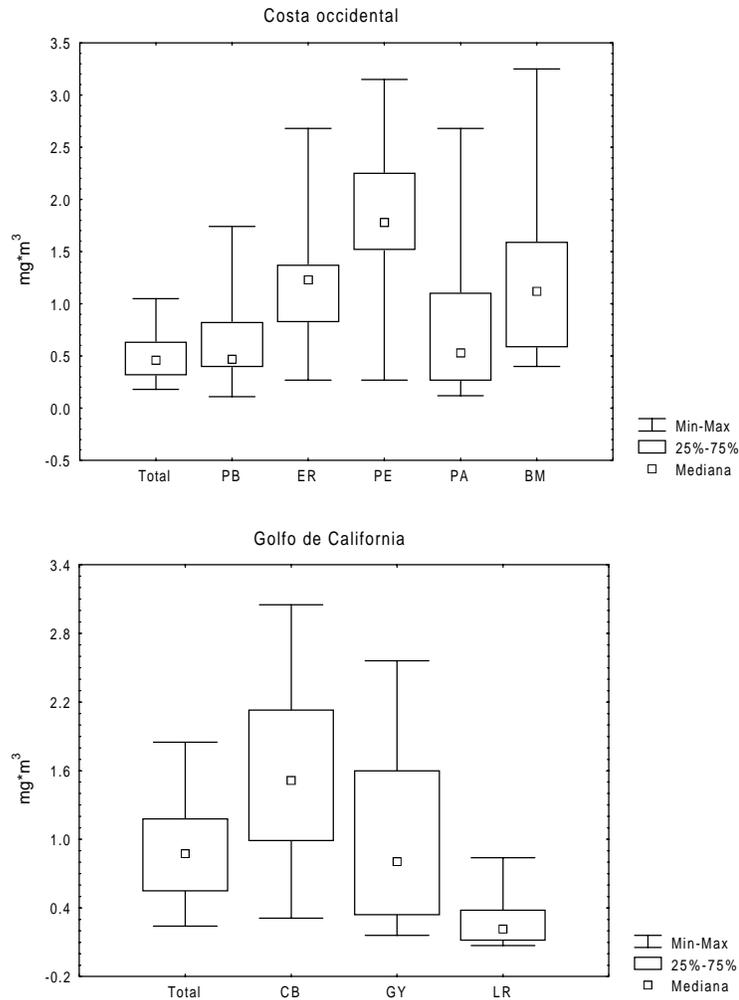
**Figura 4.** Series bimensuales de concentración pigmentaria ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) para la costa occidental y los cuadrantes seleccionados, periodo 1980-1985. Para cada bimestre se presentan los valores máximo y mínimo (línea), la media más y menos una desviación estándar (barra clara), y la media (barra oscura).



**Figura 5.** Series bimensuales de concentración pigmentaria ( $\text{mg}\cdot\text{m}^3$ ) para el Golfo de California y los cuadrantes seleccionados, periodo 1980-1985. Para cada bimestre se presentan los valores máximo y mínimo (línea), la media más y menos una desviación estándar (barra clara), y la media (barra oscura).

distribución binomial, obteniéndose el valor de  $z$  y la probabilidad asociada correspondiente (Tabla 1).

A partir de las series de tiempo se investigó la relación lineal entre la biomasa fitoplanctónica media en cada uno de los cuadrantes seleccionados respecto del sistema correspondiente. Se utilizó el coeficiente  $R$ -Sperman como alternativa no paramétrica a la correlación, a fin de determinar en que grado cada una de los cuadrantes covaría con el área total (Tabla 2). La interpretación de este coeficiente es equivalente a la  $R$ -Pearson, salvo en que no implica normalidad en la distribución de las variables que se relacionan sino únicamente que éstas se presentan en una escala ordinal. Para cada comparación se graficaron los valores en formato  $X$  vs.  $Y$ , a fin de examinar visualmente el nivel de covariación obtenido (Fig. 7).



**Figura 6.** Distribuciones de las medias de concentración pigmentaria, area total y cuadrantes considerados para la costa occidental (arriba) y el Golfo de California (abajo). Las referencias de los cuadrantes son las que se presentan en la Figura 1.

## RESULTADOS

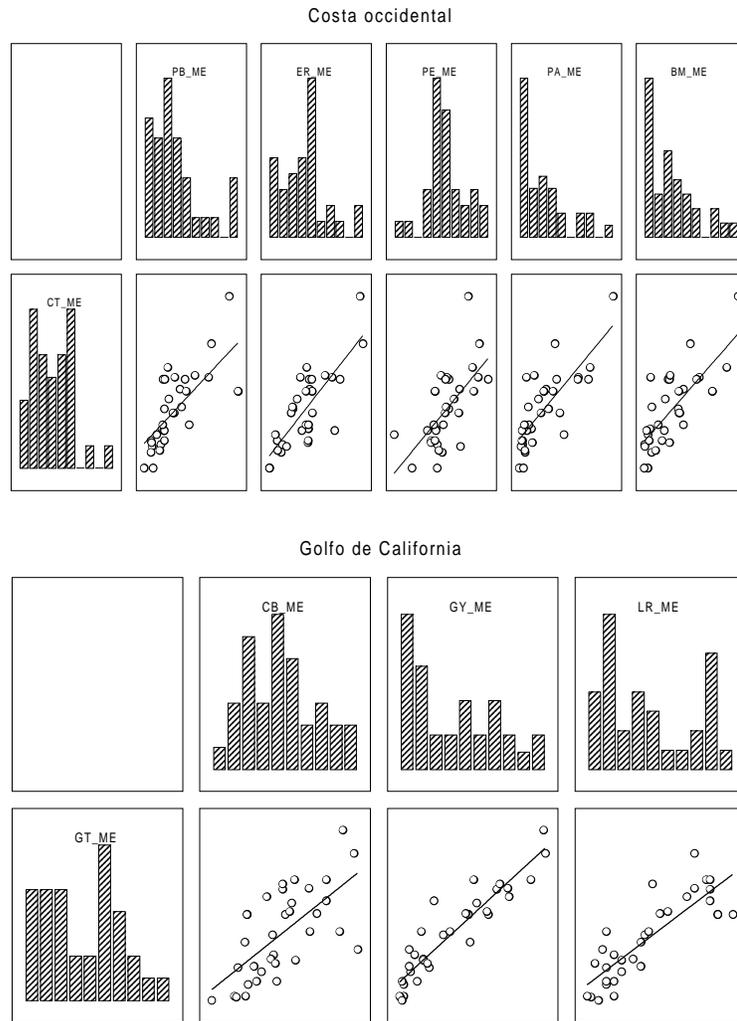
Para la costa occidental, las imágenes bimestrales promedio permiten apreciar una marcada estacionalidad, con biomásas elevadas en primavera y verano que disminuyen durante el otoño y alcanzan su mínimo en el invierno (Fig. 2). El área total presenta biomásas medias del orden de  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  de clorofila (Fig. 6), comparables a las de los cuadrantes de Punta Baja y Punta Abreojos pero significativamente inferiores a las observadas en El Rosario, Punta Eugenia y Bahía Magdalena, donde persisten valores relativamente elevados durante el periodo de empobrecimiento general del sistema (Fig. 2, Tabla 1).

**Tabla 1.** Resultados de la prueba de signos para determinar diferencias significativas entre los cuadrantes seleccionados y el sistema correspondiente. N: pares de valores comparados diferentes de cero. %: proporción de eventos en los que el valor correspondiente al sistema resultó mayor que el del cuadrante. Z: estadístico Z de la distribución binomial. *p*: probabilidad asociada a la hipótesis nula (i.e., que no existan diferencias significativas).

Sistema y cuadrante		N	%	Z	p
Costa occidental	Punta Baja	32	69	1.945	0.05
	El Rosario	33	100	5.570	< 0.01
	Punta Eugenia	33	97	5.222	< 0.01
	Punta Abreojos	32	63	1.237	0.22
	Bahía Magdalena	33	97	5.222	< 0.01
Golfo de California	Canal de Ballenas	34	94	4.973	< 0.01
	Guaymas	33	58	0.696	0.49
	La Rivera	34	0	5.659	< 0.01

**Tabla 2.** Correlaciones no paramétricas entre cada uno de los cuadrantes seleccionados y el sistema correspondiente. N: número de pares de valores. R: coeficiente de correlación de Sperman. t(N-2): estadístico t de la distribución t-Student. *p*: probabilidad asociada a la hipótesis nula (i.e., que no exista covariación).

Sistema y cuadrante		N	R	t(N-2)	p
Costa occidental	Punta Baja	33	0.809	7.67	< 0.01
	El Rosario	33	0.719	5.76	< 0.01
	Punta Eugenia	33	0.637	4.60	< 0.01
	Punta Abreojos	33	0.763	6.57	< 0.01
	Bahía Magdalena	33	0.746	6.23	< 0.01
Golfo de California	Canal de Ballenas	34	0.693	5.44	< 0.01
	Guaymas	33	0.925	13.74	< 0.01
	La Rivera	32	0.820	7.84	< 0.01



**Figura 7.** Distribuciones de frecuencia, diagramas de dispersión y rectas de regresión de las medias de concentración pigmentaria, área total contra cuadrantes seleccionados de la costa occidental (arriba) y el Golfo de California (abajo). CT-ME: área total, costa occidental. GT-ME: área total, Golfo de California. Las demás referencias son las de los cuadrantes seleccionados que se presentan en la Figura 1.

Considerando el sistema en su conjunto, la biomasa fitoplanctónica fue relativamente baja en 1980 y tendió a incrementarse entre 1981 y mediados de 1983 (Fig. 4). A finales de este año, y hasta mediados de 1984, la biomasa registró valores bajos, aparentemente asociados al fenómeno El Niño y sus efectos en la región. Posteriormente se observó una tendencia al incremento, con un máximo a principios de 1985. Salvo algunos eventos extraordinarios (p.e., el bimestre mayo-junio de 1983), este patrón general se conserva en los cuadrantes

seleccionados, resultando en correlaciones significativas entre cada uno y el área total (Fig. 7, Tabla 2).

En principio, ello significa que todos los cuadrantes considerados permitirían predecir, en alguna medida, la variabilidad interanual del sistema. No obstante, se observan diferencias en el grado de explicación de cada una de las relaciones, que implican que algunos cuadrantes son mejores indicadores de la variabilidad regional que otros (Tabla 2). El mejor indicador resultó ser Punta Baja (0.81) seguido por Punta Abreojos (0.76); mientras que los peores fueron Punta Eugenia (0.64) y El Rosario (0.72). Para los dos casos extremos, ello significa una diferencia en el nivel de explicación ( $R^2$ ) del orden del 24% (65% de Punta Baja respecto del 41% de Punta Eugenia), lo que puede considerarse una diferencia importante en términos del potencial de cada cuadrante como indicador del sistema.

La biomasa fitoplanctónica también presenta una marcada estacionalidad en el Golfo de California, con biomásas elevadas en invierno y primavera que disminuyen en verano y alcanzan su mínimo en otoño (Fig. 3). En promedio el sistema presenta niveles del orden de  $0.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$  de clorofila (Fig. 6), que son inferiores a los observados en el Canal de Ballenas, similares a los presentes en Guaymas y superiores a los de La Rivera (Tabla 1). En general, la biomasa fitoplanctónica fue relativamente baja en 1980 y tendió a incrementarse hasta 1982. La biomasa disminuyó durante 1983 y 1984, probablemente como consecuencia de El Niño y sus efectos en la región, y para 1985 retornó a valores comparables a los registrados antes del evento (Fig. 5). Este patrón se mantuvo en los cuadrantes seleccionados, resultando en correlaciones significativas para todos los casos (Fig. 7, Tabla 2). La relación más estrecha se presentó con Guaymas (0.92), seguido de La Rivera (0.82), y el peor predictor resultó ser el Canal de Ballenas (0.69). Entre ambos extremos, la diferencia en el nivel de explicación alcanza el 37%.

## DISCUSIÓN

La mayoría de las localidades propuestas como BAC: Punta Eugenia, Bahía Magdalena y el Canal de Ballenas, efectivamente mantienen biomásas fitoplanctónicas permanentemente elevadas. Esta característica se mantiene no sólo en la escala estacional, sino como condiciones adecuadas para la producción biológica en forma permanente, o al menos durante el periodo analizado. No obstante, el otro de los sitios propuesto como BAC, Punta Baja, presentó biomásas que no son significativamente superiores a las de la generalidad del sistema. Por su parte, el cuadrante de El Rosario, no considerado BAC por Lluch-Belda (2000), presenta biomásas ligera pero significativamente más elevadas que el área total. Este resultado, aparentemente contradictorio respecto de la hipótesis manejada, probablemente pueda ser explicado a partir del efecto que sobre esta región puedan tener las altas concentraciones de clorofila presentes en el área adyacente de Punta Eugenia.

Respecto de la escala interanual, todas las áreas mostraron una relación lineal

significativa con las variaciones del sistema en su conjunto. Para el caso de la costa occidental, el único periodo de empobrecimiento que pudiera relacionarse con los efectos de El Niño ocurrió hacia finales de 1983 y principios de 1984; un resultado que llama la atención dado que los efectos de este evento en el ambiente físico (p.e., temperatura superficial) son detectables desde finales de 1982 (Lluch-Cota *et al.*, 1999). En general, los cuadrantes seleccionados mostraron disminuciones de la biomasa fitoplanctónica durante el mismo periodo, indicativas de que los procesos que determinan la variabilidad interanual del fitoplancton en cada uno son fundamentalmente los mismos que gobiernan al sistema en su conjunto. Para el Golfo de California los resultados fueron similares: empobrecimiento del sistema desde mediados de 1983 y hasta finales de 1984; efecto de El Niño que es reflejado por las series de Guaymas, La Rivera y, aunque en menor medida, del Canal de Ballenas.

La desviación más notable estuvo dada por el área de Punta Eugenia, que consistentemente mantuvo elevados niveles sin que la señal de El Niño sea detectable (ver Fig. 4). Pese a que la prueba estadística no indicó diferencias significativas para la totalidad del periodo considerando  $P < 0.01$ , las diferencias resultan significativas si el criterio se relaja a  $P < 0.05$  (ver Tabla 1). Este resultado es especialmente relevante, al sugerir la existencia de mecanismos que afectan la variabilidad fitoplanctónica adicionales a los que dominan el resto del sistema.

Finalmente, se buscó evaluar si la variabilidad de la biomasa fitoplanctónica en los BAC puede o no ser indicativa de la variabilidad en la totalidad del sistema. Como se mencionó en el apartado introductorio, esta propiedad sería relevante desde una perspectiva práctica, ya que implicaría la factibilidad de establecer sistemas de muestreo restringidos. En principio, los resultados obtenidos indican que la variabilidad en cualquiera de las áreas seleccionadas, tanto BAC como no BAC, está significativamente correlacionada con la del sistema en su conjunto, por lo que todas las áreas analizadas podrían ser utilizadas como predictores del sistema en cuanto a las fluctuaciones de la biomasa fitoplanctónica.

No obstante, los menores coeficientes de correlación se obtuvieron para dos de las áreas propuestas como BAC: Punta Eugenia y el Canal de Ballenas. Ello sugiere que las mismas condiciones que distinguen a los BAC del resto del área implican que el BAC sea un mal indicador del sistema, en relación con otras áreas que no presentan estas peculiaridades. Cabe destacar que esta conclusión preliminar sólo es estrictamente aplicable a la biomasa fitoplanctónica, aunque probablemente sea cierta también para otras variables físicas que la determinan. En todo caso, no guarda relación directa con el potencial del BAC como indicador de la producción biológica y pesquera del sistema; éste potencial depende de otros factores, por ejemplo, del papel del BAC como área de refugio ante condiciones adversas en el resto del sistema.

Consideramos que el presente contribuye a precisar el concepto de Centro de Actividad Biológica, en la medida en que hace evidente la dificultad de establecer criterios únicos. A la luz del análisis de la biomasa fitoplanctónica,

la definición más amplia de BAC, y la única que incluiría todos los propuestos por Lluch-Belda (2000), es la de una región que presenta, permanente o temporalmente, biomasa significativamente más elevada que la generalidad del sistema. Ello no es poca cosa, ya que tiene implicaciones relevantes en cuanto a la producción biológica y pesquera que puede esperarse de una región especialmente rica.

El ampliar la definición a otros aspectos, como la persistencia de biomasa elevada, ya presenta dificultades. Una solución posible, la más simple, es admitir que la definición incluya la característica de persistencia, implicando entonces que no todas las áreas propuestas pueden considerarse BAC. En el otro extremo, es posible limitar la definición a su sentido más amplio y admitir entonces que existen diferentes clases de BAC, los que requerirían a su vez de definirse. Consideramos que, entre ambos extremos, el criterio más importante debiera ser la identificación de los mecanismos físicos que permitan condiciones especialmente favorables para la producción biológica.

Al menos tres de los BAC originalmente propuestos parecen sugerir la existencia de tales mecanismos. El caso más claro parece ser el de Punta Eugenia: de hecho, se conoce que en la Bahía de Sebastián Vizcaíno existen giros cuasi-permanentes (p.e. Hewitt, 1981; Amador-Buenrostro *et al.*, 1995) que posiblemente expliquen la presencia de biomasa fitoplanctónica permanentemente elevada vía la retención de las células al interior del giro. El mecanismo, cualquiera que sea, confiere además a esta región una característica única entre los casos analizados: los efectos de El Niño en la zona se vieron claramente atenuados, sin reflejarse en una disminución apreciable del fitoplancton. Por su parte, el Canal de Ballenas presenta mecanismos de enriquecimiento bien identificados: la mezcla por mareas (Badán-Dangón *et al.*, 1985; Alvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991; ). No obstante, el mecanismo no resultó suficiente como para inhibir completamente los efectos de El Niño en la biomasa fitoplanctónica. En Bahía Magdalena, no parece claro todavía cuál podría ser el mecanismo involucrado en la elevada biomasa que el área presenta; en todo caso, tampoco permitió mantener sin decremento los niveles de pigmentos fotosintéticos durante El Niño. Finalmente, consideramos que la propuesta de Punta Baja como un BAC no parece quedar justificada bajo ninguno de los criterios que hasta el momento se han manejado.

## AGRADECIMIENTOS

La idea del presente trabajo es resultado del privilegio de asistir al desarrollo del concepto de los BAC por parte de todos los asistentes a los talleres de trabajo, y en especial por parte de su primer autor, el Dr. Daniel Lluch-Belda. GTG participó gracias a las facilidades otorgadas por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, en el marco de su Programa de Formación de Recursos Humanos. La presente contribución recibió apoyo de los proyectos CIBNOR/AYCG-14 y SIMAC970106044.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarez-Borego, S. & J.R. Lara-Lara. 1991. Physical environment and primary productivity of the Gulf of California, 47:555-567. En: Ketchum, B.H. (Ed.). The Gulf and Peninsular provinces of the Californias. Mem. Am. Assoc. Petr. Geol.
- Amador-Buenrostro, A., M.L. Argote-Espinoza, M. Mancilla-Peraza & M. Figueroa-Rodríguez. 1995. Variaciones de periodo corto de la circulación anticiclónica en Bahía Sebastián Vizcaíno, B.C. Ciencias Marinas, 21(2): 201-223.
- Arias-Aréchiga, J.P. 1998. Regionalización del Golfo de California: Una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos (CZCS). Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur. 50 pp.
- Badán-Dangón, A., D. Koblinsky & T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. Oceanol. Acta 8(1): 13-22.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean. Ocean processes and marine population dynamics. California Sea Grant & Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, 323 pp.
- Balart, E.F. 1996a. Pesquería de lenguados, 273-286. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce- Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Balart, E.F. 1996b. Recurso langostilla, 167-180. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Casas-Valdez, M., G. Hernández-Carmona & C.J. Hernández-Guerrero. 1996. Recurso *Macrocystis pyrifera*, 431-444. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Casas-Valdez, M. & C.J. Hernández-Guerrero. 1996. Recurso *Gelidium robustum*, 419-430. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). 1996. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar. 693 pp.
- Funes-Rodríguez, R., M.E. Hernández-Rivas, J.R. Saldierna-Martínez, A. Hinojosa M., R. Avendaño-I. & P.A. Jiménez-Rosenberg. 2000.

- Composición y abundancia del ictioplancton del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, un Centro de Actividad Biológica. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Hernández-Rivas, M.E., S.P. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & J.R. Saldierna-Martínez. 2000. El Centro de Actividad Biológica de la Bahía Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Hewitt, R.P. 1981. Eddies and speciation in the California Current. CalCOFI Rep. 22: 96-98.
- León-Carballo, G. & M. Muciño-Díaz. Pesquería de abulón, 15-41. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Lluch-Belda, D., J.F. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: Possible causes. CalCOFI Reports, 27: 136-140.
- Lluch-Belda, D., S. Hernández-Vázquez & R.A. Schwartzlose. 1991. A hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*), 293-300. En: Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (Eds.). Long term variability of pelagic fish populations and their environment. Pergamon Press, Oxford.
- Lluch-Belda, D., D.B. Lluch-Cota, S. Hernández-Vázquez & C.A. Salinas-Zavala. 1992. Sardine population expansion in eastern boundary systems of the Pacific Ocean as related to sea surface temperature. S. Afr. J. Mar. Sci. 12: 147-155.
- Lluch-Belda, D. 1997. A proposal for IAI Phase II Research Biological Action Centers: Background. Report on the IAI Phase I Workshop: Comparative studies on the physical and biological environments of upwelling areas: Biological Action Centers (BAC). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Inter-American Institute for Global Change Research (IAI). La Paz, B.C.S., México.
- Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Lluch-Cota, S.E. 2000. Propuesta de bases para un sistema de información ambiental para la pesquería de sardina del Golfo de California. Tesis

- Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 43 pp. más anexos.
- Lluch-Cota, S.E. & J.P. Arias Aréchiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de Centros de Actividad Biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Lluch-Cota, S.E., D.B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda, M.O. Nevárez-Martínez, A. Parés-Sierra & S. Hernández-Vázquez. 1999. Variability of sardine catch as related to enrichment, concentration and retention processes in the central Gulf of California. CalCOFI Rep. 40: 184-190.
- Lluch-Cota, D.B., C.A. Salinas-Zavala, P. del Monte-Luna & D. Lluch-Belda. 1995. El Niño y la Pesca en el Noroeste de México. Oceanología. DGCTM-SEP, México. 4(8) 19-42.
- Lluch-Cota, D.B., D. Lluch-Belda, S.E. Lluch-Cota, J. López-Martínez, M.O. Nevárez-Martínez, G. Ponce-Díaz, C.A. Salinas Zavala, A. Vega V., R. Lara-Lara, M.G. Hammann & J. Morales. 1999. Las Pesquerías y El Niño, 137-178. En: Magaña-R., V.O. (Ed.). Los Impactos de El Niño en México. DGPC / SG / UNAM / IAI / SEP-CONACYT. México.
- Mann, K.H. & J.R.N. Lazier. 1996. Dynamics of marine ecosystems. Biological-physical interactions in the ocean. 2<sup>a</sup>. Ed. Blackwell Science, London New York, 394 pp.
- Martínez-García, M. & D. Lluch-Belda. 2000. Cambio climático global y Centros de Actividad Biológica. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Martínez-López, A., & G. Verdugo-Díaz. 2000. Composición y dinámica del fitoplancton en el BAC de Bahía Magdalena, B.C.S. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Morales, H.R., & C. Cáceres M. 1996. Pesquería de almeja mano de león *Lyropecten subnodosus*, 87-100. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Morales-Zárate, M.V. 1999. Comparación entre dos zonas de alta productividad biológica en la Costa Occidental de Baja California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa. 42 pp.
- Morales-Zárate, M.V., S.E. Lluch-Cota, D. Voltolina & E.M. Muñoz-Mejía. 2000. Comparación entre zonas de alta actividad biológica en la costa

- occidental de Baja California: Punta Eugenia y Punta Baja. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. CIBNOR/CONACYT. Este volumen.
- Nevárez-Martínez, M.O. 2000. Variabilidad de la población de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) en el Golfo de California, México. Tesis Doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. 120 pp.
- Ramírez-Rodríguez, M. 1996. Pesquería de escama, 287-304. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Rodríguez-Sánchez, R., S. Hernández-Vázquez, D. Lluch-Belda, R. Felix-Uraga, S. Ortega-García, A. Villa-Arce, G. Ponce-Díaz & D.B. Lluch-Cota. 1996. Pesquería de pelágicos menores (sardinas y anchovetas), 317-350. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Singh, C.J. 1996. Pesquería de caracol panocha, 43-58. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.
- Tran, A.V., E. Smith, J. Hyon, R. Evans, O. Brown & G. Feldman. 1993. Satellite-derived multichannel sea surface temperature and phytoplankton pigment concentration data: A CD-ROM set containing monthly mean distributions for the global oceans. Dataset compiled by the PODAAC/Jet Propulsion Lab. JPL D-10351, California Institute of Technology.
- Vega, V.A., G. Espinoza-Castro & C. Gomez-Rojo. 1996. Pesquería de Langosta *Panulirus* spp, 227-262. En: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (Eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Semarnap/ Gobierno del Estado de B.C.S./ FAO / INP / UABCS / CIB / CICIMAR / Cet-Mar.