

BAC

Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano

Editado por:

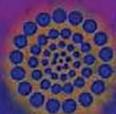
D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay,
S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz



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.

1

CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLÓGICA

Mario Martínez-García¹ & Daniel Lluch-Belda^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. ² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN.

INTRODUCCIÓN

Las sociedades humanas se han venido percatando de manera cada vez más evidente que el clima no es constante entre años. Desafortunadamente, esta conciencia se ha adquirido mayormente por las desastrosas consecuencias de la variabilidad. Tan sólo durante los primeros 11 meses de 1998 el inusitado clima global prevaeciente había ocasionado pérdidas calculadas en \$ 89,000'000,000 de dólares a nivel mundial, casi el 50% más que en el periodo récord anterior (1996). Además de las pérdidas materiales, un estimado de 32,000 personas perdieron la vida y unas 300'000,000 fueron desplazadas de sus casas (Trenberth 1999).

Una porción significativa de estas pérdidas se registraron en México, como se hizo evidente por la voracidad de los incendios forestales, las inundaciones y la sequía. Entre enero y julio de 1998, el número de incendios forestales en México se duplicó con respecto al promedio, y se triplicó la superficie afectada.

Variabilidad oceánica

El origen de muchos de estos desastres puede remontarse, en gran medida, a la alteración del clima que provoca el fenómeno “El Niño”. Conocido ampliamente desde hace varias décadas, la redistribución de la masa superficial de agua caliente en el Océano Pacífico que provoca ocasiona cambios de mayor magnitud en la circulación oceánica y atmosférica, causando lluvias torrenciales en unas áreas y sequías persistentes en otras. De manera particular, El Niño se relaciona con la presencia de una masa de agua anómalamente cálida en la costa americana del Pacífico, que eleva de manera también anormal el nivel medio del mar. Lo contrario, el enfriamiento de la costa americana y bajo nivel medio del mar se relaciona con los eventos denominados “La Niña”. La conexión entre El Niño y las condiciones atmosféricas reflejadas en el Índice de Oscilación del Sur (SOI) han sido ampliamente demostradas, al grado de integrarse en lo que

comúnmente se denomina ENSO (EL Niño/Southern Oscillation). La Figura 1 muestra tres índices relacionados con los eventos ENSO, el SOI, nivel medio del mar en Balboa, Panamá y las anomalías promedio anuales de temperatura superficial del mar (TSM) en Niño 3 (Fig. 2).

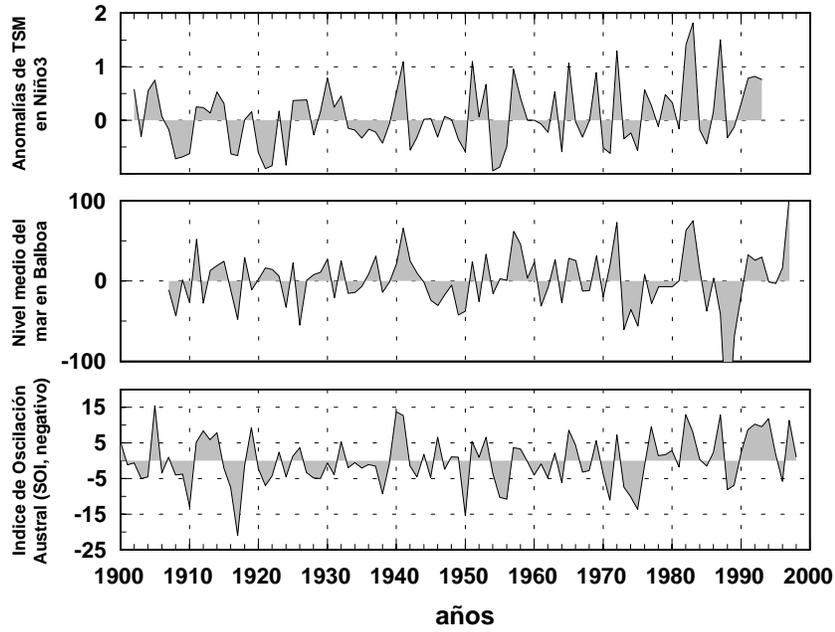


Figura 1. Indicadores de eventos El Niño tropicales.

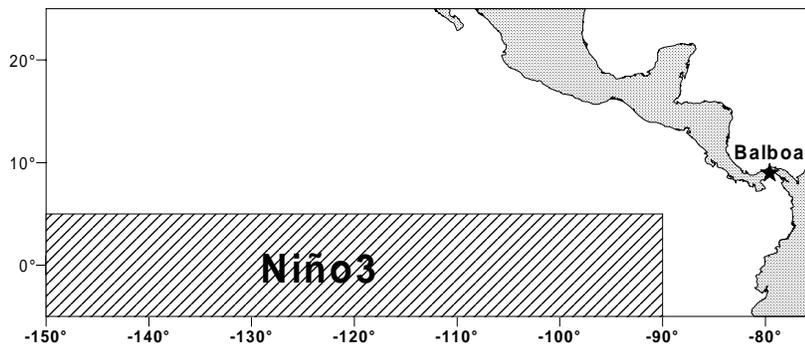


Figura 2. Localización del área Niño3.

Como puede apreciarse, estos fenómenos no son eventos raros. El Niño se origina en el trópico con frecuencias de entre 3 y 7 años (Quinn, 1992), lo que quiere decir que al menos tenemos uno y hasta tres de tales episodios en cada década. Mediante reconstrucciones paleoclimáticas se ha podido identificar su señal a lo largo de, al menos, cientos de años (Mann & Bradley, 1999; Fig. 3). Hay una fuente adicional de variación en los eventos El Niño: la intensidad con la que llegan hasta nuestro país. El fenómeno se origina en el ecuador pero, una vez que llega a la costa americana, se propaga hacia el norte y sur. Sólo algunos de los eventos EN que se originan en el ecuador llegan de manera significativa hasta la zona templada. Qué ocasiona este filtrado de los eventos tropicales es materia de debate.

Otra escala de variación que ocurre en el Pacífico norte es de alrededor de 20-30 años, como se refleja en la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), que se muestra en la Figura 4. Esta oscilación recurrente fue descrita por Mantua y colaboradores recientemente (Mantua *et al.* 1997) al estudiar las variaciones interanuales de abundancia de las poblaciones de salmón. Consiste en un ciclo de condiciones cálidas persistentes a lo largo de la costa americana que alternan con condiciones frías. Recientemente (en enero de este año) se ha sugerido que estamos entrando a la fase fría después de haber estado inmersos en la etapa cálida desde mediados de los 70.

Igual que sucedió más recientemente en el caso de la PDO, otra escala de variación -la del Régimen- se conoció originalmente a través del estudio de la variación sincrónica de poblaciones naturales, en este caso las sardinas y anchovetas (Lluch-Belda *et al.*, 1989). Esta escala multidecadal ha ocurrido al menos en los últimos 2,000 años, como lo demuestran los depósitos sedimentarios de escamas de sardinas, anchovetas, merluzas y otras especies en varias localidades, especialmente la Cuenca de Santa Bárbara en el sur de California (Baumgartner, 1992; Fig. 5). En especial la abundancia de sardina parece tener ciclos promedio dominantes de alrededor de 60 años.

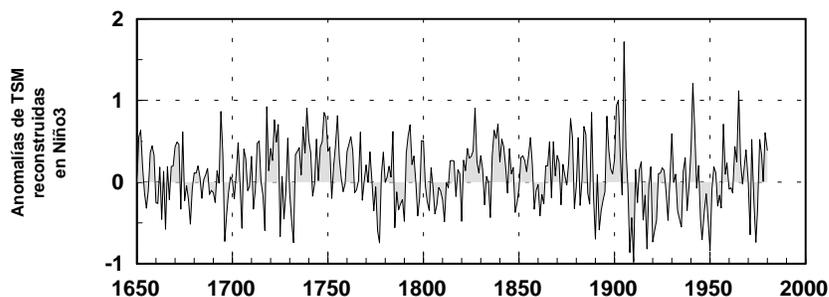


Figura 3. Reconstrucción de las anomalías de temperatura superficial en Niño3.

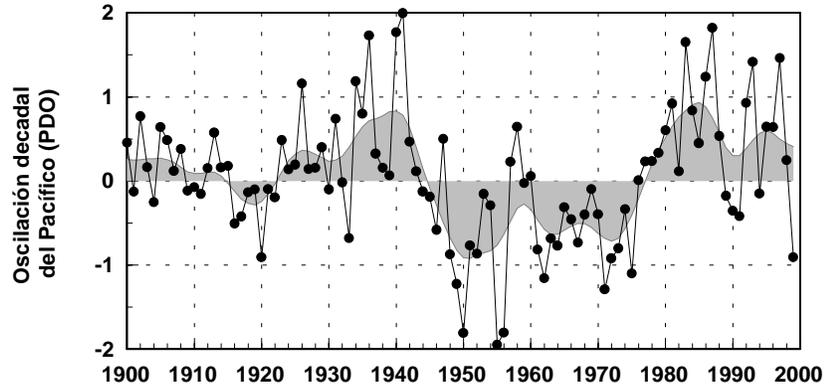


Figura 4. La Oscilación decadal del Pacífico.

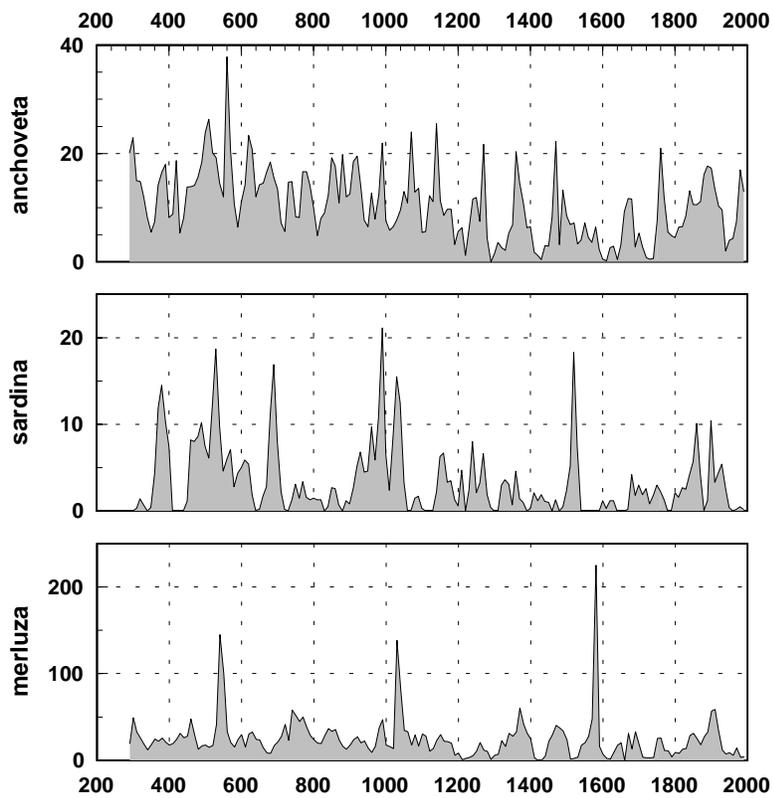


Figura 5. Número de escamas de sardina, anchoveta y merluza en los sedimentos laminados de la Cuenca de Santa Bárbara. Cada punto representa el promedio de 10 años.

Este ciclo se hace evidente a través de períodos de varias décadas, en los que la sardina alterna entre intervalos de alta y baja abundancia de manera sincrónica en apartadas regiones del océano; al menos, en California, Japón y la Corriente de Humboldt. A lo largo del presente siglo, las anchovetas han sido abundantes cuando las sardinas han sido escasas, pero no es ésta la regla general a lo largo de todo el registro sedimentario.

A lo largo del presente siglo, se han identificado dos (y posiblemente tres) cambios de régimen: alrededor de 1940 (de alta a baja abundancia de sardina) y mediados de los 70 (de baja a alta abundancia de sardina). El cambio anterior se ha situado entre 1910 y 1930 (de baja a alta abundancia de sardina). Estos cambios se reflejan en la suma de todas las capturas de estas poblaciones en las distintas regiones del mundo (Lluch-Cota *et al.*, 1997; Fig. 6).

Toda la variabilidad discutida hasta ahora, en todas sus escalas, es de origen natural y ha existido al menos a lo largo de los últimos 2,000 años. Por supuesto, estamos conscientes de variaciones aún mayores que han ocurrido a lo largo de la historia geológica; la alternancia de periodos fríos (glaciaciones) y cálidos (interglaciales) no son sino cambios relativamente recientes.

Ahora, sin embargo, se agrega a toda esta variación aquella que podría ser ocasionada por la actividad humana, con capacidad actual de modificar profundamente el ambiente. Uno de los aspectos de este impacto que más atención han recibido en las últimas décadas es, sin duda, el calentamiento global por la acumulación atmosférica de gases de invernadero. Esta posibilidad ha generado gran inquietud por las graves consecuencias que pudiese acarrear y

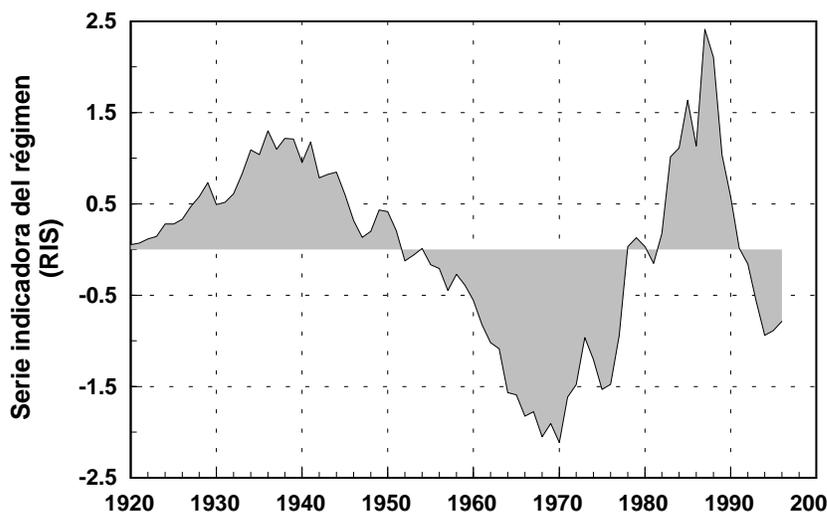


Figura 6. La Serie indicadora del Régimen: capturas de sardinas (y anchoveta en Sudáfrica) en los principales sistemas oceánicos menos las capturas globales de anchoveta (y sardina en Sudáfrica).

ha logrado movilizar considerable apoyo financiero de gobiernos de todo el mundo para analizar el problema. El IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) ha sido uno de los cuerpos científicos más significativos en este aspecto.

La alarma se generó por tres razones fundamentales: primero, la conocida relación entre la concentración de CO₂ atmosférico, y otros gases, con la temperatura global, basada en registros paleoclimáticos. El incremento sostenido de CO₂ que se ha registrado desde la época de la Revolución Industrial (Fig. 7) sugiere fuertemente un proceso de calentamiento forzado, especialmente si consideramos que otros gases (por ejemplo, el CH₄, el N₂O, etc.) también se han venido incrementando. En segundo lugar, los modelos globales de circulación atmosférica (GCMs) que se han hecho factibles en las últimas décadas gracias al enorme desarrollo de la informática, predicen calentamiento global como resultado del incremento de gases de invernadero. Finalmente, las temperaturas globales calculadas muestran un incremento sustancial, especialmente en los últimos años (Fig. 8).

Todas estas escalas de cambio interanual, natural y antropogénico, resultan en una variabilidad que hace difícil discriminar los efectos de cada una. No obstante que muchos autores coinciden en la realidad del calentamiento global (p. ej. Trenberth, 1999), aún no se sabe con certeza qué proporción del cambio es causada por cada uno de los factores y, por lo mismo, la predicción es aún un objetivo no alcanzado.

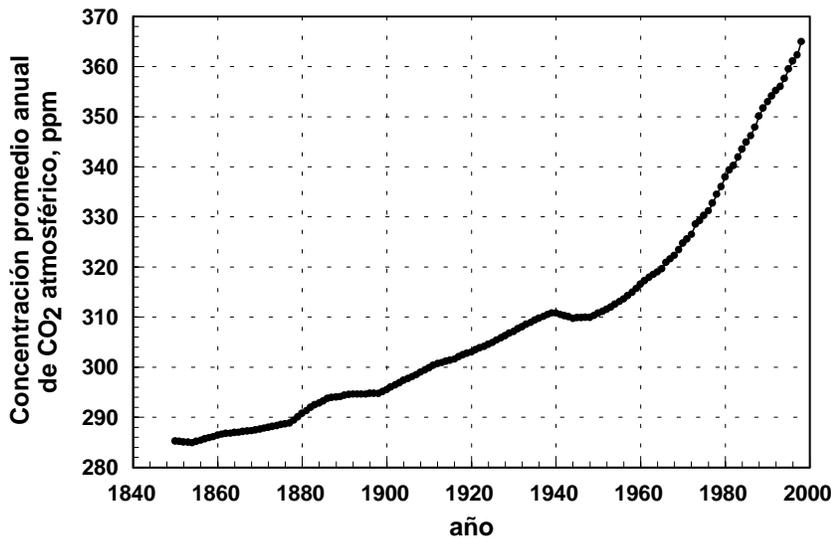


Figura 7. El incremento en la concentración de CO₂ atmosférico.

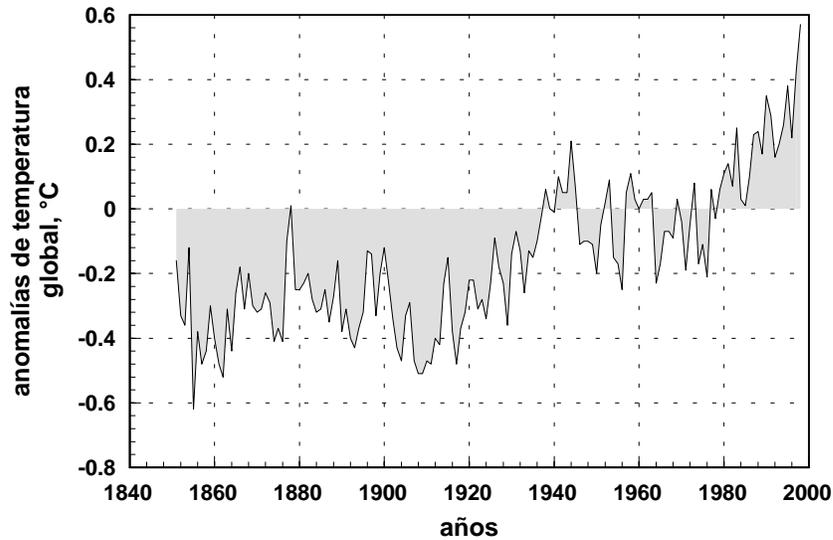


Figura 8. Anomalías anuales promedio de la temperatura global del aire en superficie.

Sabemos, no obstante, algunos aspectos:

1. Cualquiera que sea la contribución del calentamiento global antropogénico, se incrementará todavía por algunos años, independientemente de la velocidad con la que reaccionen las sociedades humanas; esta inercia ha sido bien documentada por el IPCC.
2. Las tendencias y ciclos pueden sumarse; calamidades como las inundaciones de zonas costeras producidas por un evento El Niño pueden ser desproporcionadamente más graves si ocurren durante las fases altas de los ciclos más largos, y aún más seguramente si suceden en un ambiente calentado antropogénicamente.
3. Las condiciones recientes demuestran que las normales climatológicas, que usualmente sirven de base para la planeación demográfica, productiva, urbanística, de infraestructura de comunicaciones, etc. ya no son adecuadas para prevenir eventos cada vez más frecuentes e intensos. Aún más, si el cálculo de nuevas normales no tiene en consideración las tendencias y ciclos de cambio, no serán tampoco suficientes.
4. Para un país eminentemente exportador como México, tener la capacidad de pronóstico anticipado significa una enorme diferencia en ingresos. Las variaciones que se han registrado en los precios del petróleo no son sino una parte de aquellas que demuestran este hecho.
5. El actor principal de estos cambios, junto con el hombre mismo, son los océanos. Cubriendo el 70% de la superficie terrestre, tienen el papel de regulación más importante en la fijación del CO₂ y otros gases. Por otra

parte, los ciclos discutidos se originan en el océano. Resultaría extremadamente irresponsable seguir ignorando lo que ahí sucede.

6. Para poder aspirar a pronosticar eventos y su intensidad con la antelación suficiente necesitamos comprender lo que sucede o, mínimamente, tener un conjunto de relaciones empíricas funcionales de las que no disponemos por ahora.

Hasta el momento, la discusión se ha centrado en lo que ocurre en la tierra, pero no podemos ignorar que los eventos y ciclos mencionados tienen efectos aún no cuantificados en el océano mismo y sus recursos vivos. El pasado reciente nos demuestra que estudiar el océano no es un asunto trivial, sino una necesidad impostergable. Cómo estudiarlo presenta una serie de aspectos que deben considerarse; conocerlo de manera adecuada, equivalente al estado de avance que tienen la mayor parte de los países desarrollados, requiere de un apoyo sostenido del que hasta ahora se ha carecido.

Los esquemas de seguimiento

Por su extensión (más de 1.5 veces el territorio emergido) y profundidad, los mares mexicanos son un sujeto de estudio difícil y costoso. Adicionalmente, después de un período de apoyo creciente a la investigación marina que culminó en la década de los 70, el estado mexicano ha ido perdiendo interés en la materia.

Hay dos enfoques principales en la investigación que se ha hecho acerca de los océanos en el mundo y que son relevantes para el análisis del cambio climático: por una parte, identificar parámetros fácilmente medibles y determinarlos rutinariamente para construir series largas de datos; por la otra, abordar estudios específicos en tiempos y áreas limitadas. La primera estrategia es la base de la oceanografía observacional y del seguimiento (monitoreo) de las condiciones prevalecientes. La segunda permite contestar preguntas específicas.

En general, el estudio de las variaciones climáticas y oceánicas descansa mayormente en las bases de datos observacionales de largo plazo. A partir de su análisis se pueden establecer relaciones empíricas y plantear preguntas específicas que pueden resolverse mediante la segunda estrategia. Para los fines de seguimiento y búsqueda de relaciones empíricas, requerimos de un marco general de variación en espacio y tiempo para poder ubicar los estudios particulares.

Ante el escenario de una disponibilidad limitada de apoyos, establecer un sistema de seguimiento que sirva de marco general requiere prioritariamente establecer con claridad qué parámetros medir y cómo hacerlo, y para ello hay que tener en cuenta qué hemos aprendido y en qué marco global nos desenvolvemos; qué puede obtenerse a costo razonable y cuáles son los componentes a los que requerimos dar seguimiento directo.

En el aspecto de recursos vivos en especial, la mayor parte de los enfoques de la investigación se han dirigido durante muchos años al estudio de las poblaciones naturales, mayormente de recursos pesqueros; no ha sido sino en las últimas décadas que se ha ido estableciendo con mayor importancia el estudio

del ecosistema como un todo. Este es el enfoque evidente para un esquema de seguimiento general, estudiar los diferentes componentes del ecosistema para disponer de información no sólo de algunas especies sino del conjunto, sus relaciones y su variación en el tiempo.

Ya que no podemos estudiar **todo** el océano, **todo** el tiempo ¿Cómo podemos estudiar el ecosistema y dar seguimiento a sus variaciones? Evidentemente, si no podemos reducir el tiempo a un corte (ya que la información que requerimos ocurre justamente a lo largo del tiempo), tenemos que reducir el volumen de estudio. La estrategia no es nueva, desde luego; cuando diseñamos una red de estaciones oceanográficas suponemos que cada una refleja razonablemente lo que ocurre a su alrededor hasta los límites del área representada por la siguiente estación.

Paralelamente, podríamos escoger áreas reducidas que podamos suponer representan razonablemente lo que sucede en áreas mayores; por ejemplo, una serie de áreas equidistantes a manera de una red de estaciones oceanográficas.

Sabemos, sin embargo, que la productividad biológica de la zona costera es mucho mayor que la del océano abierto, con excepción de algunas zonas específicas, como los frentes. El factor limitante universal del océano para los ecosistemas es la disponibilidad de nutrientes, y éstos son mucho más abundantes en la zona costera, tanto por aporte fluvial como por surgencias. Dentro de la propia zona costera, como se muestra en varios de los capítulos de la presente obra, hay zonas que destacan por su actividad biológica.

Estas áreas, los Centros de Actividad Biológica (BAC, por sus siglas en inglés), son singularidades del ecosistema costero general que por sus características concentran organismos de muchas de las especies. Es razonable suponer que aporten una fracción considerable de la productividad total en los distintos niveles tróficos. Más allá de su potencial utilidad como sujetos de seguimiento, los BAC son áreas únicas, vitales para el sostenimiento de pesquerías comerciales y deportivas, así como para la estructura y productividad de los ecosistemas marinos. Seguramente son áreas en las que se presentan procesos de enriquecimiento, concentración y retención (Bakun, 1996).

Son sitios de refugio permanente o de concentración trófica y reproductiva temporal. Por lo mismo, son los puntos en que sería más lógico analizar la presencia, composición y relaciones de las distintas especies.

El proyecto BAC

El proyecto internacional de Centros de Actividad Biológica se originó bajo esta óptica en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC en 1998. Se trata de un esfuerzo internacional, que incluye instituciones de Canadá, EEUU, México y Costa Rica (Fig. 9), hasta ahora. Debido a su estrategia, fue adoptado ya por el Panel de Recursos Vivos del Mar (LMR) del Sistema Global de Observación de los Océanos (GOOS), como Proyecto Piloto.

La estrategia del proyecto implica comprender la forma en que funcionan estos BAC, no sólo estudiándolos en mayor detalle, sino analizándolos a través de un

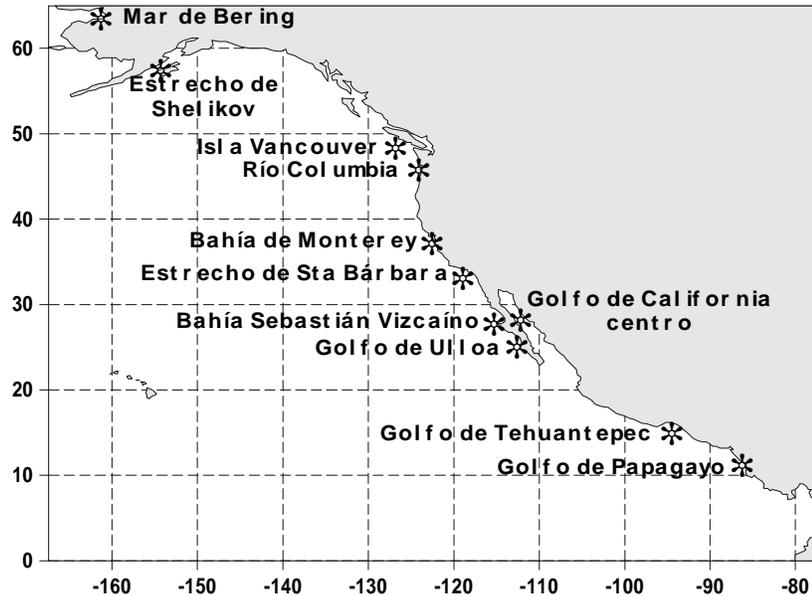


Figura 9. Localización de los Centros de Actividad Biológica considerados en el proyecto.

enfoque comparativo entre sitios similares a lo largo de la costa occidental de Norteamérica. Los BAC identificados hasta ahora y en los que se ha empezado a trabajar incluyen los siguientes:

- El borde oriental del Mar de Behring
- El Estrecho de Shelikof
- La costa occidental de la Isla Vancouver
- La desembocadura del Río Columbia
- La Bahía de Monterey
- El Canal de Santa Bárbara
- La Bahía Sebastián Vizcaíno
- La costa suroriental del Golfo de Ulloa
- El centro del Golfo de California
- El Golfo de Tehuantepec, y
- El Golfo de Papagayo

Cada uno de ellos está siendo estudiado por una o más instituciones participantes. El proyecto contempla tres etapas principales: la primera, recabar la información existente sobre cada uno de los BAC, culminando con un análisis comparativo que permita identificar similitudes y diferencias y, más que nada, los aspectos que deban investigarse en campo y laboratorio; la segunda etapa

consistirá en el desarrollo de los estudios en cada BAC, para llegar a disponer de una base que permita la comparación razonable entre ellos; finalmente, la tercera etapa contempla la integración de resultados, la comparación entre zonas y el diseño de esquemas de seguimiento permanente.

El presente volumen es una de las acciones de la primera etapa que corresponde a los BAC mexicanos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. San Diego, California, University of California Sea Grant - CIBNOR.
- Baumgartner, T.R., A. Soutar & V. Ferreira-Bartrina. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. CalCOFI Rep. 33: 24-40.
- Kilonski, B. 1998. University of Hawaii Sea Level Center data.
- Lluch-Belda, D., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose & P.E. Smith. 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. South African Journal of Marine Science (8): 195-205.
- Lluch-Cota, D.B., S. Hernández-Vázquez & S.E. Lluch-Cota. 1997. Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and El Niño-Southern Oscillation (ENSO). FAO Fisheries Circular (34).
- Mann, R.E. & R.S. Bradley. 1999. Long term variability in El Niño/Southern Oscillation and associated teleconnections. El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and its impacts on natural ecosystems and society. H.F.M. Diaz, V. Cambridge U.K., Cambridge University Press.
- Mantua, N.J., S.R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace & R.C. Francis 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bull. Amer. Meteor. Soc. 78(6): 1069-1079.
- Quinn, W.H. 1992. A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A.D. 622-1990 incorporating Nile River flood data. En: Diaz, H.F. & V. Markgraf (Eds.). El Niño: historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation. England, Cambridge Univ. Press: 476.
- Trenberth, K.E. 1999. The extreme weather events of 1997 and 1998. Consequences 5(1): 3-15.