

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 OCEANO: 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.

17

SOBRE LA IMPORTANCIA DE CONSIDERAR LA EXISTENCIA DE CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA PARA LA REGIONALIZACIÓN DEL OCÉANO: EL CASO DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Salvador E. Lluch-Cota & Juan Pedro Arias-Aréchiga

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Apdo. Postal 128. La Paz, B.C.S. México.
23000. E-mail: sluch@cibnor.mx

RESUMEN

La evaluación de la actividad fotosintética en el océano y su variabilidad en el tiempo es tema prioritario en la investigación de cambio climático. Sin embargo, representa una tarea difícil debido a la falta de mediciones en campo. La capacidad de registrar sinópticamente el color del mar desde sensores remotos representa una alternativa prometedora, pero es necesario realizar caracterizaciones de la distribución vertical de biomasa fitoplanctónica y de parámetros de fotosíntesis, para subsanar las limitaciones de los satélites para registrar propiedades por debajo de la primera profundidad óptica. En el presente trabajo se cuestiona la propuesta de utilizar provincias biogeoquímicas de amplia cobertura espacial, utilizando el análisis de la distribución anual promedio de concentración pigmentaria en el Golfo de California como caso de estudio. Se proponen cuatro regiones dentro del golfo, las zonas norte, centro, sur y, adicionalmente, el área de las grandes islas, debido a que mantiene niveles altos de producción biológica todo el año. A partir de este ejercicio se sugiere que, como una primera aproximación para las estimaciones de producción primaria en el océano global, es conveniente considerar regionalizaciones de escala espacial amplia, como las provincias biogeoquímicas o los grandes ecosistemas marinos, y tratar de manera independiente los Centros de Actividad Biológica debido a la alta proporción de producción que aportan.

Palabras clave: Producción primaria, Regionalización, Golfo de California.

ABSTRACT

The appraisal of the photosynthetic activity in the ocean, and its variability in time is a priority issue in the Climatic Change research. However, it represents a difficult task due to the lack of field measurements. The capability of registering synoptically the sea color from remote sensors represents a promising alternative. But it is necessary to characterize the vertical distribution of phytoplankton biomass and of photosynthetic parameters to correct for the limitations of satellites to register properties beneath the first optical depth. Using the analysis of the mean annual distribution of pigment concentration as study case, in the present work the proposal to use biogeochemical regions of ample spatial coverage is questioned. Four regions are proposed within the gulf, northern, central, southern, and additionally the area of the great islands because it maintains high biological production levels all year round. From this exercise it is suggested that, as a first approximation for the primary production estimation in the global ocean, it is convenient to consider regions of ample spatial scale, as the biogeochemical provinces or the large marine ecosystems, and to treat independently the Biological Activity Centers due to the high proportion of production they give.

Key words: Primary production, Regions, Gulf of California.

Enfoque

El océano desempeña un papel importante como regulador del clima global. Además de su gran capacidad para almacenar y distribuir calor, representa un gran captador de dióxido de carbono gracias a la actividad fotosintética de los productores primarios. En este sentido, la medición cuantitativa de la producción primaria global del océano, la estimación real de su potencial para almacenar CO₂ y la posibilidad de monitorear los cambios de este potencial en el tiempo resulta de gran relevancia.

Históricamente, la limitante más fuerte para las estimaciones de productividad global ha sido la disponibilidad de información, generada *in situ*, respecto de las características biológicas (producción primaria, distribución vertical de la producción, composición y estado de las poblaciones fitoplanctónicas, etc.). El desarrollo de tecnología de percepción remota ha estimulado en la comunidad científica la posibilidad de realizar estimaciones de producción primaria a partir de la observación sinóptica de la superficie del océano. Un caso particularmente importante es el éxito de la misión del CZCS-Nimbus 7, que generó registros de radiación a diferentes longitudes de onda del espectro visible, de donde se derivaron estimaciones de biomasa fitoplanctónica para el periodo noviembre 1978 a junio de 1986 (Tran *et al.*, 1993).

Este tipo de herramientas permite abarcar grandes áreas a intervalos de tiempo relativamente cortos y con una alta resolución espacial. Sin embargo, las capacidades de los sensores remotos (basados en radiancia del espectro visible e infrarrojo) se ven limitadas por debajo de la superficie del océano. En el caso

particular del color, la información registrada por el sensor incluye únicamente la primera profundidad óptica, que puede consistir desde decenas de metros en aguas oligotróficas hasta unos cuantos centímetros en aguas con alto contenido de materia en suspensión. Más aún, la información de dicha capa que recoge el sensor no permite reconocer la distribución de las partículas respecto a la profundidad, lo que representa un problema para las determinaciones de producción primaria.

Al atacar este problema, se han desarrollado esfuerzos para relacionar la información que recoge el satélite con los perfiles tipo de distribución de biomasa fitoplanctónica, parámetros de fotosíntesis y otras propiedades relevantes (Platt & Herman, 1983; Kiefer & Atkinson, 1995; Álvarez-Borrego, 1995). De nuevo, la mayor limitante es la disponibilidad de datos para construir dichos perfiles tipo.

Platt & Sathyendranath (1988) sugirieron realizar las estimaciones globales de producción primaria a partir de cálculos en provincias biogeoquímicas, en lugar de utilizar un continuo ecológico. Esta idea fue retomada por Longhurst *et al.* (1995) quienes estimaron parámetros tipo de distribución vertical de clorofila para 57 provincias biogeoquímicas durante las cuatro estaciones del año, sobre la base de 21,872 perfiles medidos in situ, bajo el supuesto de que en las provincias existe una cierta homogeneidad de características de estructura vertical, sistemas de forzamiento y control de la producción biológica. De los 228 posibles casos (57 provincias por cuatro estaciones), únicamente 163 casos contaron con más de 25 perfiles y en 22 casos no se contó con ninguno.

Las 57 provincias biogeoquímicas se encuentran agrupadas en cuatro dominios: costero (22 provincias), polar (6), alisios (16) y grandes giros (12). De ellos, el costero es reconocido por los autores como el más problemático en cuanto a la definición de fronteras entre provincias, e incluso su número, debido a que existen más fuentes y escalas de control de la producción biológica (descargas de ríos, surgencias, sumergencias, batimetría, frentes de marea, mezcla vertical, etc.).

Claramente, para aumentar nuestra capacidad de estimación de producción primaria global de los océanos, debemos ampliar el número de observaciones en campo y aumentar la resolución de las provincias (Longhurst *et al.*, 1995). Las nuevas propuestas de regionalización, basadas en criterios ecológicos, deben permitir reconocer zonas prioritarias para investigación y muestreo. Un primer paso es reconocer que la definición de regiones es especialmente crítica en el caso de áreas con elevada producción biológica, debido a la proporción global que representan del total.

El Golfo de California

En la propuesta de Longhurst *et al.* (1995), el Golfo de California se encuentra incluido en la provincia Costa de América Central (CAMR) que abarca desde Cabo San Lucas hasta el Golfo de Guayaquil, en Ecuador. Sin embargo, es claro

que esta delimitación es resultado de conveniencia operativa más que de la aplicación de criterios ecológicos.

El Golfo de California es un mar epicontinental casi totalmente rodeado por elevaciones topográficas y conectado al océano abierto únicamente en su extremo sur. Este aislamiento, junto con el hecho de representar una zona de transición templado-tropical, resulta en un juego de características atmosféricas, oceanográficas y ecológicas únicas. El enfoque de Grandes Ecosistemas Marinos (GEM; Large Marine Ecosystems, LME), adoptado por diversas agencias de las Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales, reconoce al Golfo de California como entidad independiente, implicando que tiene características particulares de batimetría, hidrografía, productividad y estructura trófica (Sherman & Tang, 1999).

Una revisión de las características ecológicas del golfo nos debe llevar a reconocer que no es suficiente considerar al golfo como una provincia separada del Pacífico Costero Centroamericano, y que es imprescindible reconocer que dentro del golfo existen varios tipos de sistemas de producción biológica con comportamientos distintos y una fuerte variabilidad de niveles de producción en el espacio y tiempo.

Existen varias propuestas para subdividir el golfo en regiones, basadas en distintos criterios y que resultan en diferentes grados de resolución. Por ejemplo, Sverdrup (1941) consideró que el golfo está dividido hidrográficamente en dos partes, delimitadas por las islas Tiburón y Ángel de la Guarda. Esta división concuerda con otras propuestas a partir de la composición y distribución de organismos planctónicos (crustáceos eufáusidos; Brinton & Townsend, 1980 y anfípodos; Siegel-Causey, 1982). Otras propuestas consideran dividirlo en tres (Brinton *et al.*, 1986, a partir de un análisis de abundancia de diatomeas) y cuatro regiones (Gilbert & Allen 1943, a partir de información de especies dominantes del fitoplancton; y Round, 1967, sobre la base de depositación de diatomeas en los sedimentos superficiales).

A partir de información satelital de concentración pigmentaria, Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994) definieron 14 provincias fitogeográficas, sobre la base de un análisis de conglomerados en series de tiempo en una red de "foteles" dentro del golfo, y las relaciones entre éstas y la documentación de procesos oceanográficos relevantes. Esta propuesta presenta la ventaja de la alta resolución espacial. Sin embargo, como resultado de la escasa información en campo, su utilidad operativa para el cálculo de perfiles tipo por región en el corto plazo es muy limitada.

Arias-Aréchiga (1998) propuso una regionalización basada en un análisis de conglomerados de los ciclos estacionales de concentración pigmentaria de todos los foteles del golfo, y apoyó sus resultados en la caracterización ambiental de cada una de las regiones propuestas. En dicho trabajo, se reconocen tres regiones con distintos niveles de productividad primaria, que dependen de distintos factores de forzamiento; la región norte principalmente influida por las mareas, la región centro por forzamiento atmosférico (vientos) y una región sur influenciada principalmente por el Océano Pacífico.

Distribución anual de concentración pigmentaria en el Golfo de California

En el presente trabajo reportamos los resultados del procesamiento de composiciones mensuales de concentración pigmentaria derivada de satélite, para el periodo noviembre de 1978 a junio de 1986 (Trann *et al.*, 1993). A partir de estas composiciones, se calculó el comportamiento anual tipo para cada uno de los 649 foteles válidos dentro del Golfo de California (hasta los 22°N), mediante el promedio de cada uno de los meses del año y para todo el periodo (p.e. promedio de los enero desde 1979 hasta 1986). Los gráficos de isóneas de concentración pigmentaria, correspondientes a los doce meses del año, permiten observar el desarrollo anual de los principales eventos de mesoescala que intervienen en la producción biológica del Golfo de California (Fig. 1).

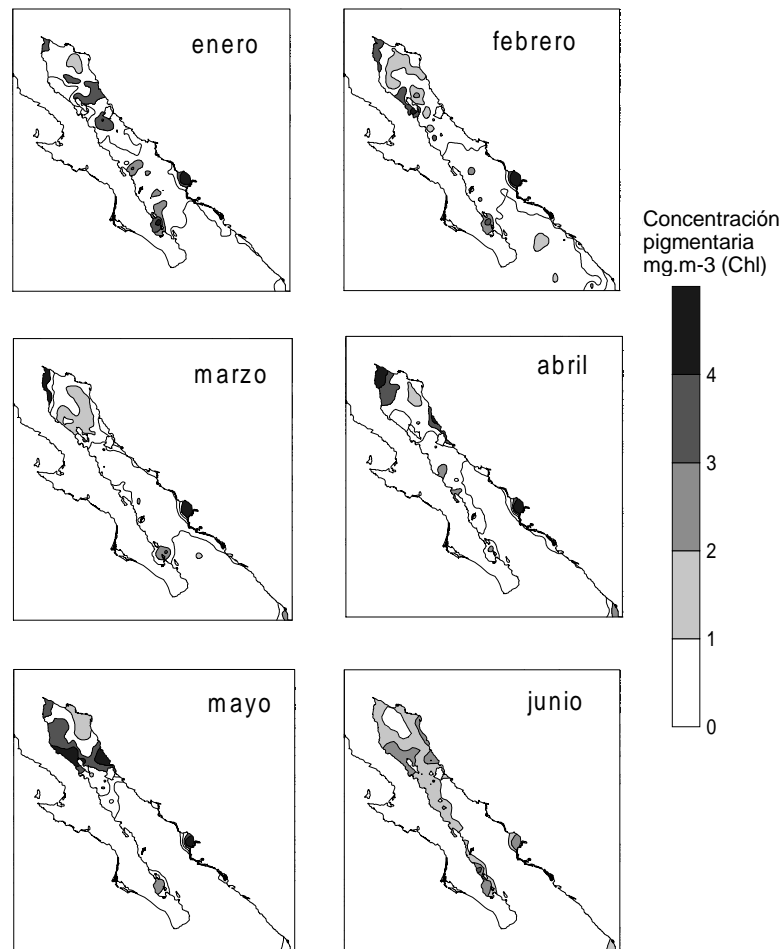


Figura 1. Comportamiento anual de la concentración de pigmentos fotosintéticos en el Golfo de California según datos del scanner de color de la zona costera (CZCS).

Continuación de la Figura 1.

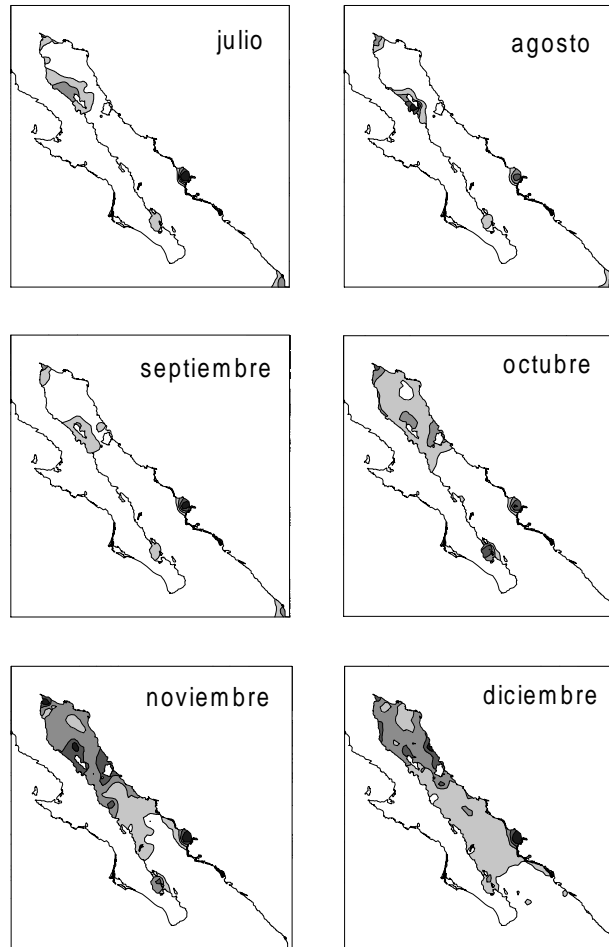


Figura 1. Continuación.

Las principales características que resaltan en la Figura 1 son: a) que en la región aledaña al Canal de Ballenas se presentan consistentemente los valores más altos de concentración pigmentaria de todo el golfo; b) que se presenta un proceso de enriquecimiento de la parte central del golfo que inicia en octubre y avanza cubriendo el golfo a todo lo ancho, alcanzando su máxima influencia hacia el sur durante enero y a partir de ahí disminuye gradualmente, de sur a norte, hasta valores mínimos durante verano; y c) que la parte de la boca del golfo mantiene niveles bajos de concentración pigmentaria todo el año, aunque es posible reconocer la presencia de aguas aún más pobres durante el verano.

Observaciones y propuesta

La provincia Costa de América Central (CAMR) considerada por Longhurst *et al.* (1995) contribuye, según los autores, con cerca del 0.84% de la productividad primaria global; lo que equivale a niveles de producción primaria de $0.92 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (menos que el $1.1 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ promedio para el dominio costero). A pesar de que la falta de datos no ha permitido estimar valores de producción primaria para el golfo completo, y ni siquiera valores tipo por región del golfo, algunas estimaciones puntuales de productividad primaria integrada señalan que en la región de la boca se presentan valores alrededor de $0.95 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991), comparables a lo estimado para la provincia CAMR. Sin embargo, en la zona de las grandes islas se han reportado valores mayores a $4 \text{ g C m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ (Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991), es decir, de hasta más de cuatro veces la producción tipo de la provincia.

Arias-Aréchiga (1998) concluye que es conveniente considerar tres regiones en la mesoescala dentro del Golfo de California, debido a las fuertes diferencias que existen respecto a los niveles de concentración pigmentaria y sistemas de forzamiento físico que operan. Considerando en conjunto dichos resultados y las observaciones hechas en el presente trabajo, proponemos como una alternativa considerar cuatro regiones para la estimación de perfiles tipo de biomasa fitoplanctónica y parámetros fotosintéticos (Fig. 2); las tres de mesoescala propuestas por Arias-Aréchiga (1998) y, adicionalmente, la parte del Canal de Ballenas que se diferencia del resto del golfo por sus mayores niveles de concentración pigmentaria, la permanencia de dichos niveles a lo largo del año y las características particulares de configuración batimétrica y oceanográfica (Badán-Dangon *et al.*, 1985).

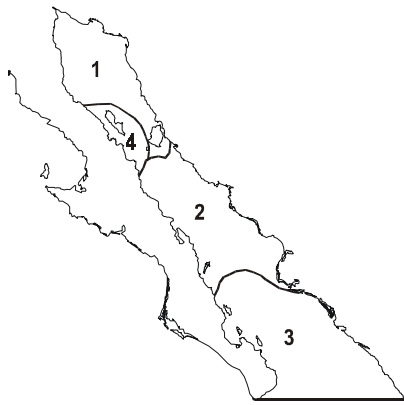


Figura 2. Regionalización propuesta en este trabajo para la estimación de parámetros de fotosíntesis y perfiles tipo de clorofila, basada en la propuesta de Arias-Aréchiga (1998) y el reconocimiento de una zona adicional con altos niveles de concentración durante todo el año.

Parece factible que este tipo de situaciones se presenten igualmente en otras áreas del océano, especialmente en aquellas donde existan focos de producción biológica (i.e. BAC). También es bastante claro que existen problemas en el reconocimiento de regiones dentro de las grandes áreas, en diferentes sistemas alrededor del océano mundial, especialmente en el dominio costero. Es inocente presumir que se realizarán estudios y muestreos *in situ* con la cobertura y resolución necesarias en los próximos años, por lo que es imperante adoptar estrategias de investigación, proponer enfoques alternativos y reconocer aquellas zonas prioritarias en las que el conocimiento y la generación de datos permitan avanzar en la capacidad de estimación de manera más significativa.

Una primera aproximación sería considerar las grandes regiones ya existentes (como aquellas de los LME o las provincias biogeoquímicas utilizadas por Longhurst *et al.*, 1995) para la estimación de parámetros y perfiles tipo en áreas homogéneas y de bajos niveles relativos de producción biológica; e independientemente, las pequeñas regiones del océano donde los niveles de producción biológica son mayores que en el resto del sistema donde se encuentran (Centros de Actividad Biológica) y donde se puede aumentar la resolución del estudio, sea por la recopilación de información histórica o por la medición directa en campañas oceanográficas de poca cobertura espacial y, comparativamente, bajo costo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por los Proyectos SIMAC-970106044, CONACyT R-29374B y CIBNOR AYCG-7.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Borrego, S. & R. Lara-Lara. 1991. Physical environment and primary productivity of the Gulf of California, 47:555-567. En: The gulf and peninsular provinces of the Californias. Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol.
- Álvarez-Borrego, S. 1995. Satellite derived photosynthetic pigment surveys: A review of marine phytoplankton biomass and productivity. Geofísica Internacional. 35(1):51-61.
- Arias-Aréchiga, J.P. 1998. Regionalización del Golfo de California: una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 57 p.
- Badan-Dangon, 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.
- Brinton, E. & A.W. Townsend. 1980. Euphausiid in the Gulf of California, the 1957 cruises. CalCOFI Rep., (21):211-236.

- Brinton, E., A. Fleminger & D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical plankton biotas of the Gulf of California. CalCOFI Rep., (28):228-266.
- Gilbert, J.Y. & W.E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E.W. Scripps" in 1939 and 1940. J. Mar. Res., 5(2):89-110.
- Kiefer, D.A. & C.A. Atkinson. 1995. Mapping of oceanic bioluminescence and optical properties from satellite imagery: A final report to the Applied Physics Laboratory. John Hopkins Univ. Press. and Office of naval Research. 68 p.
- Longhurst, A., S. Sathyendranath, T. Platt & C. Caverhill. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. J. Plankton Res., 17(6):1245-1271.
- Platt, T. & A.E. Herman. 1983. Remote sensing of phytoplankton in the sea: surface layer chlorophyll as an estimate of water column chlorophyll and primary production. Int. J. Remote Sensing, 4(2):343-351.
- Platt, T. & S. Sathyendranath. 1988. Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. Science, (241):1613-1620.
- Round, F.E. 1967. The phytoplankton of the Central Gulf of California, its composition, distribution and contribution to the sediments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., (1):76-97.
- Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego & F.E. Muller-Karger. 1994. Gulf of California Biogeographic regions based on Coastal Zone Color Scanner imagery. J. Geophys. Res., (99):7,411-7,421.
- Sherman, K. & Q. Tang. 1999. Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim: Assessment, Sustainability, and Management. Blackwell Science Co. Massachusetts, USA. 465 p.
- Siegel-Causey, D. 1982. Factors determining the distribution of hyperiid Amphipoda in the Gulf of California. Tesis de Doctorado. University of Arizona. 550 p.
- Sverdrup, H.U. 1941. The Gulf of California: Preliminary discussion of the cruise of the "E.W. Scripps" in February and March, 1939. Proc. 6th Pacific Science Congr., (3):161-166.
- 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 of the global oceans. Jet Propulsion Laboratory-Distributed Active Archive Center. 32 p.